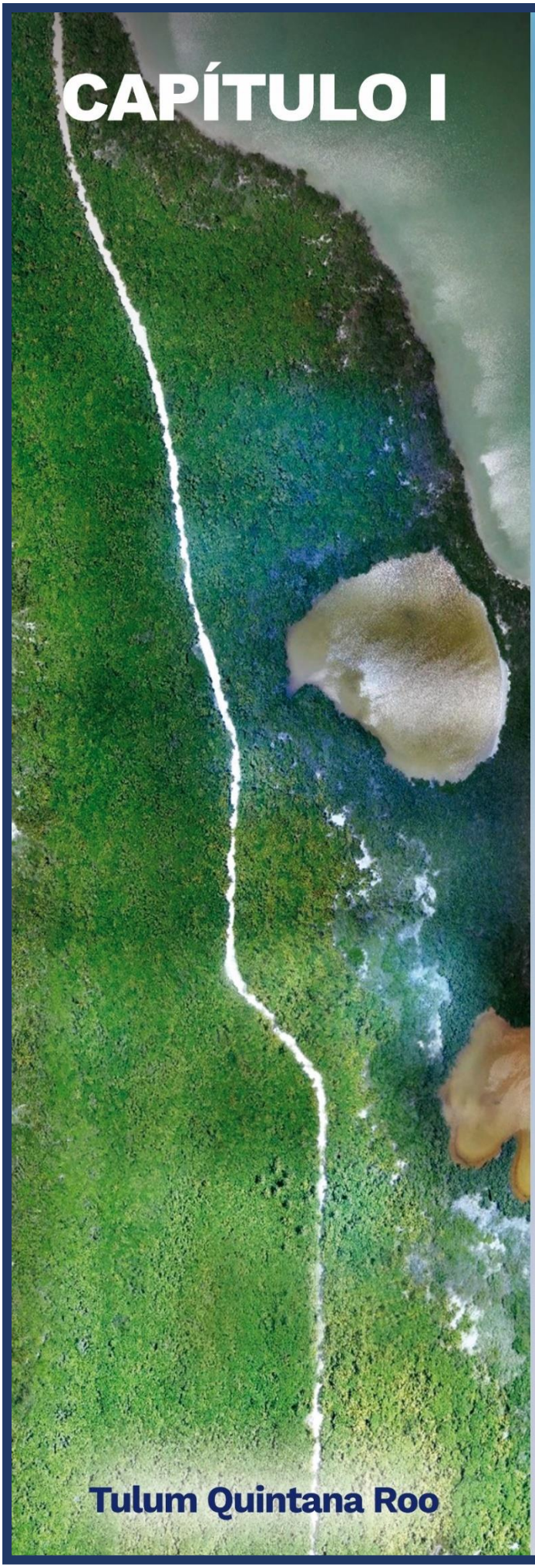
MEDIO AMBIENTE

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.

**DIRECION GENERAL DE**
IMPACTO Y RIESGO
**AMBIENTAL**



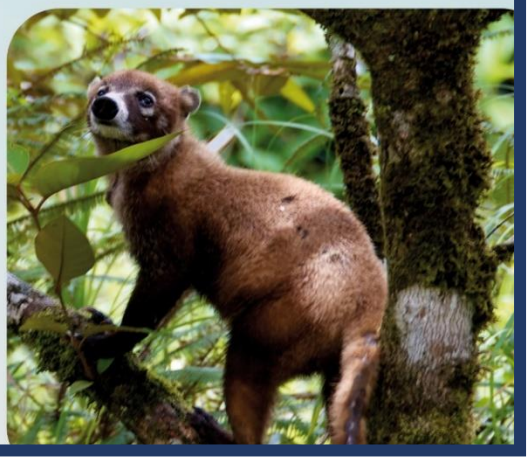
# CAPÍTULO I

Tulum Quintana Roo



# Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

# Rancho San Juan



# ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO .....I-1
I.1 Datos Generales del proyecto .....I-1
I.1.1 Nombre del proyecto .....I-1
I.1.2 Ubicación del proyecto.....I-1
I.1.3 Duración del proyecto.....I-5
I.2 Datos Generales del promovente .....I-6
I.2.1 Nombre o Razón Social.....I-6
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes.....I-6
I.2.3 Datos del Representante Legal.....I-6
I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones.....I-6
I.3 Responsable de la elaboración del documento técnico unificado .....I-7
I.3.1 Nombre del Responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental .....I-7
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP.....I-7
I.3.3 Dirección del Responsable técnico del documento.....I-7
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-7

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Superficies por Lote del proyecto.....I-1
Tabla I.2 Cuadro de construcción por Lote. .....I-2
Tabla I.3 Correspondencia entre los Números de identificación por Lote. .....I-5

# ÍNDICE DE MAPAS

Mapa I.1 Ubicación del Área del Proyecto (AP). .....I-2

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

En este Capítulo se incluye información específica concerniente al promovente, al proyecto y del responsable del Documento Técnico Unificado (DTU), con base en lo solicitado por la autoridad.

## I.1 Datos Generales del proyecto

### I.1.1 Nombre del proyecto

El proyecto se denomina **Rancho San Juan** y consiste en la construcción y operación de 8 Casas unifamiliares, cuyo desarrollo busca generar viviendas de bajo impacto con una gran relación con la naturaleza y el cuidado del medio ambiente.

### I.1.2 Ubicación del proyecto

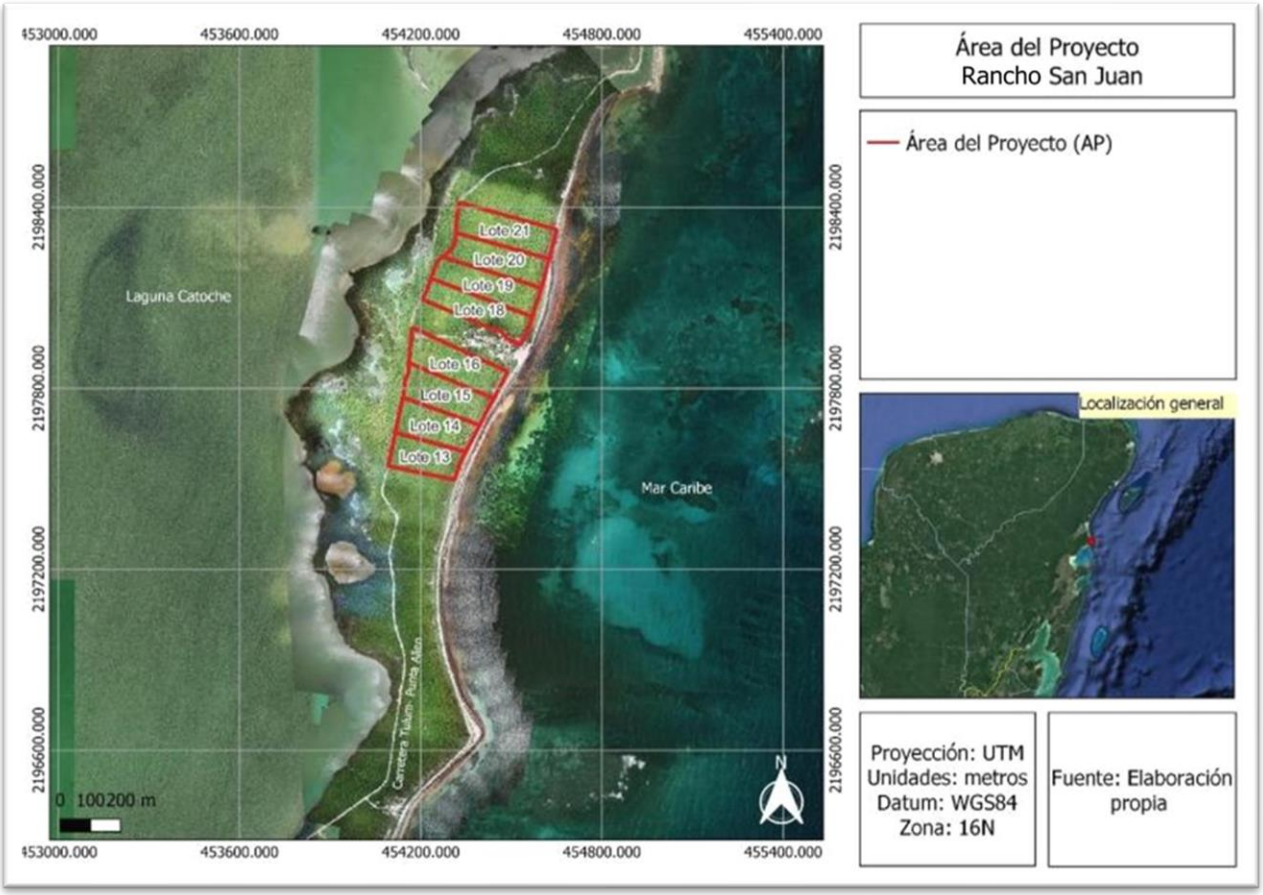
El proyecto se pretende llevar a cabo en 8 Lotes, identificados como 13-A a 21-A, sin incluir el 17, con una superficie de entre 2.5 y 3.5 Ha cada uno, para un total de **24.31 Ha,** que conforman el Área del Proyecto (AP), y de la cual se requiere el Cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF) en **2.25 Ha**, como se muestra en la Tabla I.1; los Lotes se ubican en la Carretera Tulum - Punta Allen Zona Costera, Punta San Juan, REG. 020, SMZA. 000, Mza. 060, Lote 053-13 al 053-21 en el municipio de Tulum, estado de Quintana Roo, dentro del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Asimismo, y como se puede observar en el Mapa I.1, los 8 Lotes se agrupan en dos bloques de 4 lotes cada uno, separados por un predio donde ya existe infraestructura, y el cual no forma parte del proyecto; además, cuentan con frente hacia el Mar Caribe y en la parte posterior limitan con la Carretera Federal.

**Tabla I.1.- Superficies por Lote del proyecto.**

| Lote* | Superficie | | Superficie de CUSTF | |
|---|---|---|---|---|
| | $m^2$ | Ha | $m^2$ | Ha |
| 13-A | 24,487.682 | 2.45 | 2,538.56 | 0.25 |
| 14-A | 27,853.324 | 2.79 | 2,627.85 | 0.26 |
| 15-A | 30,568.810 | 3.06 | 2,720.55 | 0.27 |
| 16-A | 34,571.317 | 3.46 | 2,869.55 | 0.29 |
| 18-A | 30,225.965 | 3.02 | 2,919.22 | 0.29 |
| 19-A | 31,918.321 | 3.19 | 3,005.37 | 0.30 |
| 20-A | 30,582.197 | 3.06 | 2,880.05 | 0.29 |

| Lote* | Superficie | | Superficie de CUSTF | |
|---|---|---|---|---|
| | m² | Ha | m² | Ha |
| 21-A | 32,903.867 | 3.29 | 2,906.95 | 0.29 |
| **Total** | **243,111.483** | **24.31** | **22,468.10** | **2.25** |

*Para fines prácticos, se eliminó 053 en el número de Lote, y así serán referidos en todo el DTU.




**Mapa I.1.- Ubicación del Área del Proyecto (AP).**

A continuación, se muestran las coordenadas de ubicación del Área del Proyecto:

**Tabla I.2.- Cuadro de construcción por Lote.**

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| **Lote 13-A** | | | | | | |
| | | | | 1 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| 1 | 2 | S 74°40'44.01" E | 241.979 | 2 | 2,197,589.7047 | 454,349.1851 |
| 2 | 3 | S 27°36'57.13" W | 31.314 | 3 | 2,197,561.9579 | 454,334.6696 |
| 3 | 4 | S 19°54'05.89" W | 18.686 | 4 | 2,197,544.3881 | 454,328.3089 |

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| 4 | 5 | S 19°54'05.89" W | 50.000 | 5 | 2,197,497.3742 | 454,311.2885 |
| 5 | 6 | N 78°18'39.02" W | 222.999 | 6 | 2,197,542.5543 | 454,092.9139 |
| 6 | 1 | N 11°38'39.08" E | 113.422 | 1 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| **Lote 14-A** | | | | | | |
| | | | | 17 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| 17 | 18 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 18 | 2,197,634.0084 | 454,372.3621 |
| 18 | 19 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 19 | 2,197,589.7047 | 454,349.1851 |
| 19 | 24 | N 74°40'44.01" W | 241.979 | 24 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| 24 | 29 | N 12°16'56.16" E | 119.604 | 29 | 2,197,770.5089 | 454,141.2495 |
| 29 | 17 | S 70.04'15.94" E | 270.488 | 17 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| **Lote 15-A** | | | | | | |
| | | | | 29 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| 29 | 25 | S 67°13'03.60" E | 304.209 | 25 | 2,197,766.9197 | 454,441.8934 |
| 25 | 26 | S 27°36'57.13" W | 31.020 | 26 | 2,197,739.4341 | 454,427.5145 |
| 26 | 27 | S 27°36'57.13" W | 68.980 | 27 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| 27 | 28 | N 70°04'15.94" W | 270.488 | 28 | 2,197,770.5089 | 454,141.2495 |
| 28 | 41 | N 12°01'55.11" E | 13.295 | 41 | 2,197,783.5123 | 454,144.0210 |
| 41 | 42 | N 06°26'53.37" E | 47.198 | 42 | 2,197,830.4121 | 454,149.3216 |
| 42 | 43 | N 26°18'00.57" E | 22.862 | 43 | 2,197,850.9076 | 454,159.4512 |
| 43 | 27 | N 03°19'46.44" E | 33.868 | 27 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| **Lote 16-A** | | | | | | |
| | | | | 47 | 2,198,002.6335 | 454,171.4213 |
| 47 | 33 | S 65°05'38.37" E | 349.312 | 33 | 2,197,855.5273 | 454,488.2475 |
| 33 | 34 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 34 | 2,197,811.2235 | 454,465.0704 |
| 34 | 35 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 35 | 2,197,766.9197 | 454,441.8934 |
| 35 | 46 | N 67°13'03.60" W | 304.209 | 46 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| 46 | 47 | N 04°50'56.39" E | 118.338 | 47 | 2,198,002.6335 | 454,171.4213 |
| **Lote 18-A** | | | | | | |
| | | | | 54 | 2,198,095.8718 | 454,204.0029 |
| 54 | 64 | N 31°24'13.82" E | 29.081 | 64 | 2,198,120.6933 | 454,219.1563 |
| 64 | 58 | N 18°58'75.16" E | 46.791 | 58 | 2,198,164.9397 | 454,234.3765 |
| 58 | 46 | S 69°14'07.74" E | 358.819 | 46 | 2,198,037.7284 | 454,569.8883 |
| 46 | 47 | S 17°24'33.18" W | 31.445 | 47 | 2,198,007.7239 | 454,560.4801 |
| 47 | 48 | S 23°51'41.12" W | 68.555 | 48 | 2,197,945.0285 | 454,532.7478 |
| 48 | 67 | N 66°56'11.20" W | 48.700 | 67 | 2,197,964.1068 | 454,487.9404 |
| 67 | 66 | N 43°30'27.90" W | 32.696 | 66 | 2,197,987.8203 | 454,465.4310 |
| 66 | 65 | N 66°56'11.20" W | 25.0000 | 65 | 2,197,997.6141 | 454,442.4293 |

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| 65 | 64 | N 83°38'08.48" W | 10.440 | 64 | 2,197,998.7714 | 454,432.0533 |
| 64 | 54 | N 66°56'11.20" W | 247.862 | 54 | 2,198,095.8718 | 454,204.0029 |
| **Lote 19-A** | | | | | | |
| | | | | 63 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| 52 | 53 | S 72°29'36.76" E | 343.450 | 52 | 2,198,133.1477 | 454,599.8077 |
| 53 | 61 | S 17°24'33.18" W | 100.000 | 53 | 2,198,037.7284 | 454,569.8883 |
| 61 | 62 | N 69°14'07.74" W | 358.819 | 62 | 2,198,164.9397 | 454,234.3765 |
| 62 | 68 | N 19°19'01.52" E | 51.071 | 68 | 2,198,213.1357 | 454,251.2706 |
| 68 | 69 | N 35°57'58.11" E | 17.455 | 69 | 2,198,227.2630 | 454,261.5220 |
| 69 | 63 | N 49°25'45.65" E | 14.144 | 63 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| **Lote 20-A** | | | | | | |
| | | | | 70 | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| 70 | 57 | S 74°24'48.19" E | 320.887 | 57 | 2,198,229.8296 | 454,625.2588 |
| 57 | 58 | S 14°09'02.07" W | 81.653 | 58 | 2,198,150.6543 | 454,605.2970 |
| 58 | 59 | S 17°24'33.18" W | 18.347 | 59 | 2,198,133.1477 | 454,599.8077 |
| 59 | 69 | N 72°29'36.76" W | 343.450 | 69 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| 69 | 76 | N 49°25'45.65" E | 40.595 | 76 | 2,198,262.8643 | 454,303.1018 |
| 76 | 77 | N 31°52'30.50" E | 15.202 | 77 | 2,198,275.7739 | 454,311.1296 |
| 77 | 78 | N 12°22'29.47" E | 13.439 | 78 | 2,198,288.9009 | 454,314.0097 |
| 78 | 70 | N 04°33'15.55" E | 27.235 | 70 | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| **Lote 21-A** | | | | | | |
| | | | | **69** | 2,198,416.7083 | 454,328.7066 |
| 69 | 64 | S 74°21'08.11" E | 333.354 | **64** | 2,198,326.7953 | 454,649.7059 |
| 64 | 65 | S 14°09'02.07" W | 100.000 | **65** | 2,198,229.8296 | 454,625.2588 |
| 65 | 68 | N 74°24'48.19" W | 320.887 | **68** | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| 68 | 74 | N 04°33'15.55" E | 38.960 | **74** | 2,198,354.8869 | 454,319.2658 |
| 74 | 75 | N 08°46'17.25" E | 11.672 | **75** | 2,198,366.4223 | 454,321.0457 |
| 75 | 76 | N 03°27'02.83" W | 10.944 | **76** | 2,198,377.3463 | 454,320.3870 |
| 76 | 77 | N 21°29'55.98" E | 6.711 | **77** | 2,198,383.5903 | 454,322.8465 |
| 77 | 78 | N 07°34'08.40" E | 30.920 | **78** | 2,198,414.2405 | 454,326.9192 |
| 78 | 69 | N 35°54'52.93" E | 3.047 | 69 | 2,198,416.7083 | 454,328.7066 |

Es importante señalar, que los 8 Lotes son resultado de la subdivisión de un número igual de Lotes, de los cuales resultaron dos lotes por cada uno, excepto del denominado Lote 053-18, del que resultaron tres lotes, lo cual cuenta con la anuencia del Municipio de Tulum, según consta en oficio TM/DC/0878/2023 de fecha 15 de agosto 2023, emitidos por la dirección de catastro de dicho municipio, cuyos antecedentes y oficios se anexan al presente, junto con los Planos

correspondientes (véase Anexo I.1 Documentación lotes). Al respecto, cabe aclarar, que en los citados Informes, se puede observar que los lotes resultantes de la subdivisión se identifican, por ejemplo, como Lote 053-13 y Lote 053-130, y así para cada uno de los Lotes, lo cual difiere de la forma en que se identificaron por el promovente, como Lote 13-A y Lote 13-B; no obstante, como también se puede observar en los mismos Informes y en los Planos anexos, las dimensiones y ubicación son las mismas que se indicaron previamente en las Tablas I.1 y I.2 de este Capítulo para los Lotes del proyecto, y para pronta referencia, a continuación, se presenta la correspondencia entre los números de identificación por Lote.

**Tabla I.3.- Correspondencia entre los Números de identificación por Lote.**

| No. de Lote proyecto | No. de Lote Informe Catastral de Subdivisión |
|---|---|
| 13-A | 053-13 |
| 14-A | 053-14 |
| 15-A | 053-15 |
| 16-A | 053-16 |
| 18-A | 053-18 |
| 19-A | 053-19 |
| 20-A | 053-20 |
| 21-A | 053-21 |

En este sentido, para demostrar la legal posesión de los Lotes donde se pretende llevar a cabo el proyecto y específicamente el Cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF), se anexa al presente DTU, copia certificada de los siguientes documentos:

1. Escritura pública número 9,924 de fecha 3 de abril de 2008, otorgada ante la fe del Licenciado Fernando Ayora Sarlat, notario público número 21 del estado de Quintana Roo (Constitución del contrato del fideicomiso).
2. Escritura pública número 84,400 de fecha 10 de diciembre de 2015, otorgada ante la fe del Lic. Luis Miguel Cámara Patrón, notario público número 30 del estado de Quintana Roo (Título de propiedad).

En las dos Escrituras se establece como patrimonio del Fideicomiso Irrevocable con número de registro 1708760812 (véase apartado I.2 Datos Generales del Promovente), la propiedad de la totalidad de los terrenos donde se ubica el proyecto (véase Anexo I.2 Documentación promovente).

### I.1.3 Duración del proyecto

Se plantea un plazo de 20 años para las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, y otro de 50 años para su operación y mantenimiento, aunque su vida útil podría ser indefinida.

## I.2 Datos Generales del promovente

### I.2.1 Nombre o Razón Social

**Scotiabank Inverlat, Sociedad Anónima, Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Scotiabank Inverlat, Fiduciario del Fideicomiso Irrevocable con número de registro 1708760812**, según consta en la Escritura pública número 9,924 de fecha 3 de abril de 2008, otorgada ante la fe del Lic. Fernando Ayora Sarlat, actuando como notario público suplente en el protocolo de la notaría pública número 24 del estado de Quintana Roo, mediante la cual se formalizó la constitución de un fideicomiso de administración, así como la Escritura Pública Número P.A. 84,400 de fecha 10 de diciembre de 2015, otorgada ante la fe del Lic. Luis Miguel Cámara Patrón, titular de la notaría pública número 30 del estado de Quintana Roo, mediante la cual se formalizó el convenio modificatorio del Fideicomiso, y cuyas copias se anexan al presente (véase Anexo I.2 Documentación promovente).

### I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

[redacted].

### I.2.3 Datos del Representante Legal

[redacted]

### I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones

[redacted].

## I.3 Responsable de la elaboración del documento técnico unificado

Responsable de la coordinación de la elaboración del DTU B - Regional
Von Borstel Asesores Ambientales S.A. de C.V.
[redacted]

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]

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

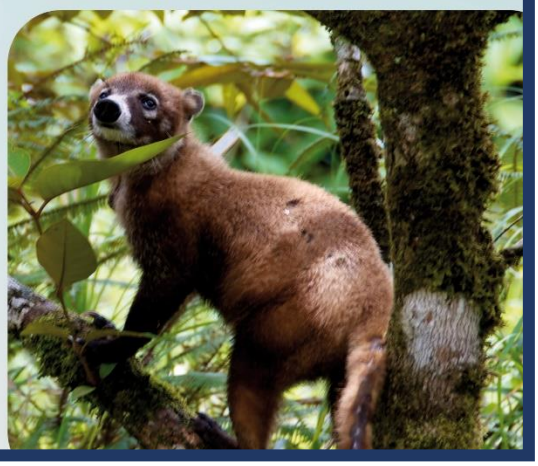
[redacted]).

# CAPÍTULO II



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... II-1
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 Justificación del proyecto ..... II-6
II.1.5 Inversión requerida ..... II-16
II.2 Características particulares del proyecto ..... II-17
II.2.1 Dimensiones del proyecto ..... II-17
II.2.2 Descripción de los componentes del proyecto ..... II-23
II.2.3 Programa de trabajo ..... II-40
II.2.4 Representación gráfica regional ..... II-43
II.2.5 Representación gráfica local ..... II-47
II.2.6 Estudios preliminares ..... II-66
II.2.7 Preparación del sitio y construcción ..... II-66
II.2.8 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo ..... II-78
II.2.9 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo ..... II-81
II.2.10 Operación y mantenimiento ..... II-92
II.2.11 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones ..... II-93
II.2.12 Residuos ..... II-93
II.2.13 Emisiones y descargas ..... II-99

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Cuadros de construcción por Lote. ..... II-3
Tabla II.2. Zonificación del SAR y del AP. ..... II-11
Tabla II.3. Obras potenciales de desarrollo en el AP. ..... II-12
Tabla II.4 Costos para aplicar las medidas de mitigación. ..... II-16
Tabla II.5 Superficies por Lote del proyecto. ..... II-17
Tabla II.6 Superficies de potencial aprovechamiento por Lote del proyecto. ..... II-17
Tabla II.7 Superficies de la Casa Tipo. ..... II-19
Tabla II.8 Dimensiones de la red de caminos. ..... II-19
Tabla II.9 Superficies totales del proyecto. ..... II-20

Tabla II.10 Superficies totales del proyecto. .....II-21
Tabla II.11 Desglose de superficies del proyecto.....II-21
Tabla II.12 Resumen de áreas Módulo Sala-Comedor. .....II-27
Tabla II.13 Resumen de áreas Recámara tipo A. .....II-29
Tabla II.14 Resumen de áreas Recámara tipo B. .....II-31
Tabla II.15 Resumen de áreas Módulo de Equipamiento. .....II-33
Tabla II.16 Equipos eléctricos módulo equipamiento:.....II-33
Tabla II.17 Consumo de agua potable por Casa Tipo.....II-36
Tabla II.18 Volumen de agua para las Albercas. .....II-36
Tabla II.19 Dimensiones de la red de caminos. .....II-39
Tabla II.20 Cronograma de trabajo por Casa Tipo.....II-41
Tabla II.21 Cronograma de trabajo para las 8 Viviendas unifamiliares. .....II-42
Tabla II.22 Superficies totales del proyecto. .....II-51
Tabla II.23 Polígonos de CUSTF para las Viviendas unifamiliares. .....II-52
Tabla II.24 Polígonos de CUSTF para los caminos de acceso. .....II-57
Tabla II.25 Obras provisionales del proyecto.....II-72
Tabla II.26 Requerimientos de personal durante la preparación del sitio y construcción. .....II-77
Tabla II.27 Ecuaciones alométricas usadas para el cálculo de volumen maderable unitario...II-78
Tabla II.28 Volumen maderable estimado a remover en la Vegetación de selva con palma Chit. .....II-79
Tabla II.29 Individuos y volumen a remover por especie por el cambio de uso de suelo propuesto. .....II-80
Tabla II.30 Individuos y volumen maderable estimado a remover por Propietario en la superficie de CUSTF. .....II-81
Tabla II.31 Usos potenciales de las especies registradas en el Proyecto. .....II-82
Tabla II.32 Precios de madera tropical ($/m$^3$).....II-84
Tabla II.33 Especies identificadas en el área del proyecto, con uso potencial como ornamental. .....II-85
Tabla II.34 Beneficios económicos a obtener por la venta de productos como uso medicinal.II-85
Tabla II.35 Especies de fauna con potencial cinegético en el área de CUSTF. .....II-86
Tabla II.36 Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México (tCO2e/ha)..II-88
Tabla II.37 Valoración económica de los bienes y servicios ambientales cuantificados en el área solicitada para CUSTF. .....II-91
Tabla II.38 Requerimientos de personal durante la etapa de operación y mantenimiento por Casa. .....II-92
Tabla II.39 Centros de reciclaje disponibles para el destino final de los residuos reciclables producidos en el proyecto. .....II-94

Tabla II.40 Clasificación de contenedores de plástico con tapa a ser usados por etapa durante el desarrollo del proyecto. ..... II-96
Tabla II.41 Programa de Manejo Integral de Residuos. ..... II-98
Tabla II.42 Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera. ..... II-102
Tabla II.43 Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera. ..... II-105
Tabla II.44 Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera. ..... II-107
Tabla II.45 Toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. ..... II-108
Tabla II.46 Niveles de ruido producidos por la maquinaria durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. ..... II-108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Propuesta inicial de la Casa Tipo – Planta Conjunto. ..... II-15
Figura II.2 Propuesta inicial de despalme por Casa Tipo. ..... II-15
Figura II.3 Propuesta inicial de Caminos de acceso. ..... II-16
Figura II.4 Casa Tipo–Despalme. ..... II-18
Figura II.5 Casa Tipo–Planta de Conjunto. ..... II-23
Figura II.6 Módulo Sala Comedor–Corte. ..... II-24
Figura II.7 Módulo Sala Comedor–Planta Baja. ..... II-25
Figura II.8 Módulo Sala Comedor–Planta Techos. ..... II-26
Figura II.9 Módulo Sala Comedor–Planta Sótano. ..... II-26
Figura II.10 Recámara tipo A–Planta Baja. ..... II-28
Figura II.11 Recámara tipo A–Planta techos. ..... II-29
Figura II.12 Recámara tipo B–Planta Baja. ..... II-30
Figura II.13 Recámara tipo B–Planta techos ..... II-31
Figura II.14 Módulo de Equipamiento e infraestructura–Planta Esquemática. ..... II-32
Figura II.15 Instalación hidráulica. ..... II-35
Figura II.16 Cisterna tipo Rotoplas de 5 $m^3$. ..... II-35
Figura II.17 Esquema de tratamiento de aguas negras. ..... II-37
Figura II.18 Red de caminos Casa Tipo–Planta de Conjunto. ..... II-39
Figura II.19 Ejemplo de señalética para la prohibición de tirar basura fuera de los sitios asignados para tal fin. ..... II-93
Figura II.20 Ejemplo de señalética a utilizarse para el uso moderado y ahorro de agua. ..... II-97

Figura II.21 Ejemplo de medición mediante sonómetro a una retroexcavadora (izquierda); ejemplo de tres registros sonoros tomados (derecha). .....II-109

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa II.1 Ubicación del Área del Proyecto (AP). .....II-3
Mapa II.2 Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an y del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an.....II-8
Mapa II.3 Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an, del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an y de la NOM-022-SEMARNAT-2003. .....II-9
Mapa II.4 Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an, del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an y de la NOM-022-SEMARNAT-2003. .....II-10
Mapa II.5 Zonificación del SAR y del AP. .....II-11
Mapa II.6 Área de potencial aprovechamiento en el AP. .....II-14
Mapa II.7 Ubicación de las obras propuestas (Casa Tipo).....II-23
Mapa II.8 Ubicación del Área del Proyecto en el ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. ....II-43
Mapa II.9 Ubicación del Área del Proyecto en la RTP Sian Ka'an. .....II-44
Mapa II.10 Ubicación del área del proyecto en la RMP Sian Ka'an. .....II-45
Mapa II.11 Ubicación del Área del Proyecto en la RHP Sian Ka'an. .....II-46
Mapa II.12 Ubicación del Área del Proyecto en el AICA Sian Ka'an. .....II-47
Mapa II.13 Localidades cercanas al Área del Proyecto. .....II-48
Mapa II.14 Ubicación y distribución de las obras del proyecto. .....II-49
Mapa II.15 Detalle del desplante de las obras del proyecto. .....II-50
Mapa II.16 Área sujeta a Cambio de uso del suelo en terrenos forestales. .....II-52
Mapa II.17 Propuesta de ubicación inicial del vivero temporal. .....II-68

# II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este Capítulo se describe el proyecto de manera clara y precisa, así como los objetivos que se persiguen. En la descripción, se identifican y detallan los elementos contemplados en el proyecto (obras y actividades), así como los polígonos donde se requiere el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), además de las obras asociadas y servicios requeridos que pudieran causar impactos ambientales, a alguno o varios factores del medio ambiente durante todas sus etapas de desarrollo (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y de ser el caso, abandono), y se delimitan las posibles áreas de afectación ambiental del proyecto de manera precisa. En este sentido, no se incluyen elementos irrelevantes que no aporten información necesaria para los análisis ambientales del proyecto, pues se realiza la vinculación de este capítulo con el resto.

La naturaleza y dimensión del proyecto se definen y se valora el impacto en el contexto del área de afectación. Para ello, se hace uso de la información necesaria respecto a las características propias del proyecto contextualizadas en el Sistema Ambiental Regional para valorar los impactos ambientales, identificando, asimismo, los aspectos ambientales y jurídicos del desarrollo del proyecto. Además, se incluyen planos y mapas presentados en la escala adecuada, que permiten visualizar objetivamente los detalles (textos e imágenes) para una mejor valoración del documento.

## II.1 Información general del proyecto

### II.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto **Rancho San Juan** consiste en la construcción y operación de 8 Viviendas unifamiliares unifamiliares y sus respectivos caminos de acceso, que se pretenden llevar a cabo en 8 Lotes (Área del Proyecto) con una superficie total de **24.31 Ha**, en las cuales se requiere el Cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF) de **2.25 Ha**, ubicados en la zona costera, en el Municipio de Tulum, Quintana Roo, dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. El desarrollo del proyecto busca generar Viviendas unifamiliares unifamiliares de bajo impacto con una gran relación con la naturaleza y el cuidado del medio ambiente, con vistas hacia la selva y playa en cada una de las Viviendas unifamiliares.

Derivado de su ubicación y características, las cuales se describen más adelante, el proyecto se ajusta a lo dispuesto en el artículo 28, fracciones VII, IX, X y XI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como en el 11, fracción IV de su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), además del artículo 93 de la Ley General

de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Lo anterior, toda vez que se trata de un desarrollo inmobiliario en ecosistema costero, que requiere el cambio de uso del suelo de áreas forestales, se ubica dentro de un Área Natural Protegida (ANP) de competencia federal y en un sitio donde existe vegetación de manglar, por lo que su desarrollo podría generar impactos ambientales acumulativos y sinérgicos.

Por otro lado, y de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2018, publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el proyecto puede inscribirse dentro del Sector económico de la Construcción, y debido a las diferentes obras que lo conforman, se puede clasificar dentro de diferentes subsectores y ramas de la construcción; tales como Edificación residencial, Construcción de obras de ingeniería civil y Construcción de obras de urbanización.

### II.1.2 Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo Viviendas unifamiliares unifamiliares sustentables, de bajo impacto ambiental, que permita a sus ocupantes la convivencia con la naturaleza y el medio ambiente, fomentando a la vez la conservación de los recursos naturales dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.

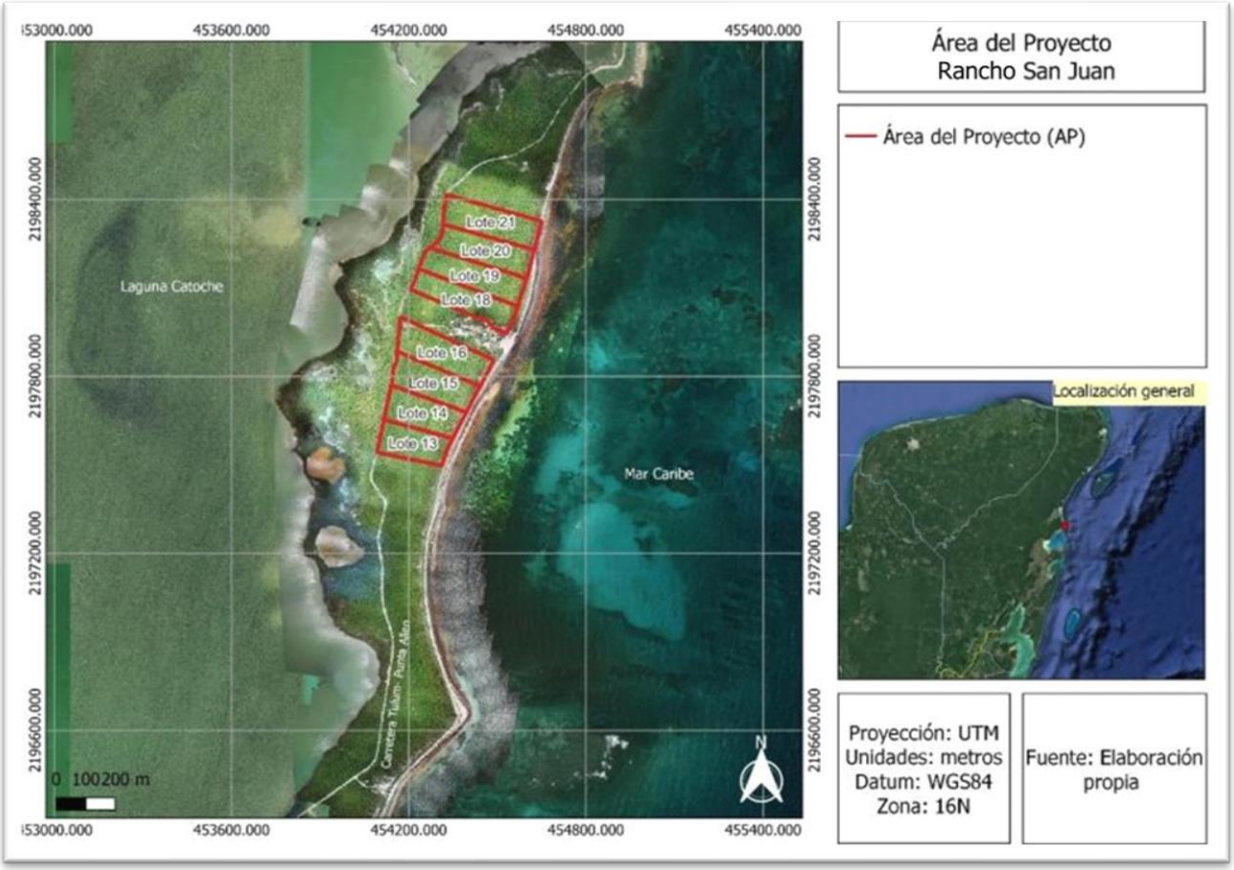
Asimismo, con el desarrollo del proyecto se pretende minimizar el impacto ambiental en la dinámica de los ecosistemas presentes en el sitio, conservar al máximo las condiciones naturales y promover el uso sostenible de los recursos naturales, para lo cual, se cumplirá estrictamente con toda la normatividad ambiental vigente y aplicable al sitio donde se pretende llevar a cabo.

Por último, se busca generar empleos temporales y permanentes para la población local, durante la ejecución de todas las etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, y operación mantenimiento).

### II.1.3 Ubicación física

El Área del Proyecto (AP), como se mencionó previamente, comprende 8 Lotes identificados como 13-A a 21-A, sin incluir el 17 (el cual es excluido de presente DTU-R).
Cada uno de esos lotes comprenden una superficie de entre 2.5 y 3.5 Ha cada uno, para un total de **24.31 Ha**, que son resultado de la subdivisión de un número igual de Lotes, según se refiere en el Capítulo I de este DTU-R, que se ubican en la Carretera Tulum - Punta Allen Zona Costera, Punta San Juan, REG.020, SMZA.000, Mza.060, Lote 053-13 al 053-21 en el municipio de Tulum, estado de Quintana Roo, dentro del Área Natural Protegida denominada Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, la cual forma parte del denominado Complejo Sian Ka'an. Asimismo, los Lotes tienen

frente hacia el Mar Caribe, de 100 m cada uno, y en la parte posterior limitan con la Carretera Federal, tal y como se aprecia en el siguiente Mapa:




**Mapa II.1.- Ubicación del Área del Proyecto (AP).**

En el Mapa anterior, se observa que los 8 Lotes del proyecto se agrupan en dos bloques de 4 lotes cada uno, separados por un predio donde ya existe infraestructura, y el cual no forma parte del proyecto. Los 8 Lotes están delimitados conforme a las coordenadas que se indican en la siguiente Tabla, y que se anexan al presente en formato Excel (véase Anexo II.1 Coordenadas lotes):

**Tabla II.1.- Cuadros de construcción por Lote.**

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| **Lote 13-A** | | | | | | |
| | | | | 1 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| 1 | 2 | S 74°40'44.01" E | 241.979 | 2 | 2,197,589.7047 | 454,349.1851 |
| 2 | 3 | S 27°36'57.13" W | 31.314 | 3 | 2,197,561.9579 | 454,334.6696 |

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| 3 | 4 | S 19°54'05.89" W | 18.686 | 4 | 2,197,544.3881 | 454,328.3089 |
| 4 | 5 | S 19°54'05.89" W | 50.000 | 5 | 2,197,497.3742 | 454,311.2885 |
| 5 | 6 | N 78°18'39.02" W | 222.999 | 6 | 2,197,542.5543 | 454,092.9139 |
| 6 | 1 | N 11°38'39.08" E | 113.422 | 1 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| **Superficie 24,487.682 m²** | | | | | | |
| **Lote 14-A** | | | | | | |
| | | | | 17 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| 17 | 18 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 18 | 2,197,634.0084 | 454,372.3621 |
| 18 | 19 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 19 | 2,197,589.7047 | 454,349.1851 |
| 19 | 24 | N 74°40'44.01" W | 241.979 | 24 | 2,197,653.6423 | 454,115.8063 |
| 24 | 29 | N 12°16'56.16" E | 119.604 | 29 | 2,197,770.5089 | 454,141.2495 |
| 29 | 17 | S 70.04'15.94" E | 270.488 | 17 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| **Superficie 27,853.324 m²** | | | | | | |
| **Lote 15-A** | | | | | | |
| | | | | 29 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| 29 | 25 | S 67°13'03.60" E | 304.209 | 25 | 2,197,766.9197 | 454,441.8934 |
| 25 | 26 | S 27°36'57.13" W | 31.020 | 26 | 2,197,739.4341 | 454,427.5145 |
| 26 | 27 | S 27°36'57.13" W | 68.980 | 27 | 2,197,678.3122 | 454,395.5392 |
| 27 | 28 | N 70°04'15.94" W | 270.488 | 28 | 2,197,770.5089 | 454,141.2495 |
| 28 | 41 | N 12°01'55.11" E | 13.295 | 41 | 2,197,783.5123 | 454,144.0210 |
| 41 | 42 | N 06°26'53.37" E | 47.198 | 42 | 2,197,830.4121 | 454,149.3216 |
| 42 | 43 | N 26°18'00.57" E | 22.862 | 43 | 2,197,850.9076 | 454,159.4512 |
| 43 | 27 | N 03°19'46.44" E | 33.868 | 27 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| **Superficie 30,568.810 m²** | | | | | | |
| **Lote 16-A** | | | | | | |
| | | | | 47 | 2,198,002.6335 | 454,171.4213 |
| 47 | 33 | S 65°05'38.37" E | 349.312 | 33 | 2,197,855.5273 | 454,488.2475 |
| 33 | 34 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 34 | 2,197,811.2235 | 454,465.0704 |
| 34 | 35 | S 27°36'57.13" W | 50.000 | 35 | 2,197,766.9197 | 454,441.8934 |
| 35 | 46 | N 67°13'03.60" W | 304.209 | 46 | 2,197,884.7189 | 454,161.4182 |
| 46 | 47 | N 04°50'56.39" E | 118.338 | 47 | 2,198,002.6335 | 454,171.4213 |
| **Superficie 34,571.317 m²** | | | | | | |
| **Lote 18-A** | | | | | | |
| | | | | 54 | 2,198,095.8718 | 454,204.0029 |
| 54 | 64 | N 31°24'13.82" E | 29.081 | 64 | 2,198,120.6933 | 454,219.1563 |
| 64 | 58 | N 18°58'75.16" E | 46.791 | 58 | 2,198,164.9397 | 454,234.3765 |
| 58 | 46 | S 69°14'07.74" E | 358.819 | 46 | 2,198,037.7284 | 454,569.8883 |
| 46 | 47 | S 17°24'33.18" W | 31.445 | 47 | 2,198,007.7239 | 454,560.4801 |

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| 47 | 48 | S 23°51'41.12" W | 68.555 | 48 | 2,197,945.0285 | 454,532.7478 |
| 48 | 67 | N 66°56'11.20" W | 48.700 | 67 | 2,197,964.1068 | 454,487.9404 |
| 67 | 66 | N 43°30'27.90" W | 32.696 | 66 | 2,197,987.8203 | 454,465.4310 |
| 66 | 65 | N 66°56'11.20" W | 25.0000 | 65 | 2,197,997.6141 | 454,442.4293 |
| 65 | 64 | N 83°38'08.48" W | 10.440 | 64 | 2,197,998.7714 | 454,432.0533 |
| 64 | 54 | N 66°56'11.20" W | 247.862 | 54 | 2,198,095.8718 | 454,204.0029 |
| **Superficie 30,225.965 m²** | | | | | | |
| **Lote 19-A** | | | | | | |
| | | | | 63 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| 52 | 53 | S 72°29'36.76" E | 343.450 | 52 | 2,198,133.1477 | 454,599.8077 |
| 53 | 61 | S 17°24'33.18" W | 100.000 | 53 | 2,198,037.7284 | 454,569.8883 |
| 61 | 62 | N 69°14'07.74" W | 358.819 | 62 | 2,198,164.9397 | 454,234.3765 |
| 62 | 68 | N 19°19'01.52" E | 51.071 | 68 | 2,198,213.1357 | 454,251.2706 |
| 68 | 69 | N 35°57'58.11" E | 17.455 | 69 | 2,198,227.2630 | 454,261.5220 |
| 69 | 63 | N 49°25'45.65" E | 14.144 | 63 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| **Superficie 31,918.321 m²** | | | | | | |
| **Lote 20-A** | | | | | | |
| | | | | 70 | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| 70 | 57 | S 74°24'48.19" E | 320.887 | 57 | 2,198,229.8296 | 454,625.2588 |
| 357 | 58 | S 14°09'02.07" W | 81.653 | 58 | 2,198,150.6543 | 454,605.2970 |
| 58 | 59 | S 17°24'33.18" W | 18.347 | 59 | 2,198,133.1477 | 454,599.8077 |
| 59 | 69 | N 72°29'36.76" W | 343.450 | 69 | 2,198,236.4619 | 454,272.2656 |
| 69 | 76 | N 49°25'45.65" E | 40.595 | 76 | 2,198,262.8643 | 454,303.1018 |
| 76 | 77 | N 31°52'30.50" E | 15.202 | 77 | 2,198,275.7739 | 454,311.1296 |
| 77 | 78 | N 12°22'29.47" E | 13.439 | 78 | 2,198,288.9009 | 454,314.0097 |
| 78 | 70 | N 04°33'15.55" E | 27.235 | 70 | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| **Superficie 30,582.197 m²** | | | | | | |
| **Lote 21-A** | | | | | | |
| | | | | **69** | 2,198,416.7083 | 454,328.7066 |
| 69 | 64 | S 74°21'08.11" E | 333.354 | **64** | 2,198,326.7953 | 454,649.7059 |
| 64 | 65 | S 14°09'02.07" W | 100.000 | **65** | 2,198,229.8296 | 454,625.2588 |
| 65 | 68 | N 74°24'48.19" W | 320.887 | **68** | 2,198,316.0503 | 454,316.1723 |
| 68 | 74 | N 04°33'15.55" E | 38.960 | **74** | 2,198,354.8869 | 454,319.2658 |
| 74 | 75 | N 08°46'17.25" E | 11.672 | **75** | 2,198,366.4223 | 454,321.0457 |
| 75 | 76 | N 03°27'02.83" W | 10.944 | **76** | 2,198,377.3463 | 454,320.3870 |
| 76 | 77 | N 21°29'55.98" E | 6.711 | **77** | 2,198,383.5903 | 454,322.8465 |
| 77 | 78 | N 07°34'08.40" E | 30.920 | **78** | 2,198,414.2405 | 454,326.9192 |
| 78 | 69 | N 35°54'52.93" E | 3.047 | 69 | 2,198,416.7083 | 454,328.7066 |
| **Superficie 32,903.867 m²** | | | | | | |

| Lado | | Rumbo | Distancia (m) | V | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Est | PV | | | | Y | X |
| **Superficie total 243,111.48 m$^2$** | | | | | | |

II.1.4 Justificación del proyecto

Con el objetivo de determinar el tipo de obras y actividades (proyecto) que es posible llevar a cabo en el Área del Proyecto, se realizó un diagnóstico ambiental previo, en el cual se analizaron las características ambientales de los 8 Lotes y de su entorno (Sistema Ambiental Regional), así como los lineamientos y restricciones establecidos en los principales instrumentos jurídicos y de planeación aplicables al sitio donde se ubican dichos lotes, y a los cuales deberán sujetarse dichas obras y actividades desde su diseño y durante todo el desarrollo del proyecto que se pretenda realizar. En este diagnóstico ambiental se consideró lo siguiente:

- **Ámbito geográfico del proyecto**

Se delimitó el ámbito espacial donde se pretende llevar a cabo el proyecto y su entorno, para lo cual, en primera instancia se realizó un levantamiento topográfico en el Área del Proyecto y se georreferenció con la finalidad de obtener la ubicación de las superficies donde se pretende desarrollar el proyecto y así poder observar las condiciones medioambientales que puedan relacionarse con la construcción y operación del presente proyecto. Asimismo, se delimitó el Sistema Ambiental Regional (SAR) donde se inserta el Área del Proyecto, considerando entre otras cosas, imágenes aéreas tomadas mediante aeronaves no tripuladas para la elaboración de ortofotos digitales en tiempo real, así como información generada en estudios de campo, que además proporcionaron información para su caracterización ambiental (muestreos de flora y fauna). La descripción detallada de la delimitación y caracterización del SAR se presenta en el Capítulo IV de este DTU.

- **Inventario ambiental**

Se llevó a cabo la caracterización ambiental del SAR y del Área del Proyecto, con base en información bibliográfica y de los estudios de campo realizados, a partir de sus principales componentes ambientales: clima, suelo, relieve, flora y fauna, con lo cual se determinó el diagnóstico ambiental del sitio, es decir, el estado de conservación o de deterioro que presenta.

- **Determinación de Unidades de Paisaje**

Una vez determinadas las características bióticas y abióticas del SAR del proyecto, se abordó con ellas un análisis cualitativo de las características que imperan en el Área del Proyecto para

determinar los efectos que las obras pudieran generar al paisaje, toda vez que se trata de terrenos en un Área Natural Protegida competencia de la federación, lo cual hace que la obra pretendida deba cumplir con todos y cada uno de los lineamientos del orden jurídico aplicable a la región y así contribuir mediante este estudio de unidades de paisaje a mantener un área acorde a los impactos visuales que puede generar la ejecución de proyectos de este tipo.

- **Revisión del marco normativo**

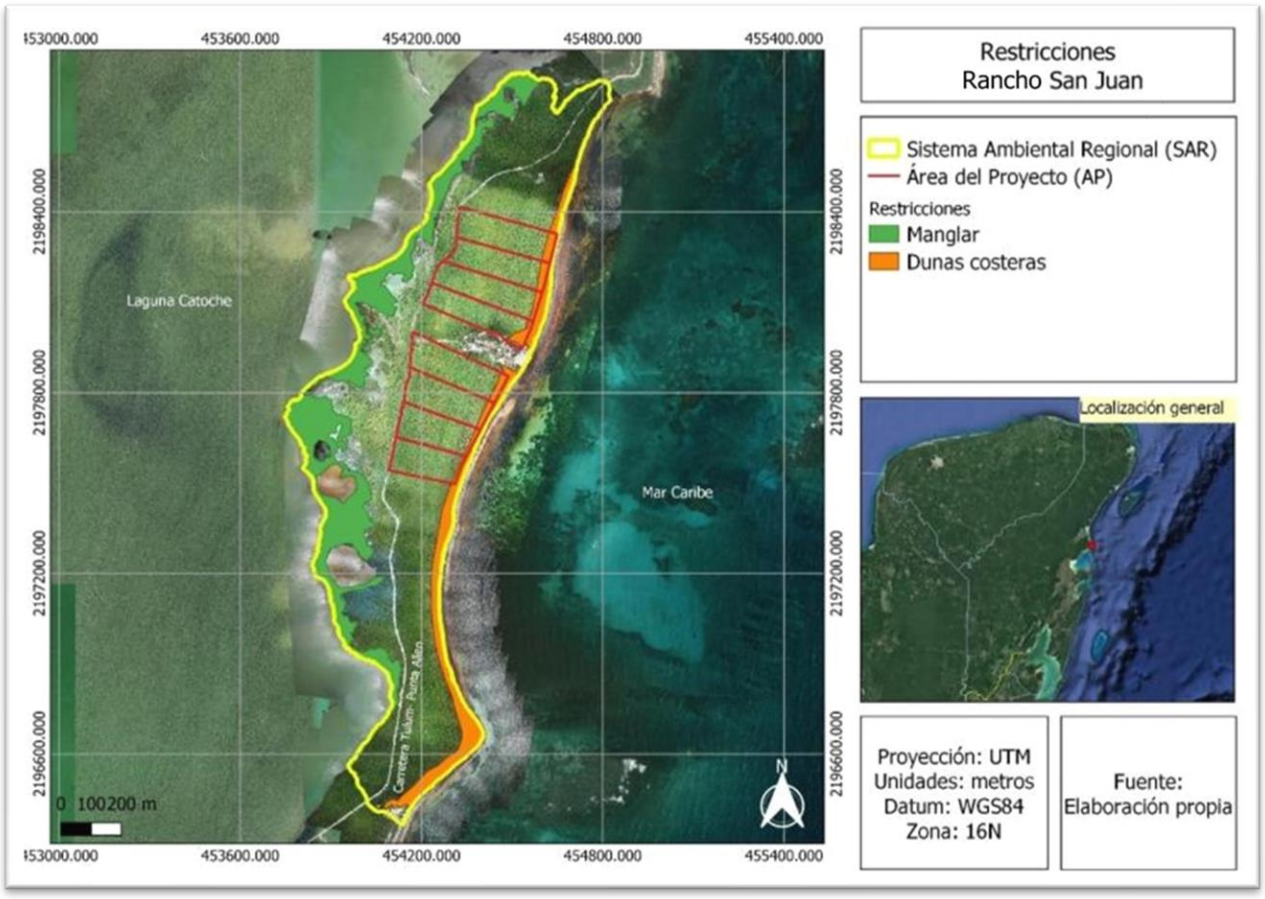
Se revisaron y analizaron los principales instrumentos jurídicos y de planeación aplicables al sitio donde se ubica el Área del Proyecto, con particular énfasis en el Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, el Programa de Ordenamiento Ecológico (POE) de la Zona Costera de Sian Ka'an, el Artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 (NOM-022). Lo anterior, con el fin de identificar los lineamientos que deben ser respetados durante el desarrollo del proyecto y si existe alguna limitante para su ejecución.

- **Determinación de áreas de aprovechamiento y de opciones de desarrollo para el proyecto**

A partir de la caracterización y diagnóstico ambiental del SAR y del Área del Proyecto, así como de las restricciones jurídicas aplicables identificadas, se llevó a cabo la Zonificación de ambos, con el propósito de delimitar las áreas potenciales de aprovechamiento, así como aquéllas donde no es posible realizar ningún tipo de obra o actividad. Asimismo, se determinaron las obras que se pueden llevar a cabo en el AP y los lineamientos y restricciones que deben de observase durante el desarrollo del proyecto. A continuación, se presentan los resultados de dicha Zonificación y las consideraciones para el desarrollo del proyecto:

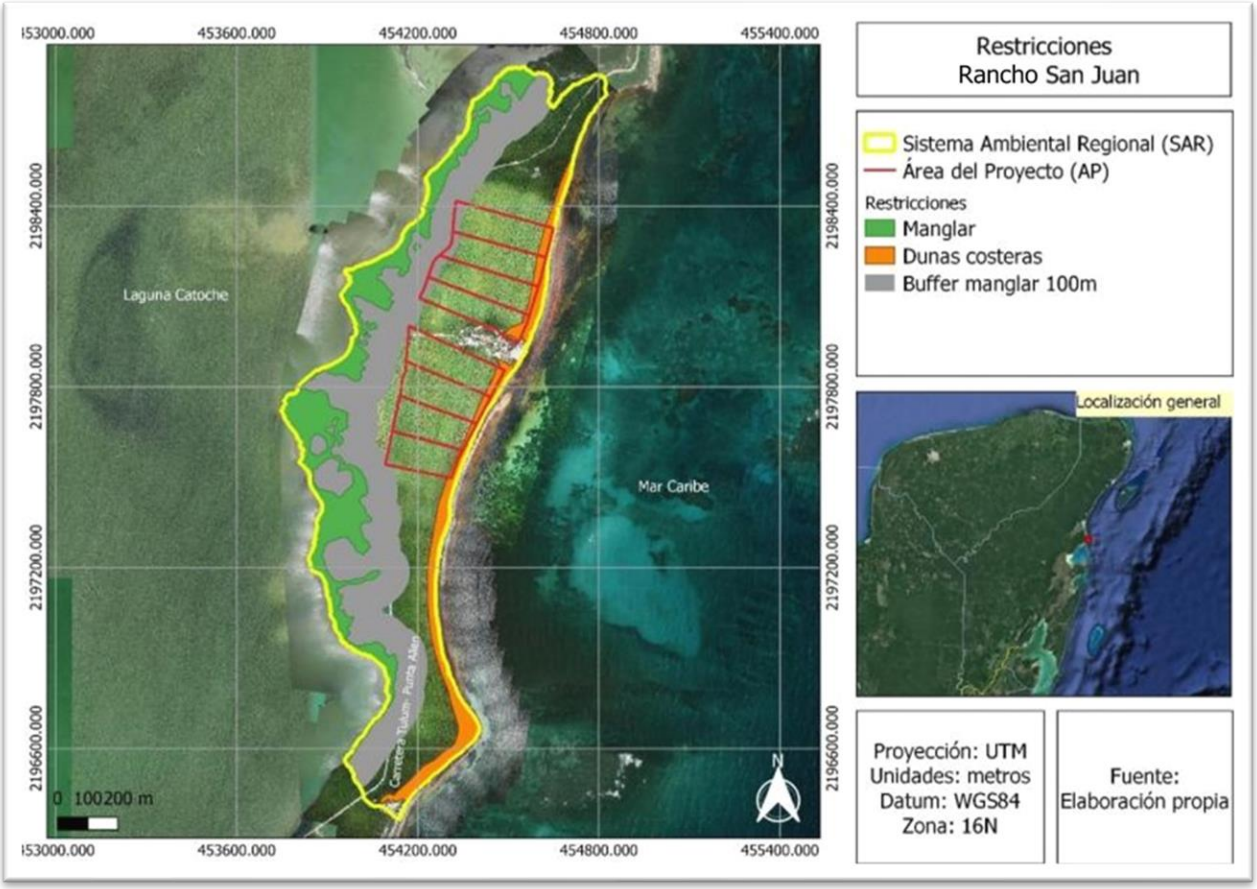
### II.1.4.1 Zonificación del SAR y del Área del Proyecto (AP)

Considerando lo dispuesto en el Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el POE de la Zona Costera de Sian Ka'an, no se permite la construcción de Viviendas unifamiliares, ni infraestructura permanente para hospedaje o servicios en la zona comprendida entre el litoral y el parteaguas de la duna ni en la zona entre el borde del sistema acuático y el límite de distribución de los manglares; la delimitación de dichas zonas en el SAR y AP se puede apreciar en el siguiente Mapa, en color anaranjado la correspondiente a la duna y en color verde la de manglar, destacando que en el AP no se presenta este último tipo de vegetación, la cual se concentra a lo largo de la porción este del SAR, en los límites con la Laguna Catoche:



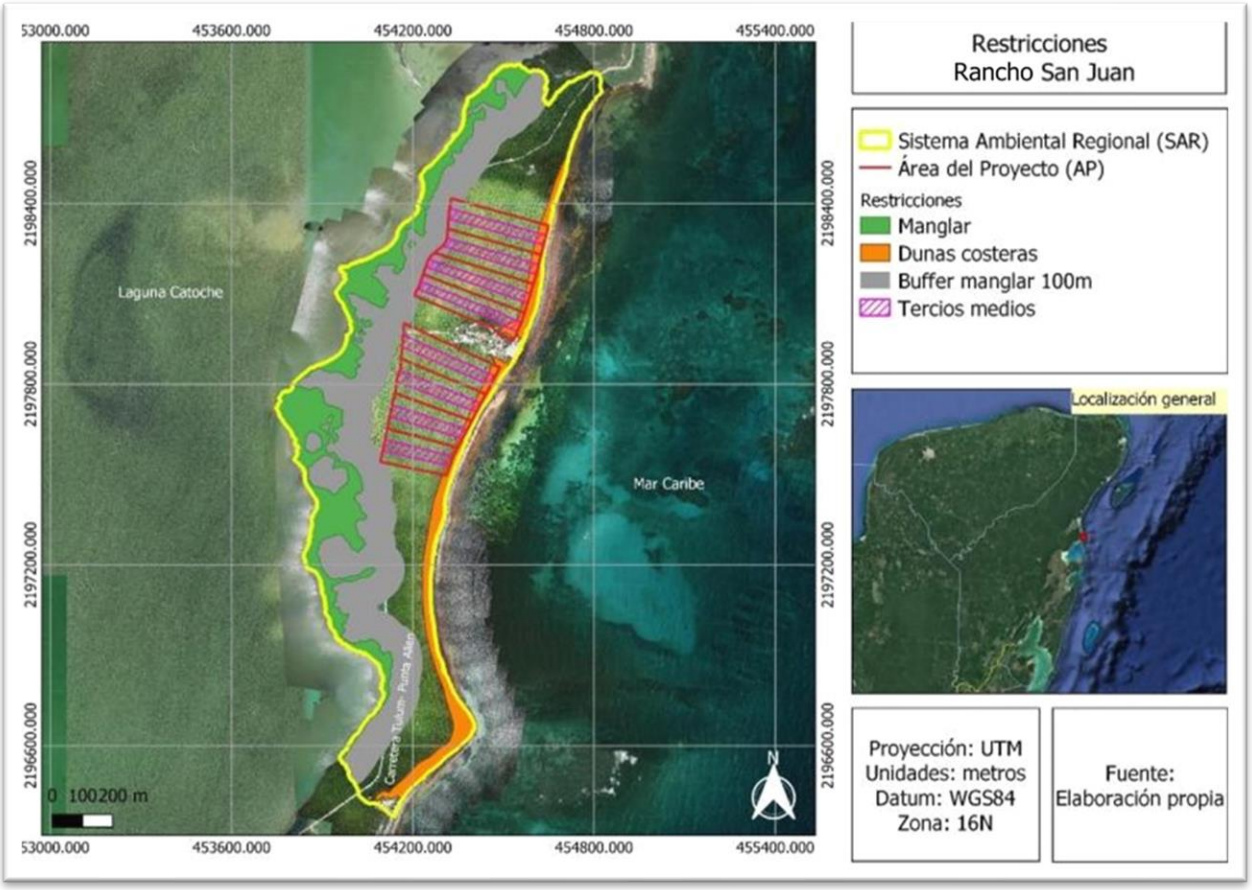

**Mapa II.2.- Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an y del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an.**

En este orden de ideas, particularmente la NOM-022-SEMARNAT-2003 (NOM-022) establece que **la infraestructura urbana**, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, **deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación de manglar,** la cual se representa para el SAR y el Área del Proyecto en el siguiente Mapa como un buffer en color gris, y de lo cual cabe destacar que los cuatro Lotes ubicados en la parte Sur del AP, prácticamente quedan fuera del límite de dicho buffer, pues únicamente los extremos Suroeste del Lote 13-A y Noroeste del Lote 16-A inciden en el mismo, mientras que en el caso de los cuatro Lotes ubicados en la parte Norte del AP, éstos se sobreponen con el buffer en una franja de aproximadamente 30 m de ancho en promedio:



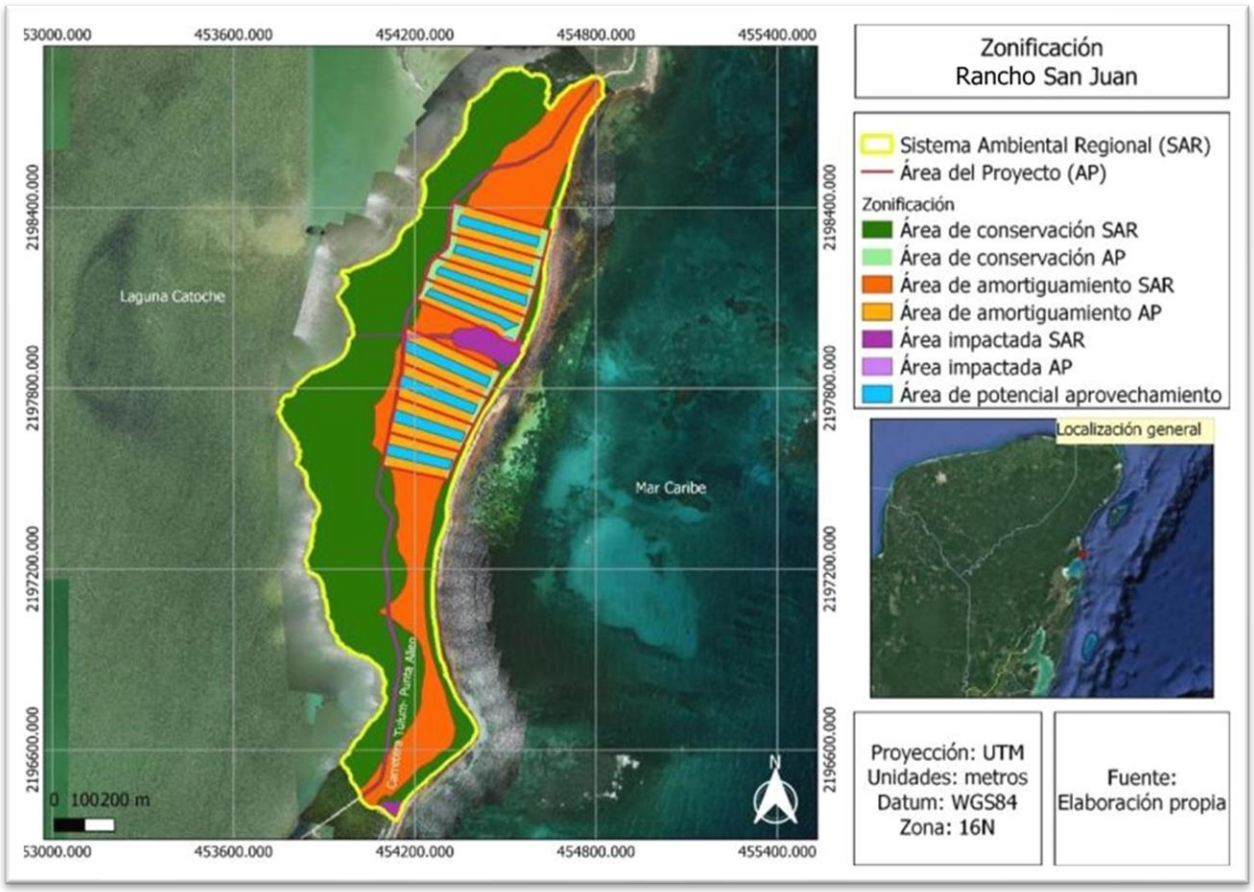

**Mapa II.3.- Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an, del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an y de la NOM-022-SEMARNAT-2003.**

Asimismo, el Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el POE de la Zona Costera de Sian Ka'an disponen que el desarrollo de la infraestructura turística o habitacional solamente podrá efectuarse en el tercio medio del predio del sentido norte-sur. Al respecto, en el siguiente Mapa se indica el tercio medio de cada lote del Área del Proyecto:




**Mapa II.4.- Restricciones del Programa de Manejo del ANP Sian Ka'an, del POE de la Zona Costera de Sian Ka'an y de la NOM-022-SEMARNAT-2003.**

Por todo lo anterior, como resultado de la caracterización ambiental y del análisis de los instrumentos jurídicos y de planeación aplicables al sitio de pretendida ubicación del proyecto, se determinó la Zonificación del SAR y del Área del Proyecto conforme a lo siguiente:




**Mapa II.5.- Zonificación del SAR y del AP**.

**Tabla II.2.- Zonificación del SAR y del AP.**

| Área | Descripción |
|---|---|
| Área de conservación del SAR | Corresponde a la superficie donde existe vegetación de dunas costeras y de manglar, así como a la franja de 100 m a partir de esta última que establece la NOM-022, las cuales no pueden ser afectadas y deberán conservarse, conforme a lo dispuesto en el Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el POE de la Zona Costera de Sian Ka'an. |
| Área de conservación del AP | Corresponde a la superficie donde existe vegetación de dunas costeras y a la franja de 100 m a partir de la vegetación de manglar que establece la NOM-022, las cuales no pueden ser afectadas y deberán conservarse, conforme a lo dispuesto en el Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el POE de la Zona Costera de Sian Ka'an, para lo cual se considerarán las medidas adecuadas. |
| Área de amortiguamiento del SAR | Corresponde a la superficie del SAR ubicada entre las áreas de conservación, y que permitirá aminorar el efecto de los posibles |

| Área | Descripción |
|---|---|
| | impactos ambientales que se generen por las obras que se desarrollen en el Área del Proyecto. Su cubierta vegetal es principalmente de selva con palma Chit. |
| Área de amortiguamiento del AP | Corresponde a la superficie del Área del Proyecto ubicada entre el área de conservación y el área de aprovechamiento potencial, dentro de cada lote, donde no es posible realizar obras y actividades conforme a lo dispuesto en los instrumentos de planeación aplicables, y que permitirá aminorar el efecto de los posibles impactos ambientales que se generen por el desarrollo de las obras. Su cubierta vegetal es principalmente de selva con palma Chit. |
| Área impactada del SAR | Corresponde a la superficie donde ya existe infraestructura, principalmente la Carretera Tulum-Punta Allen. |
| Área impactada del AP | Corresponde a la superficie donde ya existe infraestructura dentro del Área del Proyecto, principalmente al tramo de un camino de acceso que incide en el extremo Noroeste del Lote 16-A. |
| Área de potencial aprovechamiento | Corresponde a la superficie del Área del Proyecto que no tiene restricción alguna y donde es posible llevar a cabo las obras y actividades para el desarrollo del proyecto. Su cubierta vegetal es principalmente de selva con palma Chit. |

### II.1.4.2 Consideraciones para el desarrollo del proyecto

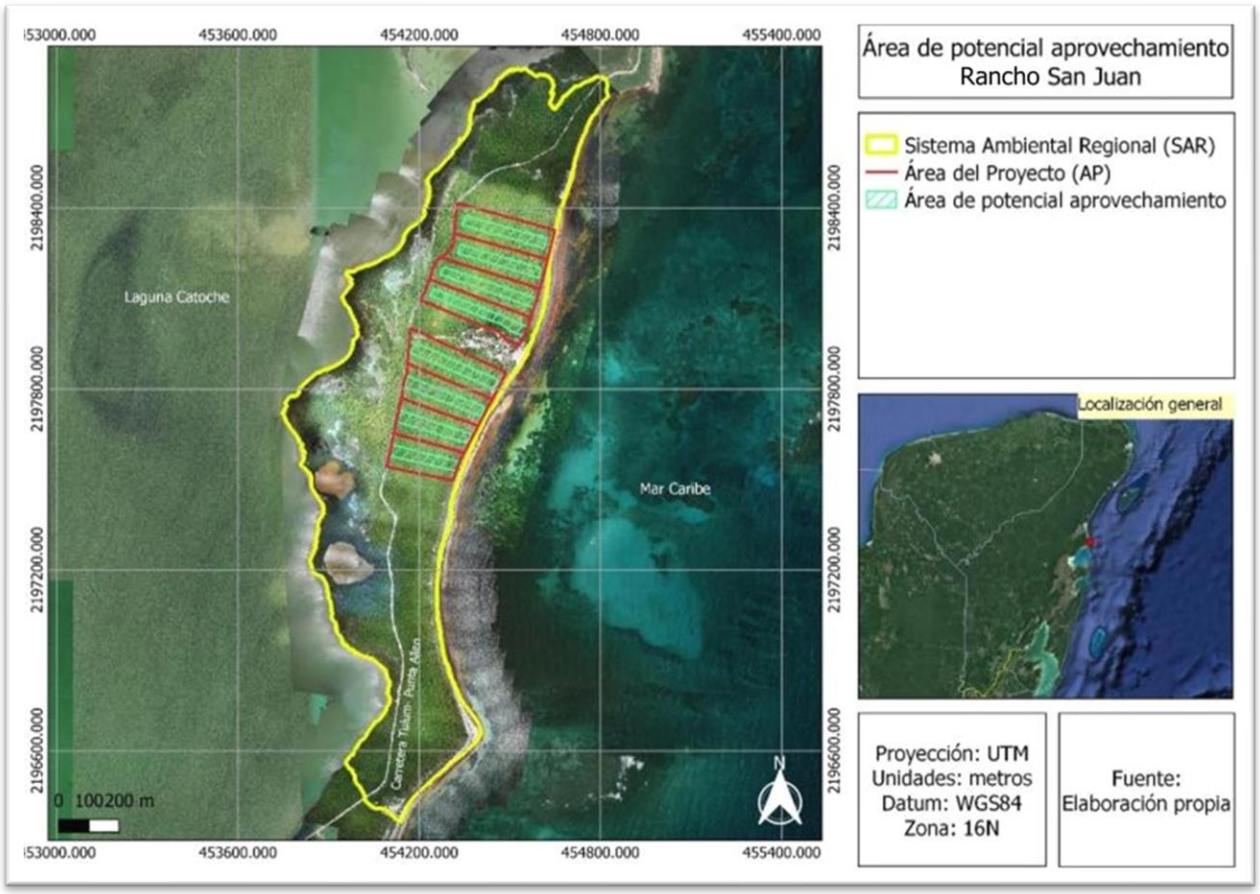
Derivado de la caracterización ambiental y del análisis de los instrumentos jurídicos y de planeación aplicables al sitio donde se ubica el Área del Proyecto, así como de la Zonificación antes descrita, se concluyó que en ésta es posible desarrollar lo siguiente:

**Tabla II.3.- Obras potenciales de desarrollo en el AP.**

| Obras | Lineamientos | Restricciones |
|---|---|---|
| 1 casa habitación de tipo unifamiliar de 400 $m^2$ de construcción, de dos niveles y hasta 8 m de altura, con un máximo de 4.5 baños y 1 cocina, en cada uno de los lotes. | ⌗ Casa habitación: Infraestructura sin fines comerciales, destinada a albergar a una familia de manera permanente o temporal con un máximo de una cocina y un número variable de habitaciones y baños de conformidad con el tamaño del predio.<br>⌗ El desarrollo de la infraestructura turística o habitacional podrá efectuarse en el tercio medio del predio del sentido norte-sur. | ⌗ No se permitirán construcciones adicionales para servicio y resguardo de instalaciones (encargado o velador). En su caso, estas instalaciones deberán estar adosadas a la casa o construcción principal y sumarse en la superficie de construcción autorizada. |

| Obras | Lineamientos | Restricciones |
|---|---|---|
| 1 camino de acceso no pavimentado cada 100 m con una amplitud máxima de 4 m.<br><br>1 pozo por vivienda.<br><br>1 acceso a playas (servidumbre de paso) al menos cada 1,000 m en promedio con una amplitud mínima de 2.00 m y máxima de 3.00 m. | ⌗ La superficie de los predios libre de construcción, será destinada a la conservación de las condiciones naturales del sitio.<br>⌗ Las Viviendas unifamiliares habitacionales deberán contar con un programa integral de reducción, separación y disposición final de residuos sólidos inorgánicos fuera de la Reserva.<br>⌗ Las Viviendas unifamiliares habitacionales deberán contar con sistemas integrales de manejo y disposición de aguas residuales.<br>⌗ Las instalaciones para el manejo de las aguas servidas serán instaladas al poniente del predio.<br>⌗ La instalación de líneas de conducción de energía eléctrica y telefónica será subterránea.<br>⌗ Promover la instalación de fuentes alternativas de energía.<br>⌗ Promover la instalación de sistemas domésticos de captación de agua de lluvia *in situ*.<br>⌗ Solo la superficie de construcción y hasta 10 metros perimetrales, podrá ser despalmada totalmente.<br>⌗ Sólo podrá removerse suelo en el sitio del desplante del predio. | ⌗ No se podrá construir en la zona comprendida entre el litoral y el parteaguas de la duna y entre el borde del sistema acuático y el límite de distribución de los manglares.<br>⌗ No se podrá remover la vegetación natural en el cordón de duna.<br>⌗ No se permite el uso de maquinaria pesada para desmontes.<br>⌗ Deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación de mangle.<br>⌗ En las playas arenosas solo se permite la construcción de estructuras temporales como palapas de madera de un poste y hoja de palma o pasto, siempre y cuando no sea un área de anidación de tortugas. |

Resultando de lo anterior, que el proyecto cuenta con un potencial de construcción en el terreno como se muestra en el siguiente Mapa, donde los rectángulos en color azul representan las áreas dentro de los tercios medios y fuera de las áreas de conservación de los 8 Lotes, y en los que su potencial de construcción corresponde a 400 $m^2$, que fueron determinados conforme a los instrumentos jurídicos y de planeación aplicables, así como por las mejores condiciones ambientales y la mejor ubicación que permitan obtener el mayor aprovechamiento antropogénico y el mejor desarrollo en cuanto a la conservación de los recursos naturales que se encuentran en el sitio del proyecto:




**Mapa II.6.- Área de potencial aprovechamiento en el AP.**

Como resultado de todo el análisis previo, se determinó viable la construcción de una casa habitación en cada uno de los 8 Lotes, por lo que se solicitó al equipo de diseño arquitectónico, una propuesta de las posibles edificaciones siguiendo los preceptos jurídicos vigentes y considerando todas las restricciones y permisiones que involucran al proyecto, quedando una primera propuesta como sigue: una Casa por lote (Casa Tipo), integrada por cinco edificaciones, con una superficie de construcción de 389 $m^2$, un máximo de 8 m de altura y una superficie total de desmonte de alrededor de 1,600 $m^2$, con lo cual se respetaría los 10 metros perimetrales que se permiten en la normatividad aplicable, ubicada en el área de potencial aprovechamiento, esto es, fuera de la zona de dunas y de la zona de manglar, respetando en su mayoría la distancia de 100 m a partir de este último tipo de vegetación, y dentro del tercio medio del lote, como se observa en las siguientes Figuras:

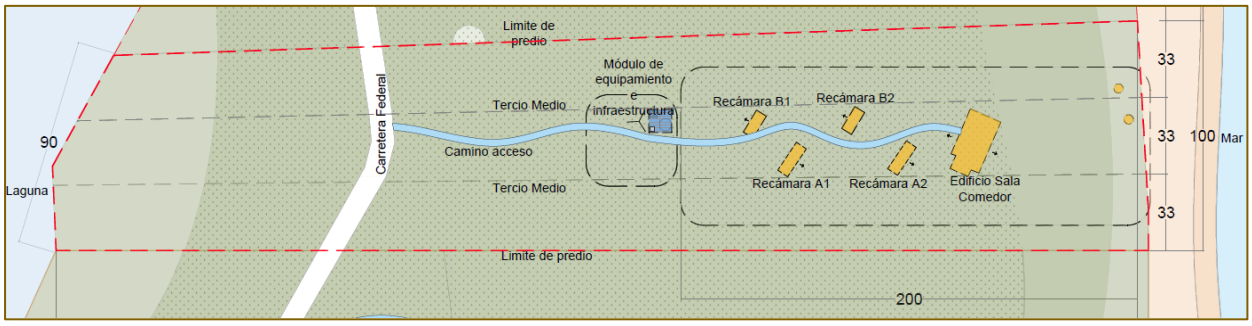



**Figura II.1.- Propuesta inicial de la Casa Tipo – Planta Conjunto.**

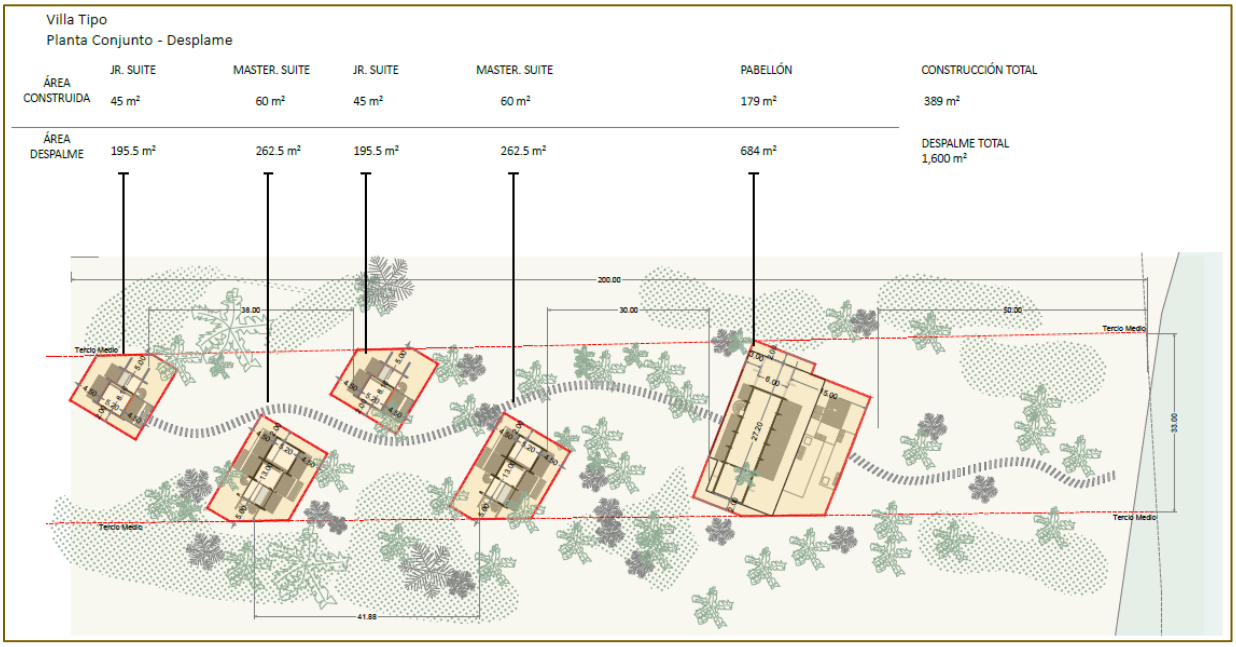



**Figura II.2.- Propuesta inicial de despalme por Casa Tipo.**

Asimismo, se determinó viable la construcción de un camino de acceso en cada uno de los lotes, a partir de la Carretera Federal, en promedio a cada 100 m; los cuales no estarían pavimentados y tendrían un ancho de 3 m, respetando la normatividad aplicable. Y a partir de dichos caminos se planteó la construcción de senderos de 2 m de ancho sin pavimentar, para comunicar las distintas edificaciones de las Viviendas unifamiliares, como se aprecia en la siguiente Figura:

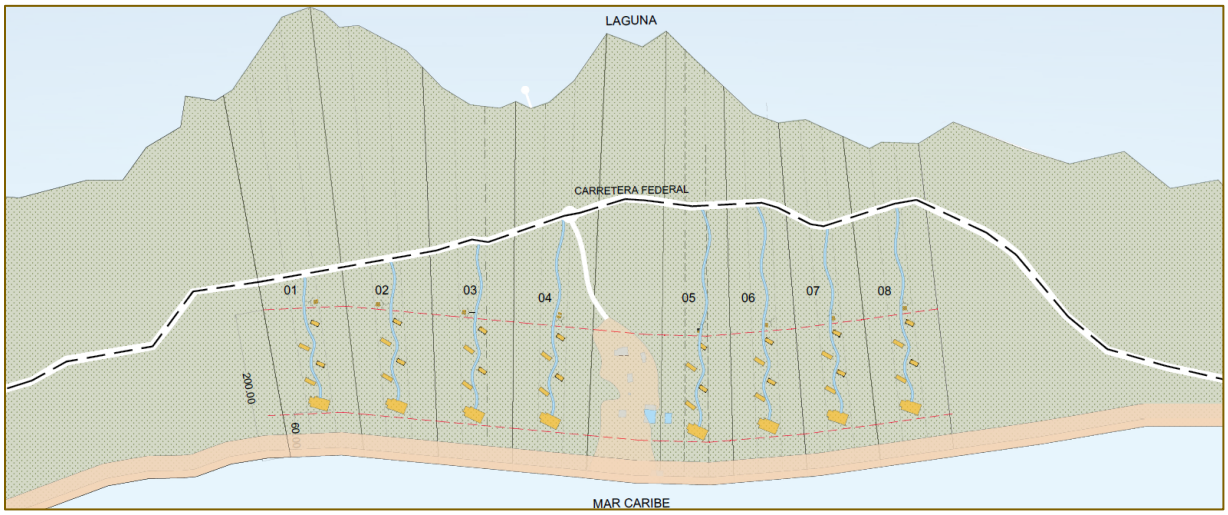



**Figura II.3.- Propuesta inicial de Caminos de acceso.**

Sin embargo, después de realizar otros estudios de campo, se replanteó el diseño de la Casa Tipo, y se hicieron algunas adecuaciones, las cuales siguen respetando los lineamentos jurídicos aplicables, tal y como se muestra en la descripción detallada de las obras que se determinaron viables de desarrollar y que integran el proyecto, misma que se presenta más adelante.

### II.1.5 Inversión requerida

El monto de inversión estimado para el desarrollo del proyecto **Rancho San Juan** es de aproximadamente $6’000,000 (seis millones de pesos M.N.) por Casa, lo que da un total de $48’000,000 (cuarenta y ocho millones de pesos M.N.). Asimismo, se estima que el costo para aplicar las medidas de mitigación será de $1,211,798.00 (un millón doscientos once mil, setecientos noventa y ocho pesos M.N), que corresponde al 2.5 % del monto total de la inversión, conforme a lo siguiente:

**Tabla II.4.- Costos para aplicar las medidas de mitigación.**

| Medida | Costo (pesos M.N.) |
|---|---|
| Programa de Manejo Integral de Flora<br>• Subprograma de rescate y reubicación<br>• Subprograma de reforestación | 774,798.00 |
| Programa de Rescate y Reubicación de Fauna | 224,000.00 |
| Programa de Manejo Integral de Residuos<br>• Subprograma de Residuos Sólidos<br>• Subprograma de Residuos Líquidos | 56,000.00 |
| Programa de Educación Ambiental | 18,000.00 |
| Reglamento de Construcción de Viviendas unifamiliares | 20,000.00 |
| Programa de Acciones Independientes | 119,000.00 |

| Medida | Costo (pesos M.N.) |
|---|---|
| **Total** | **1,211,798.00** |

La fuente de financiamiento será a través de fondos propios del promovente y créditos bancarios. La inversión referida corresponde a los costos estimados por las etapas de preparación del sitio y construcción de las Viviendas unifamiliares, pues a la fecha, no se tiene un cálculo estimado de los costos que se generarán por la operación de las mismas.

## II.2 Características particulares del proyecto

### II.2.1 Dimensiones del proyecto

El Área del Proyecto, como se mencionó previamente, está integrada por 8 Lotes que tienen una superficie aproximada de entre 2.5 y 3.5 Ha cada uno, para una superficie total de **24.31** Ha, conforme se indica en la siguiente Tabla:

**Tabla II.5.- Superficies por Lote del proyecto.**

| Lote | Superficie ($m^2$) | Superficie (Ha) |
|---|---|---|
| 13-A | 24,487.682 | 2.45 |
| 14-A | 27,853.324 | 2.79 |
| 15-A | 30,568.810 | 3.06 |
| 16-A | 34,571.317 | 3.46 |
| 18-A | 30,225.965 | 3.02 |
| 19-A | 31,918.321 | 3.19 |
| 20-A | 30,582.197 | 3.06 |
| 21-A | 32,903.867 | 3.29 |
| **Total** | **243,111.483** | **24.31** |

Asimismo, y como resultado de un estudio específico de dunas en el Área del Proyecto (véase Anexo II.2 Caracterización Dunas San Juan), así como de la georreferenciación de los Lotes (véase Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas), para definir la ubicación exacta de las obras dentro del tercio medio de cada lote y fuera de las áreas de conservación, se determinaron las siguientes superficies (áreas) de potencial aprovechamiento (SPA) por lote:

**Tabla II.6.- Superficies de potencial aprovechamiento por Lote del proyecto.**

| Lote | Superficie | | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) | |
|---|---|---|---|---|
| | $m^2$ | Ha | $m^2$ | Ha |
| 13-A | 24,487.682 | 2.45 | 8,087.80 | 0.81 |

| Lote | Superficie | | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) | |
|---|---|---|---|---|
| | m² | Ha | m² | Ha |
| 14-A | 27,853.324 | 2.79 | 9,051.44 | 0.91 |
| 15-A | 30,568.810 | 3.06 | 9,932.93 | 0.99 |
| 16-A | 34,571.317 | 3.46 | 11,082.43 | 1.11 |
| 18-A | 30,225.965 | 3.02 | 9,417.01 | 0.94 |
| 19-A | 31,918.321 | 3.19 | 9,771.84 | 0.98 |
| 20-A | 30,582.197 | 3.06 | 8,797.99 | 0.88 |
| 21-A | 32,903.867 | 3.29 | 9,403.02 | 0.94 |
| **Total** | **243,111.483** | **24.31** | **75,544.45** | **7.55** |

El proyecto estará integrado por 8 Viviendas unifamiliares que se construirán en cada uno de los 8 Lotes; la Casa Tipo tendrá **396.93** m² de superficie de construcción con 4.5 baños y estará formada por 3 espacios diferentes: 1 Módulo Sala-Comedor con una alberca y una recámara, 1 Recámara Tipo A y 2 Recámaras Tipo B, además de contar con un Módulo de equipamiento. Asimismo y considerando lo dispuesto por los instrumentos jurídicos aplicables, cada casa habitación de 400 m², tiene permitida un área de despalme de 10 metros perimetrales, que correspondería al Cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF), por lo que siguiendo con la visión de respeto y conservación de la naturaleza que se tiene con el proyecto, se plantea un despalme perimetral inferior a los 10 metros en cada uno de los espacios o edificaciones que integran las Viviendas unifamiliares, para una superficie total aproximada de **1,843.35** m² por Casa, la cual varía en dos de los Lotes, asegurando de esta manera conservar la naturaleza, tal y como se muestra en la siguiente Figura:

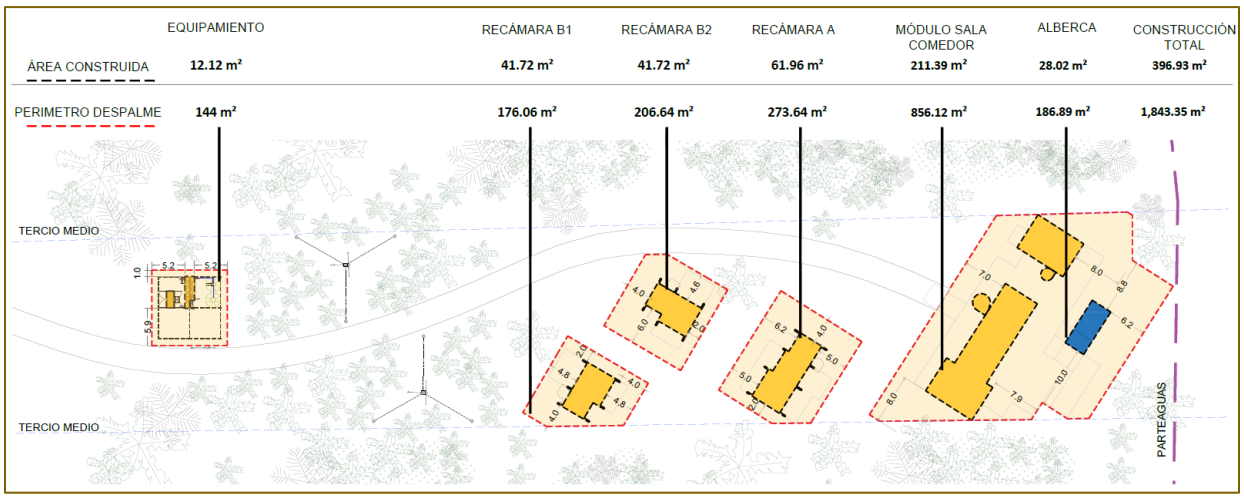



**Figura II.4.- Casa Tipo–Despalme**.

De esta manera, las superficies requeridas para la Casa Tipo quedarían distribuidas como se muestra a continuación:

**Tabla II.7.- Superficies de la Casa Tipo.**

| Edificación | Superficie de construcción (m²) | Superficie de CUSTF (m²) |
|---|---|---|
| Módulo Sala-Comedor | 211.39 | 856.12 |
| Alberca | 28.02 | 186.89 |
| Recámara A | 61.96 | 273.64 |
| Recámara B-1 | 41.72 | 176.06 |
| Recámara B-2 | 41.72 | 206.64 |
| Equipamiento | 12.12 | 144.00 |
| **Total** | **396.93** | **1,843.35** |

Asimismo, cada Casa contará con un camino de acceso con las siguientes dimensiones, destacando que las superficies de cada camino y de CUSTF son las mismas porque éstos permanecerán a nivel de terracería, como lo establece la legislación aplicable:

**Tabla II.8.- Dimensiones de la red de caminos.**

| Lote | Longitud (m) | Ancho (m) | Superficie del camino (m²) | Superficie de CUSTF(m²) |
|---|---|---|---|---|
| 13-A | 173.80 | 4.00 | 695.21 | 695.21 |
| 14-A | 196.13 | 4.00 | 784.50 | 784.50 |
| 15-A | 219.30 | 4.00 | 877.20 | 877.20 |
| 16-A | 256.55 | 4.00 | 1,026.20 | 1,026.20 |
| 18-A | 314.68 | 4.00 | 1,258.70 | 1,258.70 |
| 19-A | 295.73 | 4.00 | 1,182.90 | 1,182.90 |
| 20-A | 259.18 | 4.00 | 1,036.70 | 1,036.70 |
| 21-A | 265.90 | 4.00 | 1,063.60 | 1,063.60 |
| **Superficie total** | | | **7,925.01** | **7,925.01** |

En resumen, las superficies totales de construcción y de CUSTF que se requieren para el desarrollo del proyecto son de **11,100.45 m² (1.11 Ha)** y **22,468.10 m²** (**2.25 Ha**), respectivamente, distribuidas como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.9.- Superficies totales del proyecto.**

| Lote | Superficie de construcción ($m^2$) | | | Superficie de CUSTF($m^2$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Viviendas unifamiliares | Caminos | Total | Viviendas unifamiliares | Caminos | Total |
| 13-A | 396.93 | 695.21 | 1,092.14 | 1,843.35 | 695.21 | 2,538.56 |
| 14-A | 396.93 | 784.50 | 1,181.43 | 1,843.35 | 784.50 | 2,627.85 |
| 15-A | 396.93 | 877.20 | 1,274.13 | 1,843.35 | 877.20 | 2,720.55 |
| 16-A | 396.93 | 1,026.20 | 1,423.13 | 1,843.35 | 1,026.20 | 2,869.55 |
| 18-A | 396.93 | 1,258.70 | 1,655.63 | 1,660.52 | 1,258.70 | 2,919.22 |
| 19-A | 396.93 | 1,182.90 | 1,579.83 | 1,822.47 | 1,182.90 | 3,005.37 |
| 20-A | 396.93 | 1,036.70 | 1,433.63 | 1,843.35 | 1,036.70 | 2,880.05 |
| 21-A | 396.93 | 1,063.60 | 1,460.53 | 1,843.35 | 1,063.60 | 2,906.95 |
| **Total** | **3,175.44** | **7,925.01** | **11,100.45** | **14,543.09** | **7,925.01** | **22,468.10** |

Considerando lo anterior, para el desarrollo del proyecto, las obras ocuparán menos del 5.5% de la superficie por lote, y la superficie que requiere de CUSTF será de menos del 10.5% de la misma, por lo que se conservaría alrededor del 90% en su estado original; ahora bien, en relación con la superficie (área) de potencial aprovechamiento (SPA) en cada lote, se tiene que las obras del proyecto representan menos del 18% y la superficie de CUSTF menos del 33%, tal y como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.10.- Superficies totales del proyecto.**

| Lote | Superficie Lote (m²) | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) (m²) | Superficie de construcción (m²) | Porcentaje Superficie Lote (%) | Porcentaje SPA (%) | Superficie de CUSTF (m²) | Porcentaje Superficie Lote (%) | Porcentaje SPA (%) | Superficie que se mantendrá en su estado original | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Lote (m²) | Porcentaje (%) | SPA (m²) | Porcentaje (%) |
| 13-A | 24,487.68 | 8,087.80 | 1,092.14 | 4.46 | 13.50 | 2,538.56 | 10.37 | 31.39 | 21,949.12 | 89.63 | 5,549.24 | 68.61 |
| 14-A | 27,853.32 | 9,051.44 | 1,181.43 | 4.24 | 13.05 | 2,627.85 | 9.43 | 29.03 | 25,225.47 | 90.57 | 6,423.59 | 70.97 |
| 15-A | 30,568.81 | 9,932.93 | 1,274.13 | 4.17 | 12.83 | 2,720.55 | 8.90 | 27.39 | 27,848.26 | 91.10 | 7,212.38 | 72.61 |
| 16-A | 34,571.32 | 11,082.43 | 1,423.13 | 4.12 | 12.84 | 2,869.55 | 8.30 | 25.89 | 31,701.77 | 91.70 | 8,212.88 | 74.11 |
| 18-A | 30,225.97 | 9,417.01 | 1,655.63 | 5.48 | 17.58 | 2,919.22 | 9.66 | 31.00 | 27,306.75 | 90.34 | 6,497.79 | 69.00 |
| 19-A | 31,918.32 | 9,771.84 | 1,579.83 | 4.95 | 16.17 | 3,005.37 | 9.42 | 30.76 | 28,912.95 | 90.58 | 6,766.47 | 69.24 |
| 20-A | 30,582.20 | 8,797.99 | 1,433.63 | 4.69 | 16.29 | 2,880.05 | 9.42 | 32.74 | 27,702.15 | 90.58 | 5,917.94 | 67.26 |
| 21-A | 32,903.87 | 9,403.02 | 1,460.53 | 4.44 | 15.53 | 2,906.95 | 8.83 | 30.92 | 29,996.92 | 91.17 | 6,496.07 | 69.08 |
| **Total** | **243,111.48** | **75,544.45** | **11,100.45** | **4.57** | **14.69** | **22,468.10** | **9.24** | **29.74** | **220,643.38** | **90.76** | **53,076.35** | **70.26** |

En este orden de ideas, en la siguiente Tabla se muestra el desglose de las superficies de construcción y de CUSTF por cada componente del proyecto dentro de cada uno de los lotes:

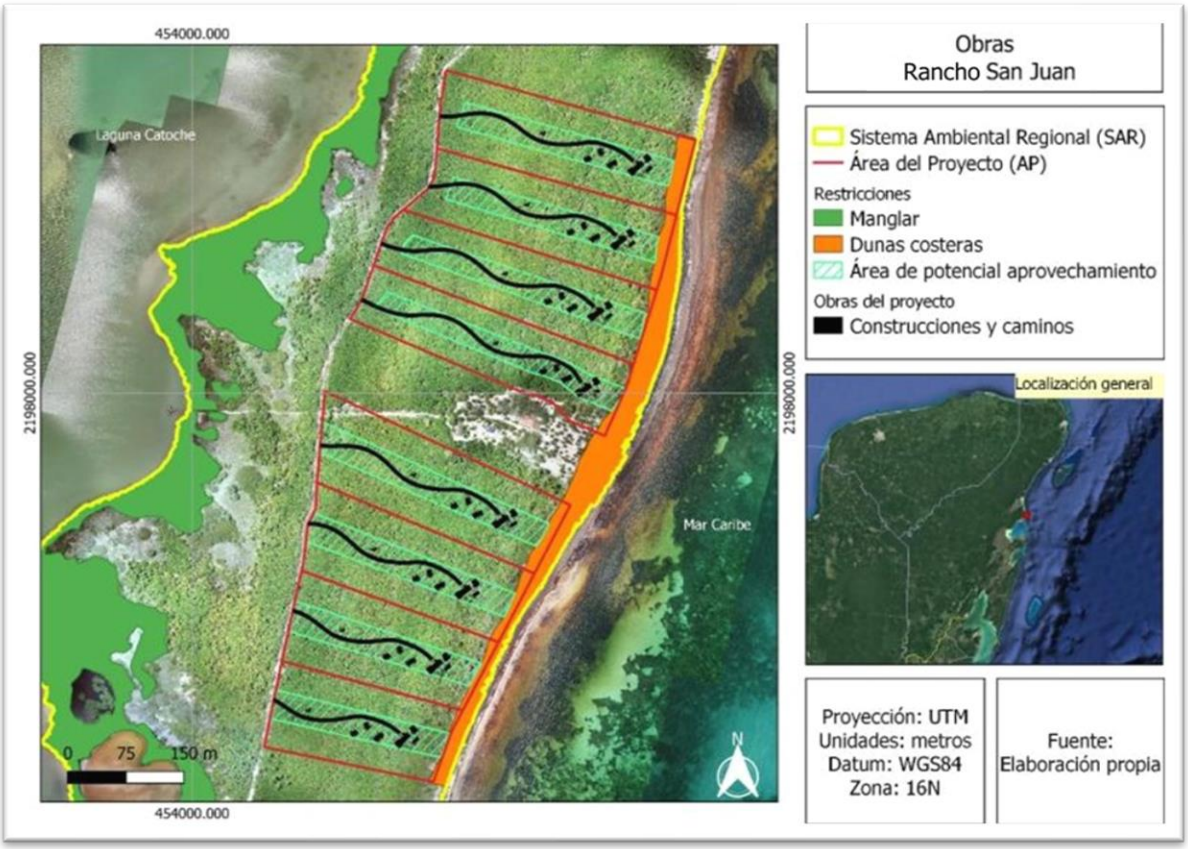
**Tabla II.11 Desglose de superficies del proyecto.**

| Lote (Fracción) | Superficie (m²) | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) (m²) | Superficie de construcción (m²) | Porcentaje Superficie (%) | Porcentaje SPA (%) | Superficie de CUSTF (m²) | Porcentaje Superficie (%) | Porcentaje SPA (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Viviendas unifamiliares** | | | | | | | | |
| 13-A | 24,487.68 | 8,087.80 | 396.93 | 1.62 | 4.91 | 1,843.35 | 7.53 | 22.79 |
| 14-A | 27,853.32 | 9,051.44 | 396.93 | 1.43 | 4.39 | 1,843.35 | 6.62 | 20.37 |
| 15-A | 30,568.81 | 9,932.93 | 396.93 | 1.30 | 4.00 | 1,843.35 | 6.03 | 18.56 |
| 16-A | 34,571.32 | 11,082.43 | 396.93 | 1.15 | 3.58 | 1,843.35 | 5.33 | 16.63 |
| 18-A | 30,225.97 | 9,417.01 | 396.93 | 1.31 | 4.22 | 1,660.52 | 5.49 | 17.63 |

| Lote (Fracción) | Superficie ($m^2$) | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) ($m^2$) | Superficie de construcción ($m^2$) | Porcentaje Superficie (%) | Porcentaje SPA (%) | Superficie de CUSTF ($m^2$) | Porcentaje Superficie (%) | Porcentaje SPA (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19-A | 31,918.32 | 9,771.84 | 396.93 | 1.24 | 4.06 | 1,822.47 | 5.71 | 18.65 |
| 20-A | 30,582.20 | 8,797.99 | 396.93 | 1.30 | 4.51 | 1,843.35 | 6.03 | 20.95 |
| 21-A | 32,903.87 | 9,403.02 | 396.93 | 1.21 | 4.22 | 1,843.35 | 5.60 | 19.60 |
| **Caminos** | | | | | | | | |
| 13-A | 24,487.68 | 8,087.80 | 695.21 | 2.84 | 8.60 | 695.21 | 2.84 | 8.60 |
| 14-A | 27,853.32 | 9,051.44 | 784.50 | 2.82 | 8.67 | 784.50 | 2.82 | 8.67 |
| 15-A | 30,568.81 | 9,932.93 | 877.20 | 2.87 | 8.83 | 877.20 | 2.87 | 8.83 |
| 16-A | 34,571.32 | 11,082.43 | 1,026.20 | 2.97 | 9.26 | 1,026.20 | 2.97 | 9.26 |
| 18-A | 30,225.97 | 9,417.01 | 1,258.70 | 4.16 | 13.37 | 1,258.70 | 4.16 | 13.37 |
| 19-A | 31,918.32 | 9,771.84 | 1,182.90 | 3.71 | 12.11 | 1,182.90 | 3.71 | 12.11 |
| 20-A | 30,582.20 | 8,797.99 | 1,036.70 | 3.39 | 11.78 | 1,036.70 | 3.39 | 11.78 |
| 21-A | 32,903.87 | 9,403.02 | 1,063.60 | 3.23 | 11.31 | 1,063.60 | 3.23 | 11.31 |
| **Total** | **243,111.48** | **75,544.45** | **11,100.45** | **4.57** | **14.69** | **22,468.10** | **9.24** | **29.74** |

II.2.2 Descripción de los componentes del proyecto

Como se mencionó previamente, el proyecto **Rancho San Juan** consiste en la construcción y operación de 8 Viviendas unifamiliares habitacionales, ubicadas en 8 Lotes que conforman el Área del Proyecto, así como de caminos de acceso y áreas de equipamiento e infraestructura, cuya ubicación y distribución se muestra en los siguientes Mapa y Figura:




**Mapa II.7.- Ubicación de las obras propuestas (Casa Tipo).**

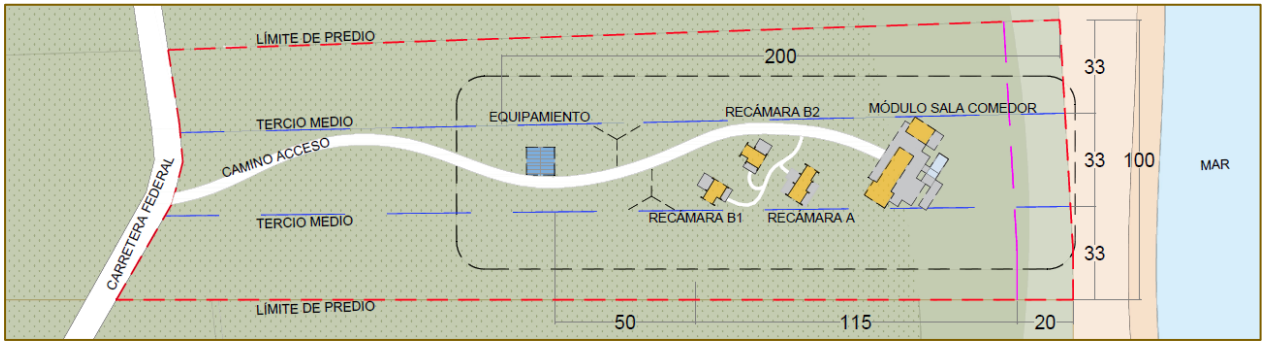



**Figura II.5.- Casa Tipo–Planta de Conjunto.**

A continuación, se describe cada uno de los componentes del proyecto:

## VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Las Viviendas unifamiliares tendrán una superficie total de construcción de **396.93** m² y una altura máxima de 8 m; estarán conformadas por edificaciones que serán compatibles con el medio ambiente gracias al uso de materiales locales, el uso de madera y tonalidades que conviven y dialogan con el entorno. Todas las edificaciones que conforman la Casa Tipo tendrán el mismo lenguaje arquitectónico, consiguiendo así generar un conjunto en cada vivienda unifamiliar, con un total de 4 habitaciones con 1 baño completo cada una y un área de sala y comedor con medio baño.

Cada Casa Tipo se desplantará en un lote de entre 25,000 y 35,000 m², donde el área construida representa menos del 5.5% de la superficie de cada lote. Esto sumado al módulo de infraestructura sustentable con el que contarán (paneles solares y aerogeneradores) ayuda a entender que el proyecto es un desarrollo con un mínimo impacto, que utiliza las energías limpias del sitio y convive con el entorno. Asimismo, su construcción se planeta con materiales locales como acabados de chukum sobre block, madera tropical, y vigueta y bovedilla, siempre considerando el uso de acabados y colores sensibles con el entorno cuya premisa principal es el cuidado del medio ambiente.

### Módulo Sala-Comedor

El Módulo Sala-Comedor es un área para el desarrollo de actividades sociales y recreativas. Esta tipología se eleva 2.8 metros del nivel de piso para conseguir un mejor aprovechamiento de la ventilación natural y para mejorar las vistas hacia la playa (véase Figura II.6), así como para permitir el desarrollo de la flora y el paso de la fauna. Se compone fundamentalmente por una losa de concreto de 6 m x 21 m y otra losa de 6 x 8 m, con plataformas de madera perimetrales, permeables y retráctiles que ayudan a generar espacios de reposo al exterior, que además al plegarse sirven como protección durante huracanes.

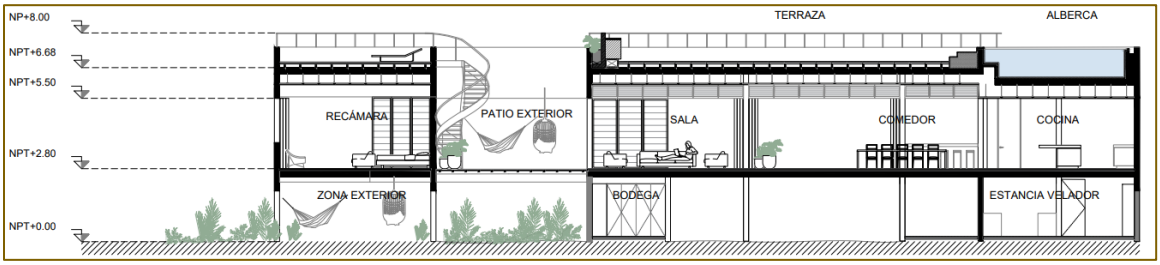



**Figura II.6.- Módulo Sala Comedor–Corte.**

Dentro del programa interior de la planta baja se contempla una sala de 36.29 m², un área de comedor común de 53.11 m², una cocina de 30.59 m², una alacena de 5.49 m², un baño de 10.08 m², escaleras de servicio de 5.44 m², una escalera de caracol de 6.82 m², una recámara de 35.32 m² con un baño completo de 17.45 m² y una escalera de caracol de 3.36 m², lo cual se observa en la siguiente Figura:

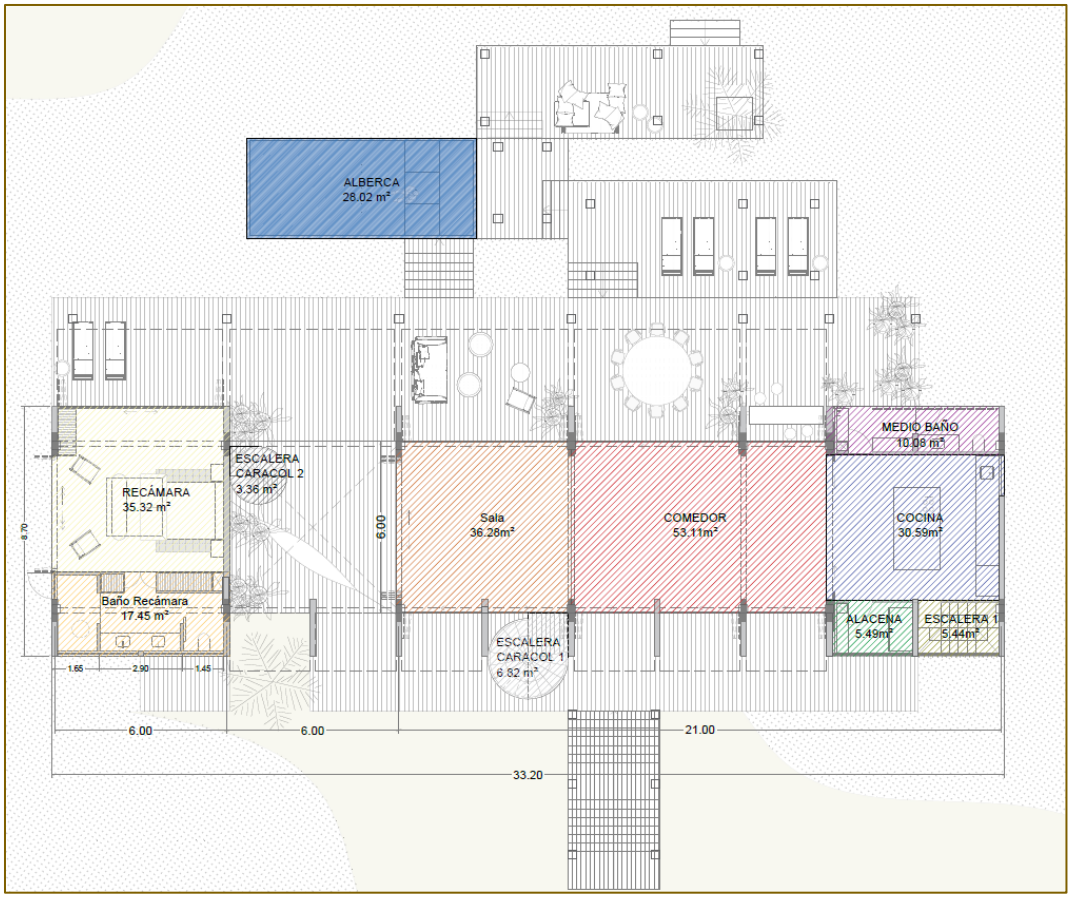



**Figura II.7.- Módulo Sala Comedor–Planta Baja.**

En la azotea (Planta techos) se construirá una alberca de 35.70 m² que se ubicará exactamente arriba de la cocina; sobre la sala y el comedor se genera una zona exterior de 91.50 $m^2$ al igual que sobre la recámara de 37.20 m², siendo que ningún espacio en la azotea estará cubierto por una losa, por lo que estos espacios no suman en los metros cuadrados de construcción. En el espacio sobrante de la terraza se plantea una zona exterior con tumbonas y muebles de exterior al igual que en el techo de la recámara, donde se prevé el uso de sombrillas ligeras y fácilmente desmontables, tal y como se muestra a continuación:

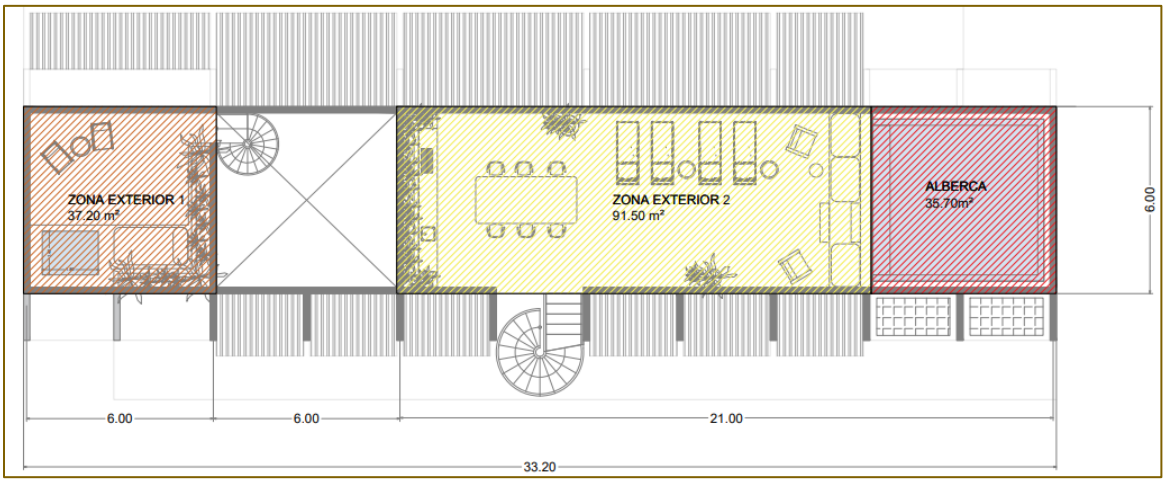



**Figura II.8.- Módulo Sala Comedor–Planta Techos.**

Debajo de las áreas comunes del Módulo Sala-Comedor (Planta sótano) se plantea un área de espacios auxiliares destinados al almacenaje, manejo de residuos sólidos, cuarto de máquinas y para el personal de servicio y vigilancia, que estarán delimitados por materiales locales, ligeros y desmontables de bajo impacto, como bastidores de carpintería, celosías de carrizo o similar. Estos espacios no suman al área de construcción ya que no hay ningún elemento fijo, y se muestran en la siguiente Figura:

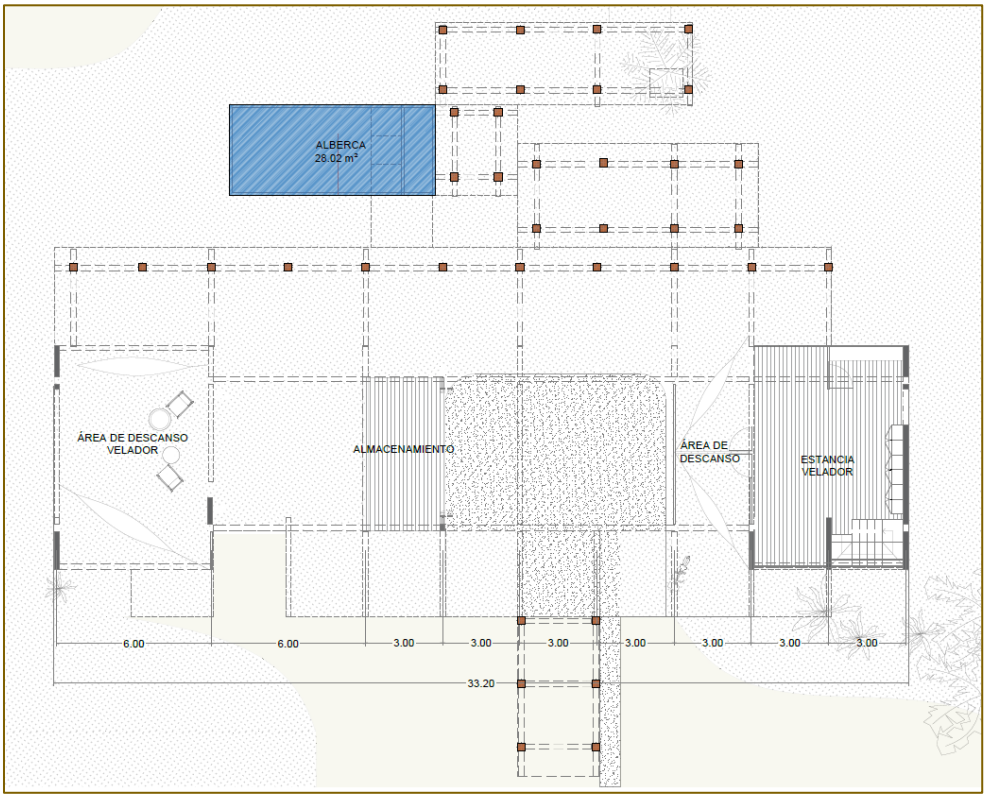



**Figura II.9.- Módulo Sala Comedor–Planta Sótano.**

### Alberca Módulo Sala-Comedor

Se considera una alberca independiente a la construcción del Módulo Sala-Comedor, que estará a 7 metros de distancia de dicho Módulo con una superficie de 28.02 m² (véase Figura II.7), y contará con un cuarto de máquinas debajo de una zona poco profunda de 4 m².

De lo anterior, en la siguiente Tabla se presentan las superficies de todos los elementos que integran el Módulo Sala-Comedor, así como de la Alberca independiente:

**Tabla II.12.- Resumen de áreas Módulo Sala-Comedor.**

| Elementos que lo integran | Superficie (m²) |
|---|---|
| **Sótano** | |
| Polines decks | 3.33 |
| Pilotes | 1.24 |
| Muros | 2.89 |
| Alberca | 28.02 |
| **Subtotal** | **35.48** |
| **Planta Baja** | |
| Recámara | 35.32 |
| Baño recámara | 17.45 |
| Sala | 36.29 |
| Comedor | 53.11 |
| Cocina | 30.59 |
| Medio baño | 10.08 |
| Alacena | 5.49 |
| Escalera de servicio | 5.44 |
| Escalera Caracol 1 | 6.82 |
| Escalera Caracol 2 | 3.36 |
| **Subtotal** | **203.93** |
| **Total** | **239.40** |

### Recámara tipo A

Esta tipología se compone de una recámara de 26.22 m², una sala de 17.84 m², un baño completo de 13.79 m², y unas escaleras de caracol de 2.86 m², que estará soportada sobre 8 columnas y el espacio se eleva 1.5 m del nivel de piso para generar una separación con la flora y fauna cercana. En los laterales de la recámara y de la sala se plantean plataformas de madera,

permeables y retráctiles que ayudan a generar espacios de reposo al exterior, y al plegarse sirven como protección durante huracanes, como se observa en la siguiente Figura:

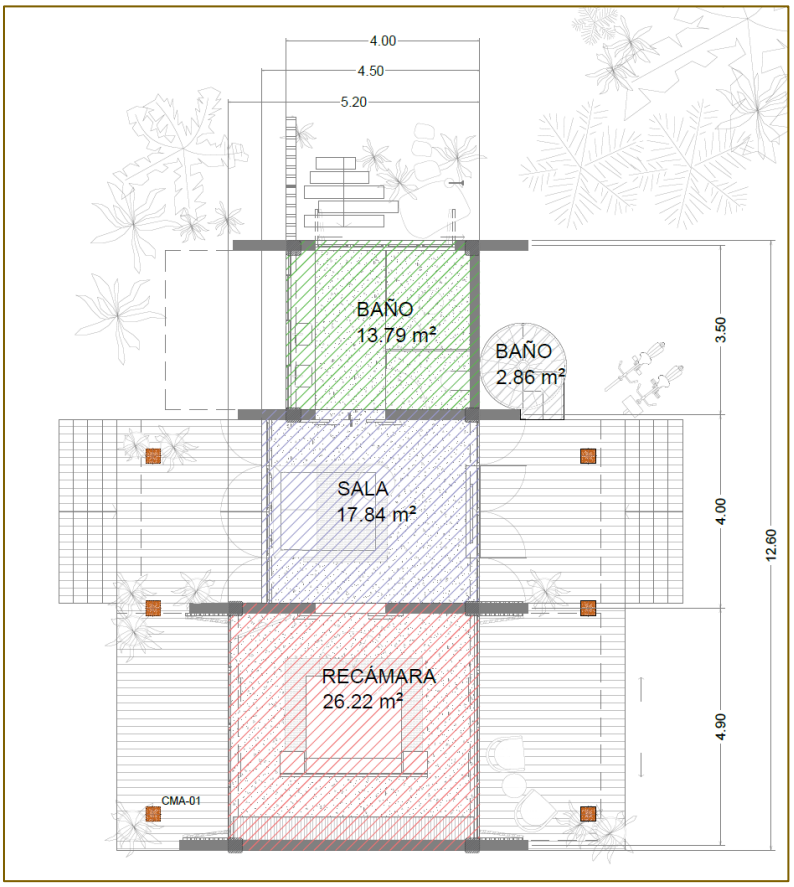



**Figura II.10.- Recámara tipo A–Planta Baja.**

En la azotea (Planta techos) se construirá una pileta de 4.79 m², una zona exterior de 23.88 $m^2$ y una zona para equipos de 22.54 $m^2$ para ubicar equipos tales como un calentador solar de agua. Se prevé el uso de una estructura ligera en la azotea para colocar una sombrilla retráctil y desmontable, sin sobrepasar la altura límite de 8 m, como se aprecia en la siguiente Figura:

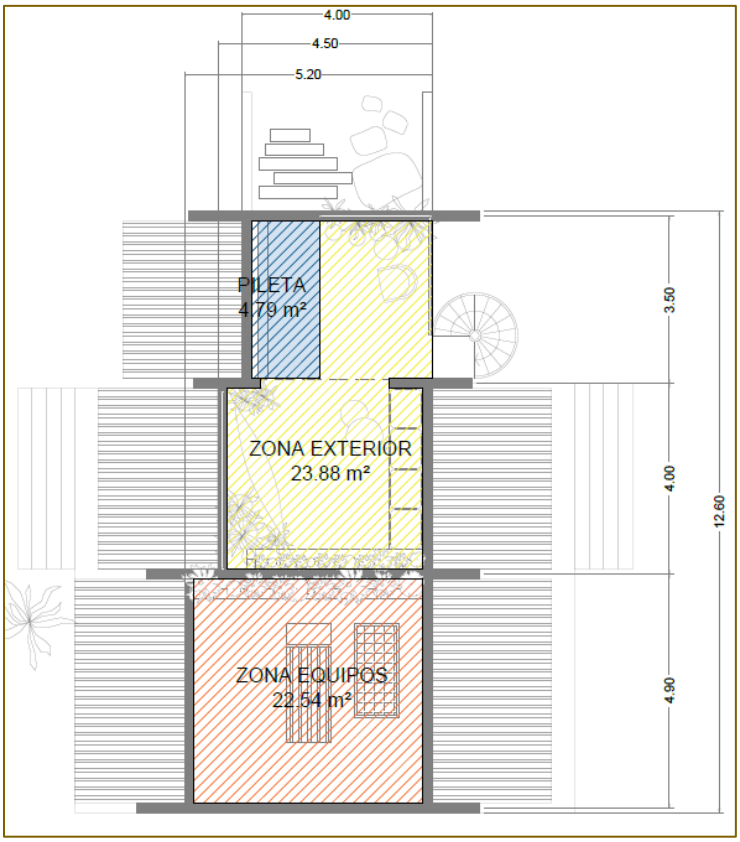



**Figura II.11.- Recámara tipo A–Planta techos.**

De lo anterior, en la siguiente Tabla se presentan las superficies de todos los elementos que integran la Recámara Tipo A:

**Tabla II.13.- Resumen de áreas Recámara tipo A.**

| Elementos que lo integran | Superficie (m²) |
|---|---|
| **Planta Baja** | |
| Polines decks | 0.54 |
| Pilotes | 0.71 |
| Recámara | 26.22 |
| Sala | 17.84 |
| Baño | 13.79 |
| Escalera caracol | 2.86 |
| **Total** | **61.96** |

- **Recámara tipo B–2 Unidades (B1-B2):**

Esta tipología consiste en una habitación tipo, que se replica 2 veces en cada Casa Tipo, generando un total de 2 Recámaras tipo B (B1-B2). El edificio se compone de una recámara de

26.16 m², un baño completo de 11.82 m² y una escalera de caracol de 2.84 m², soportado sobre 6 columnas y el espacio se eleva 1.5 m del nivel de piso para generar una separación con la flora y fauna cercana. Al igual que en la tipología de la Recámara A, en los laterales de la recámara se plantean plataformas de madera, permeables y retráctiles que ayudan a generar espacios de reposo al exterior, y al plegarse sirven como protección durante huracanes, como se observa en la siguiente Figura:

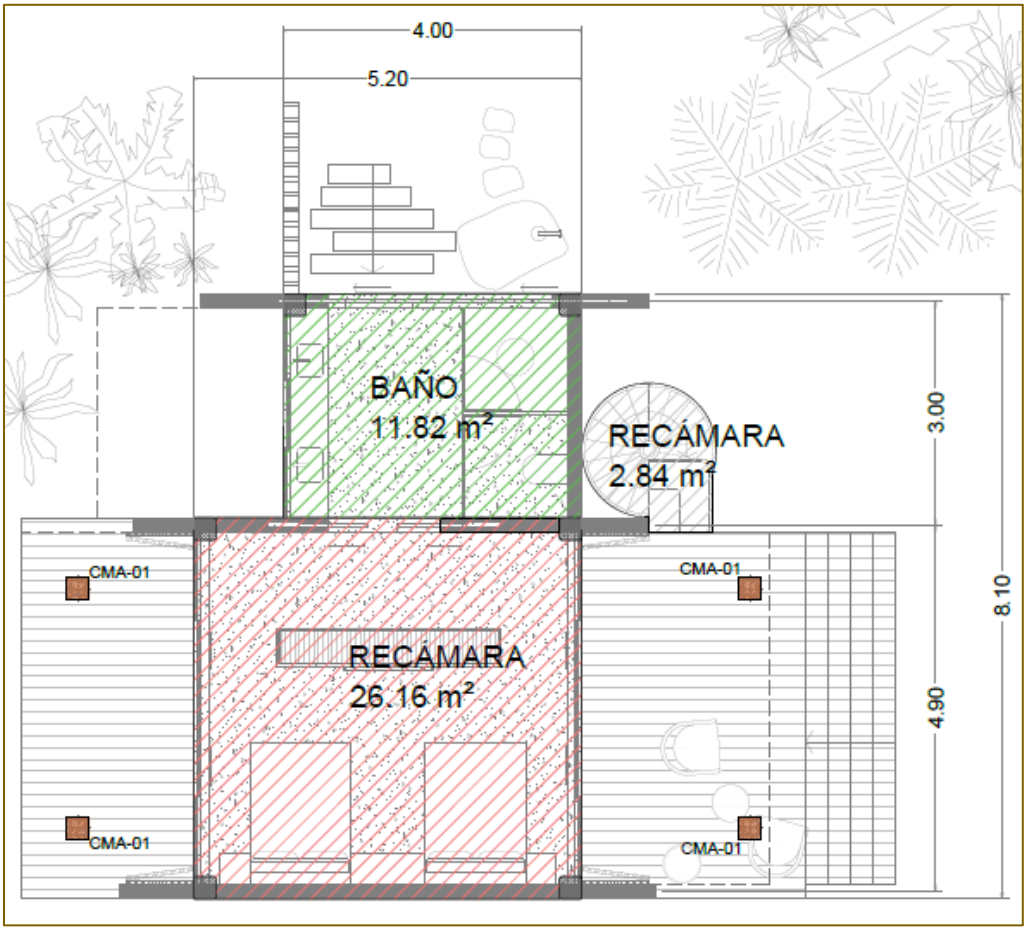



**Figura II.12.- Recámara tipo B–Planta Baja.**

En la azotea (Planta techos) se construirá una pileta de 4.06 m², una zona exterior de 6.58 m² y una zona para equipos de 22.56 m² para ubicar equipos tales como un calentador solar de agua. Se prevé el uso de una estructura ligera en la azotea para colocar una sombrilla retráctil y desmontable, sin sobrepasar la altura límite de 8 metros, como se muestra en la siguiente Figura:

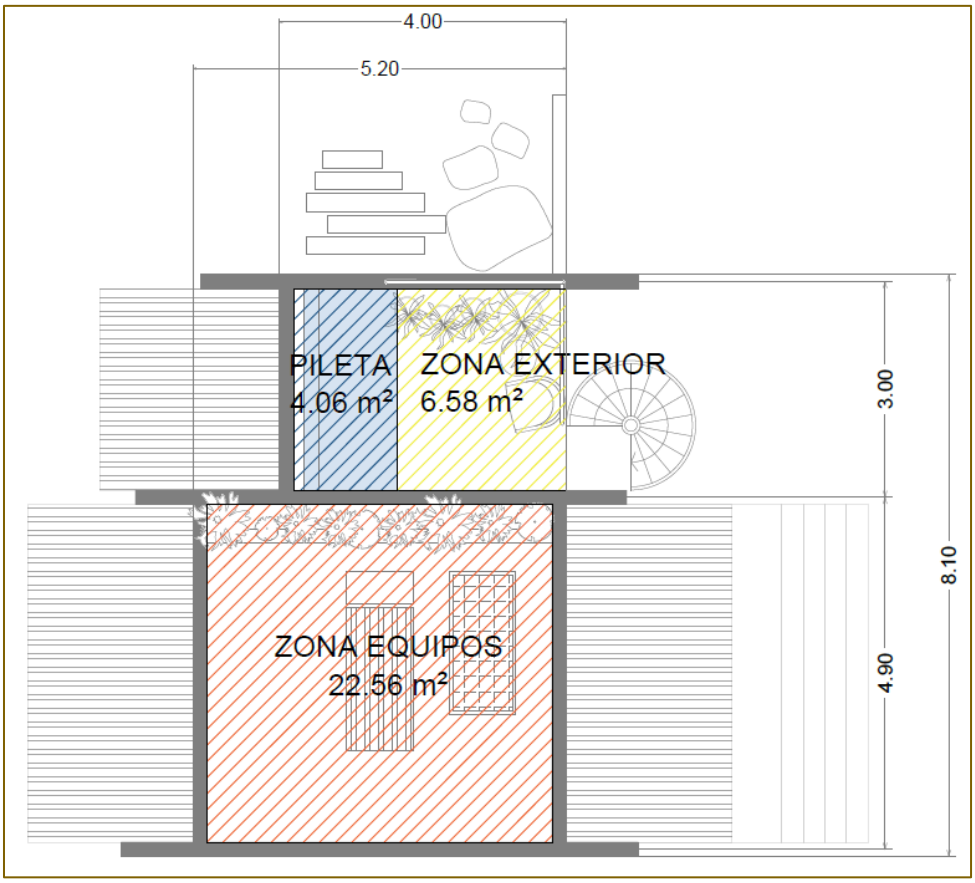



**Figura II.13.- Recámara tipo B–Planta techos.**

En la siguiente Tabla se presentan las superficies de construcción de la Recámara tipo B:

**Tabla II.14 Resumen de áreas Recámara tipo B.**

| Elementos que lo integran | Superficie (m²) |
|---|---|
| **Planta Baja** | |
| Polines decks | 0.36 |
| Pilotes | 0.53 |
| Recámara | 26.16 |
| Baño | 11.82 |
| Escalera caracol | 2.84 |
| **Total** | **41.72** |

## EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA

El Área del Proyecto se ubica en una zona no urbanizada, por tal razón cada Casa Tipo contará con un Módulo de Equipamiento e infraestructura que se encargará de proveer a cada Casa con los servicios necesarios y permitirá que sea autosuficiente. Estos módulos se componen de un

área de 100 m² para paneles solares elevados por una estructura ligera soportada por 9 postes a cada 4.9 m; debajo de dichos paneles se ubicarán 2 depósitos de agua Rotoplas con una capacidad de 5,000 l c/u, un generador diésel, un cuarto de baterías y un cuarto de máquinas, y a un lado de los paneles solares se ubicarán también dos aerogeneradores, como se muestra en la siguiente Figura:

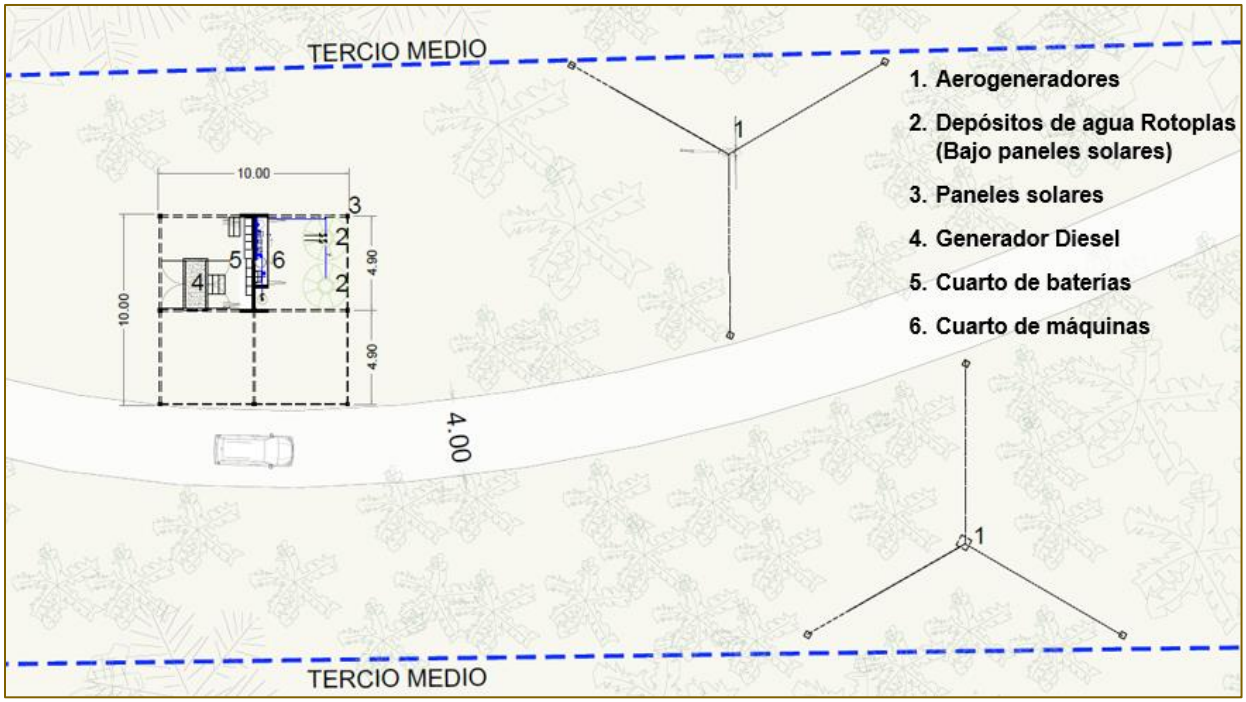



**Figura II.14.- Módulo de Equipamiento e infraestructura–Planta Esquemática.**

Los aerogeneradores estarán montados sobre una base de 60 x 60 cm (0.36 m²), con cables tensores fijos a 3 bases de concreto ubicadas a 8.87 m de distancia del aerogenerador, cada base ocupará un área de 40 x 40 cm (0.16 m²) y se colocarán a 120° uno de otro. El aerogenerador suma un área de construcción de 0.84 m² dando un área total de construcción de los dos aerogeneradores de 1.68 m², y estarán a 23 metros de altura para el mejor aprovechamiento del viento. No es necesario considerar un área de desmonte adicional al área construida para su instalación o funcionamiento.

Para mayor detalle véase el plano “A-14” Proyecto arquitectónico módulo de equipamiento, así como los planos “ER” Energías Renovables, incluidos en el Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas.

En la siguiente Tabla se muestran las superficies de construcción del Módulo de Equipamiento:

**Tabla II.15.- Resumen de áreas Módulo de Equipamiento.**

| Elementos que lo integran | Superficie (m²) |
|---|---|
| Columnas panel solar | 0.36 |
| Base aerogeneradores | 0.72 |
| Base tensores aerogeneradores | 0.96 |
| Muros | 1.20 |
| Cuarto de baterías | 3.14 |
| Generador diésel | 3.27 |
| Cuarto de máquinas | 2.47 |
| **Total** | **12.12** |

A continuación, se describen con mayor detalle los servicios e infraestructura propuestos:

- **Energía Eléctrica:**

El proyecto tiene como uno de sus objetivos, satisfacer las necesidades y demandas de energía eléctrica y uso eficiente de la misma, a través de la transformación de recursos renovables (energía solar y eólica), ya que en el sitio de pretendida ubicación no hay servicio de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por lo que, durante la etapa de operación, la generación de energía se llevará a cabo con la transformación de energía solar y eólica a eléctrica en corriente alterna, a través de paneles solares y aerogeneradores de baja potencia, con los cuales se suministrará alrededor de 74.59 kWh/día en paneles solares y 80 kWh/día en energía eólica, para un total de 154.59 kWh/día, además de contar con baterías de litio para almacenamiento de energía con capacidad de 192 kW/día al 100% descarga. Asimismo, se instalará un generador diésel de 68 kW de potencia en caso de emergencia.

En la siguiente Tabla se muestran las especificaciones de los equipos a utilizar, así como la producción y capacidad de cada equipo:

**Tabla II.16.- Equipos eléctricos módulo equipamiento:**

| EQUIPOS DE SISTEMA AISLADO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nombre | Modelo | No. de equipos | Potencia KW total | Descripción |
| **Inversor Victron 48Vcc** | Quattro 10kW | 4 | 40 kW | Transforma energía procedente de las baterías, en corriente alterna que utilizan los electrodomésticos para funcionar. |
| **Controlador de carga Victron** | 450V & 200A | 2 | 17 kW | Controla constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil. |
| **Panel solar** | Jinko 555W | 32 | 17.7 kW | Convierte la energía solar en energía eléctrica. |

| EQUIPOS DE SISTEMA AISLADO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nombre** | **Modelo** | **No. de equipos** | **Potencia KW total** | **Descripción** |
| **Turbina eólica Bornay** | Wind25+ | 2 | 10 kW (12m/s) | Utiliza la fuerza del viento para transformarla en energía mecánica y después, esta energía mecánica se convierte en energía. |
| **Regulador eólico** | Wind25+ | 2 | 10 kW (12m/s) | Rectifica, controla y filtra la energía producida por el aerogenerador entregando energía apta para la carga, optimizando y generando el máximo de energía. |
| **Generador diésel MeccAlte** | 4BTA.9-G2(S0) | 1 | 68 kW | Es una máquina que tiene por misión la generación de energía eléctrica. |
| **Baterías de litio Pylontech** | US5000 | 40 | 192 Kw | Este equipo tiene la capacidad de almacenar energía eléctrica. |

Para mayor detalle de la instalación eléctrica, véase la memoria de cálculo anexa (energías renovables), así como el plano arquitectónico del Módulo de equipamiento referido con la clave “A-14” Plano Equipamiento, al igual que los planos de instalaciones de energías renovables, referidos con la clave “ER” Energía renovable y las fichas técnicas anexas, incluidos en el Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas.

Finalmente, es importante señalar que, todas las luminarias, equipos y accesorios que se utilicen en el proyecto, serán ahorradores de energía.

- **Agua Potable:**

La propuesta de las instalaciones hidráulicas tiene como objetivos principales satisfacer las necesidades de agua potable de los usuarios del proyecto y optimizar el uso de este vital líquido. El suministro de agua potable se realizará a través de un pozo de aprovechamiento localizado en sitio, siendo que cada una de las Viviendas unifamiliares contará con su propio pozo de 1.5 m de circunferencia**.**

La acometida de suministro de agua potable se realizará mediante tubo de PVC hidráulico CD.40, de 32 mm (1-1/4") de diámetro que proviene de un pozo de aprovechamiento, y que es controlada por una válvula flotadora, para posteriormente ser tratada con un sistema de suavización de agua y ser enviada a dos cisternas de almacenamiento de agua suave de 5 $m^3$ cada una; partiendo de la cisterna de agua tratada, se considera un equipo hidroneumático que tendrá la función de enviar el agua potable por un sistema de presión hacia cada uno de los muebles y áreas donde así se requiera, como se muestra en la siguiente Figura:

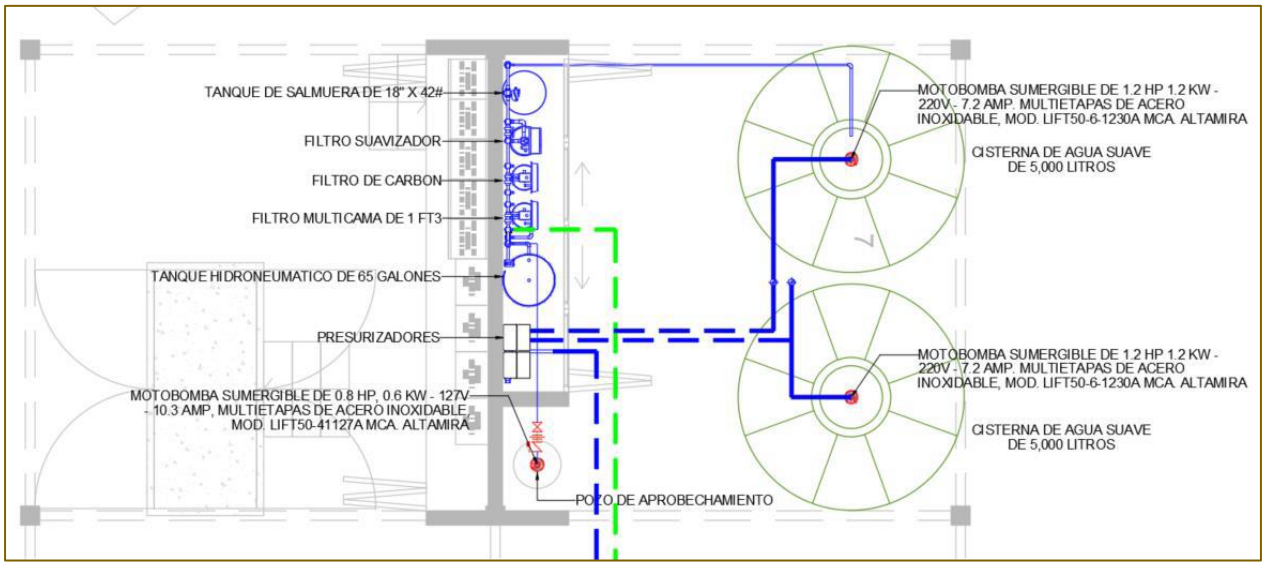



**Figura II.15.- Instalación hidráulica.**

Las cisternas serán tipo Rotoplas, de polietileno (PEAD), y deberán lavarse y desinfectarse cada seis meses o antes si se detecta visualmente que está en condiciones desfavorables de higiene. Asimismo, el agua que llegue a las cisternas deberá ser estudiada periódicamente por un laboratorio para comparar la calidad antes y después de llegada, con la finalidad de revisar si se ha contaminado por filtración externa.



**Figura II.16.- Cisterna tipo Rotoplas de 5 $m^3$.**

El consumo de agua de cada Casa Tipo dependerá del número de habitantes dentro de cada habitación, siendo que en promedio se plantea 2 habitantes por habitación, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.17.- Consumo de agua potable por Casa Tipo.**

| Tipo de instalación | No. de personas | Dotación (l/hab/día) | Total (l/día) |
|---|---|---|---|
| Recámara B1 | 2 | 230 | 460 |
| Recámara B2 | 2 | 230 | 460 |
| Recámara A | 2 | 230 | 460 |
| Módulo Sala Comedor (Recámara) | 2 | 230 | 460 |
| | | **Demanda total** | **1,840** |

Por otro lado, para el caso de las Albercas, y tal como se indica en la memoria de cálculo anexa, para el llenado de las dos albercas se ocupará un volumen de agua total de 45.79 $m^3$ (véase Tabla II.18), equivalente a 45,790 litros. Asimismo, para las 3 piletas de las recámaras se estima un volumen total de agua de 12.91 $m^3$. Estos volúmenes de agua serán suministrados por el pozo de aprovechamiento de la red de agua dura no tratada para su primer llenado. Posteriormente será tratada a través de un sistema de filtración que permita tener el agua siempre limpia y libre de organismos dañinos para la salud, el personal de mantenimiento deberá llevar un control de la calidad del agua para conservar este volumen de agua en buenas condiciones y a su vez reutilizarlo siempre.

**Tabla II.18.- Volumen de agua para las Albercas.**

| Alberca | Superficie ($m^2$) | Volumen de agua ($m^3$) |
|---|---|---|
| Alberca azotea | 35.70 | 26.67 |
| Alberca independiente | 28.02 | 19.12 |
| **Total** | | **45.79** |

Para mayor detalle de la instalación hidráulica, véase los planos referentes al proyecto de instalaciones hidráulicas con clave en pie de plano “IH” – Instalación Hidráulica, los cuales se complementan con la memoria de cálculo anexa y las fichas técnicas, incluidos en el Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas.

Finalmente, es importante señalar que, todos los equipos y accesorios que se utilicen en el proyecto, serán ahorradores de agua.

- **Drenaje sanitario**

La propuesta de instalaciones sanitarias tiene como objetivo, proporcionar un sistema eficiente para la recolección de las aguas negras para enviarlas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales tipo biodigestor.

La red sanitaria estará dividida por aguas negras y aguas grises, en la primera etapa se contará con un biodigestor que filtrará las aguas negras, y en la segunda etapa se contará con un segundo biodigestor de aguas grises, el cual a su vez contará con una trampa de grasas, y posteriormente será enviada a un pozo de absorción (véase Figura II.17), si bien se plantea que el agua tratada puede ser reutilizada en el riego de las áreas verdes, en caso de ser necesario. Se considera el uso de biodigestores marca Rotoplas, Modelo Autolimpiable, que es una instalación superficial y desmontable y se instala dentro del área de desmonte de cada espacio de las Viviendas unifamiliares.

En este tipo de biodigestor, el agua pasa por diferentes etapas en donde se encuentra con distintos filtros contenidos en tanques. En la primera parte, se extraen los sólidos más grandes para después continuar por las siguientes etapas en las que se remueven incluso los sólidos y las grasas más pequeñas hasta terminar con una desinfección para eliminar microorganismos. La finalidad de este tipo de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales es remover los contaminantes físicos y biológicos del agua y con ello, se mejora la calidad de este recurso para que pueda ser reutilizado.

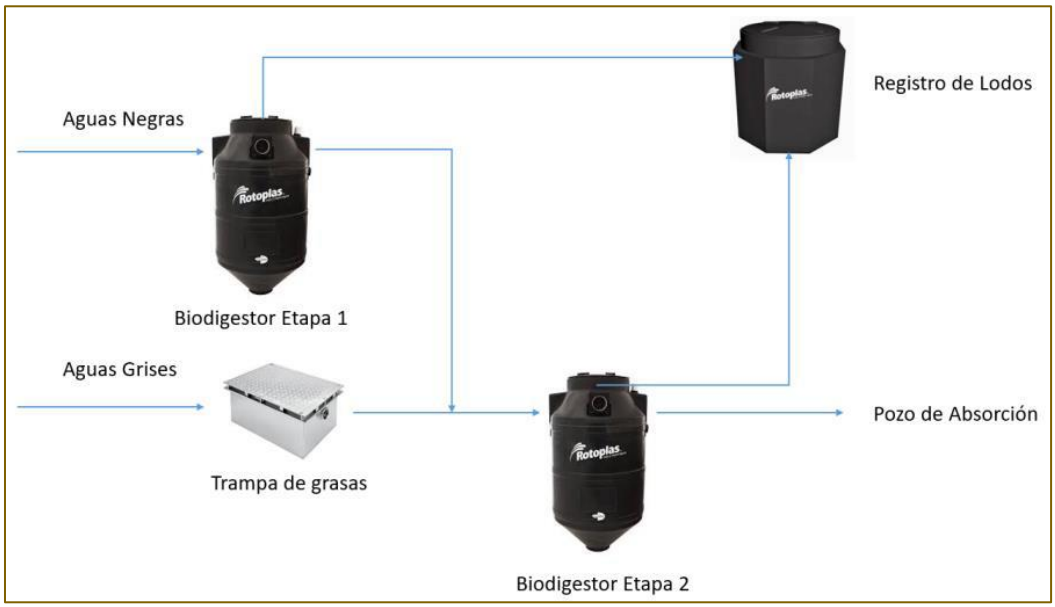



**Figura II.17.- Esquema de tratamiento de aguas negras.**

- **Drenaje pluvial**

La red de aguas pluviales de las Viviendas unifamiliares (Recámaras y Módulo Sala-Comedor) consiste en la captación de las aguas provenientes de la lluvia y trasladar su curso natural hacia los pozos de absorción que se ocuparán en la red de aguas tratadas para después llevarla al manto freático.

Para el cálculo del diámetro de las bajadas de aguas pluviales, se consideró el área de aporte de azotea para cada bajante, y se consideró una precipitación pluvial de diseño con una intensidad correspondiente a una lluvia de 200 mm/hr.

Cada edificación dentro de la Casa Tipo tendrá un pozo de absorción independiente, los cuales deberán contar en la parte superior con una boca de tormenta y una caja arenera. Los pozos serán de 150mmØ de ademe (6”).

Para que el pozo de absorción funcione de manera adecuada, se debe seguir un minucioso procedimiento de diseño, en el que se considere, entre otros factores, un análisis de factibilidad, estudio geológico, recopilación de antecedentes, adecuada selección de materiales, así como el dimensionamiento de todos los elementos (perforación, ademe, contrademe, filtro, tanque de tormentas).

El diseño de un pozo de absorción depende del tamaño y forma del área disponible, las propiedades de infiltración y de la topografía del terreno. El primer paso para diseñar un pozo de absorción es realizar un análisis cualitativo de las propiedades que indican la capacidad absorbente del suelo (NOM-006-CNA-1997), estas propiedades son: textura, color, espesor de los estratos permeables, y capacidad de infiltración. Es altamente recomendable realizar pruebas de infiltración, ya que estas permitirán obtener un valor preliminar de la capacidad de absorción del terreno.

Para mayor detalle, véase los planos referentes al proyecto de instalaciones pluviales con la clave en pie de plano “IPL” – Instalación Pluvial, los cuales se complementan con la memoria de cálculo anexa, y las fichas técnicas, incluidos en el Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas.

**RED DE CAMINOS**

Para acceder a cada Casa Tipo se propone un acceso principal desde la Carretera Federal hasta llegar al último espacio ubicado frente al parteaguas de cada lote. El camino será de 4 metros de ancho desarrollado de forma sinuosa, con la finalidad de generar un recorrido por la naturaleza del sitio y evitando a toda costa remover la vegetación alta o las zonas con mayor densidad. Se hará de terracería aplanada generando el menor impacto en la vegetación. La siguiente Figura muestra el trazó del camino que cada Casa necesitará desde la Carretera Federal:

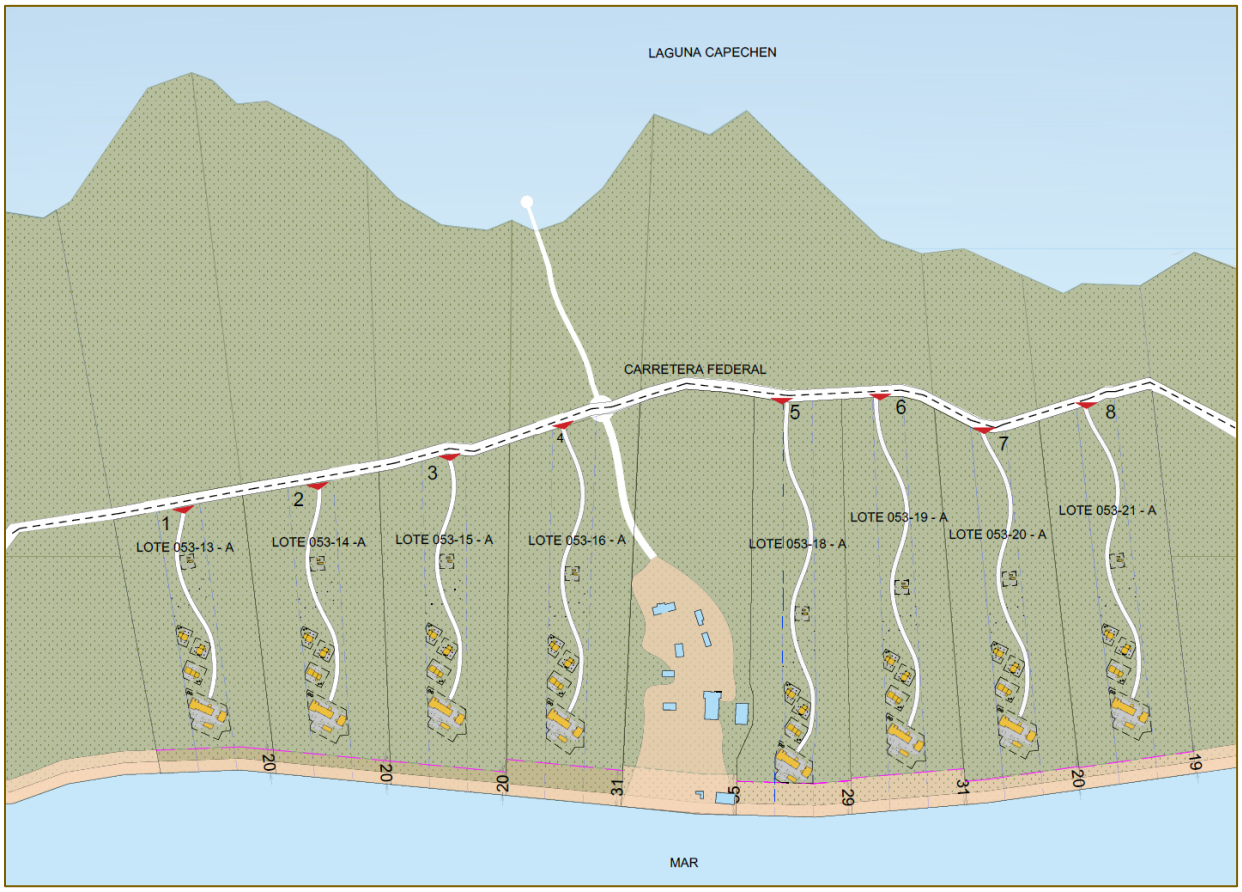



**Figura II.18.- Red de caminos Casa Tipo–Planta de Conjunto.**

A continuación, se presenta las dimensiones que tendrá cada uno de los caminos:

**Tabla II.19.- Dimensiones de la red de caminos.**

| Lote | Longitud (m) | Ancho (m) | Superficie del camino (m²) |
|---|---|---|---|
| 13-A | 173.80 | 4.00 | 695.21 |
| 14-A | 196.13 | 4.00 | 784.50 |
| 15-A | 219.30 | 4.00 | 877.20 |
| 16-A | 256.55 | 4.00 | 1,026.20 |
| 18-A | 314.68 | 4.00 | 1,258.70 |
| 19-A | 295.73 | 4.00 | 1,182.90 |
| 20-A | 259.18 | 4.00 | 1,036.70 |
| 21-A | 265.90 | 4.00 | 1,063.60 |
| **Superficie total** | | | **7,925.01** |

### II.2.3 Programa de trabajo

El cronograma general de trabajo abarcará **24 meses para la etapa de preparación del sitio y construcción de cada Casa Tipo del proyecto**, considerando que los tiempos de cada concepto pueden llegar a variar según las condiciones de flora y fauna de cada Lote. Asimismo, cabe señalar que las Viviendas unifamiliares no se construirán de forma simultánea, ya que dicha construcción responde a un programa de ventas y obtención de recursos, por lo que **se plantea un plazo total de 20 años para la preparación del sitio y construcción de todas las Viviendas unifamiliares**. En las Tablas II.20 y II.21 se muestra el programa de trabajo estimado para la construcción de una Casa Tipo, y para las 8 Viviendas unifamiliares, respectivamente.

En cuanto a la etapa de operación y mantenimiento, se considera un período de 50 años, el cual en un momento determinado se traslapará con las etapas de preparación del sitio y construcción, conforme se vaya construyendo cada Casa e inicie su etapa de operación, de acuerdo con los programas de trabajo mencionados en el párrafo anterior. Las actividades contempladas durante la operación se muestran en la Tabla II.21.

Por otro lado, y de ser el caso que se requiera de la etapa de cierre y abandono, se contemplan 3 meses, lo cual se haría del conocimiento de la autoridad en tiempo y forma.

**Tabla II.20.- Cronograma de trabajo por Casa Tipo.**

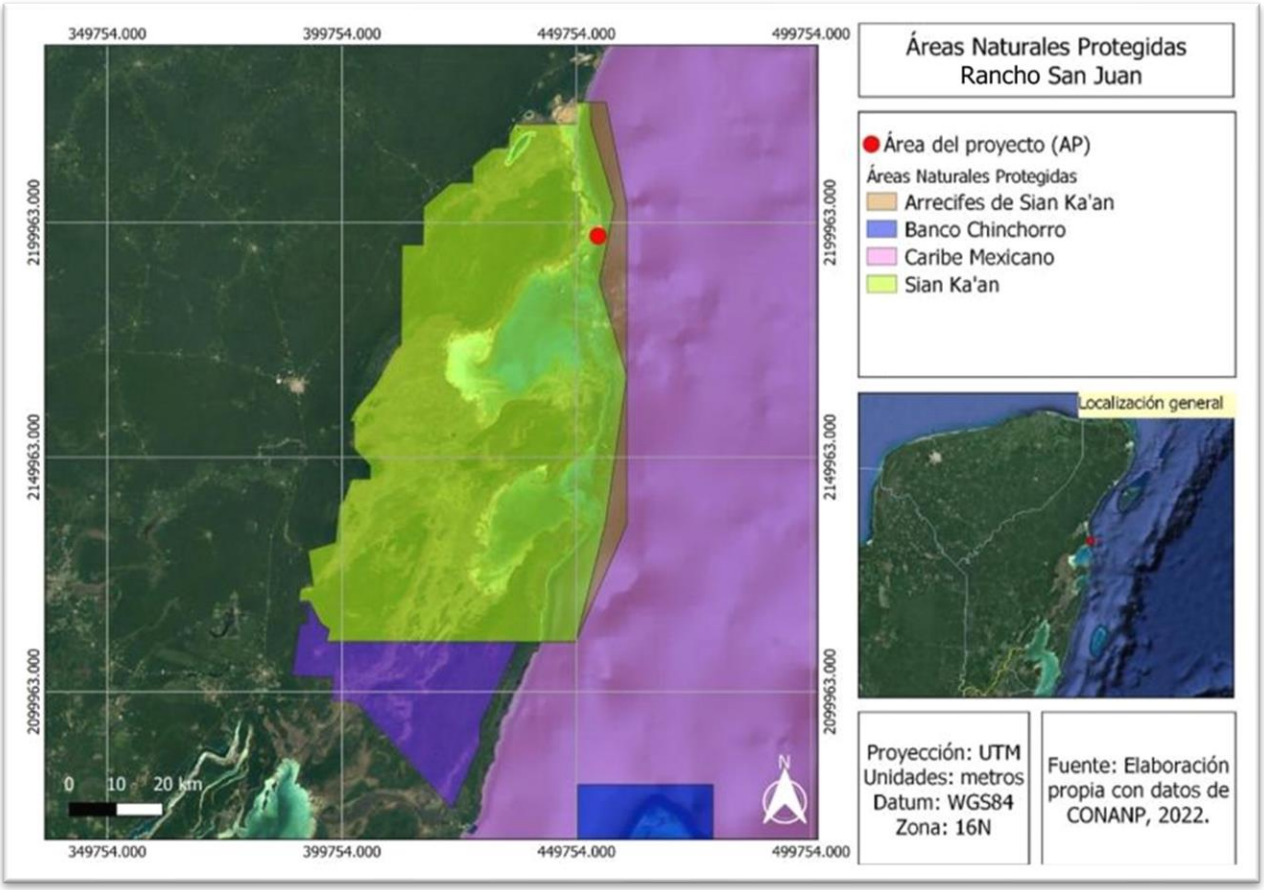
| Etapa/Actividades | Meses | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| **Preliminares** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto ejecutivo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio de mecánica de suelos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio geohidrológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Preparación del sitio** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trazo y delimitación de superficies de CUSF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de vivero temporal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate y reubicación de flora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate y reubicación de fauna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desmonte y despalme de superficies de CUSF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Almacenamiento y trituración de residuos vegetales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clasificación y reutilización de material de despalme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Construcción** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nivelación y compactación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Excavación y cimentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción de edificaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalaciones y servicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acabados e instalación de accesorios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cancelería y carpintería | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de accesorios y servicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabla II.21.- Cronograma de trabajo para las 8 Viviendas unifamiliares.**

| Etapa/Actividad | Años | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | … |
| **Preparación del sitio y construcción** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ventas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción Casa 1 y 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ventas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción Casa 3 y 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ventas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción Casa 5 y 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ventas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción Casa 7 y 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Operación y mantenimiento** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mantenimiento de la infraestructura de cada Casa | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mantenimiento de las áreas verdes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Programa de mantenimiento del sistema hidráulico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Programa de mantenimiento de la infraestructura eléctrica | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Programa de Manejo Integral de Residuos | | | | | | | | | | | | | | | | |

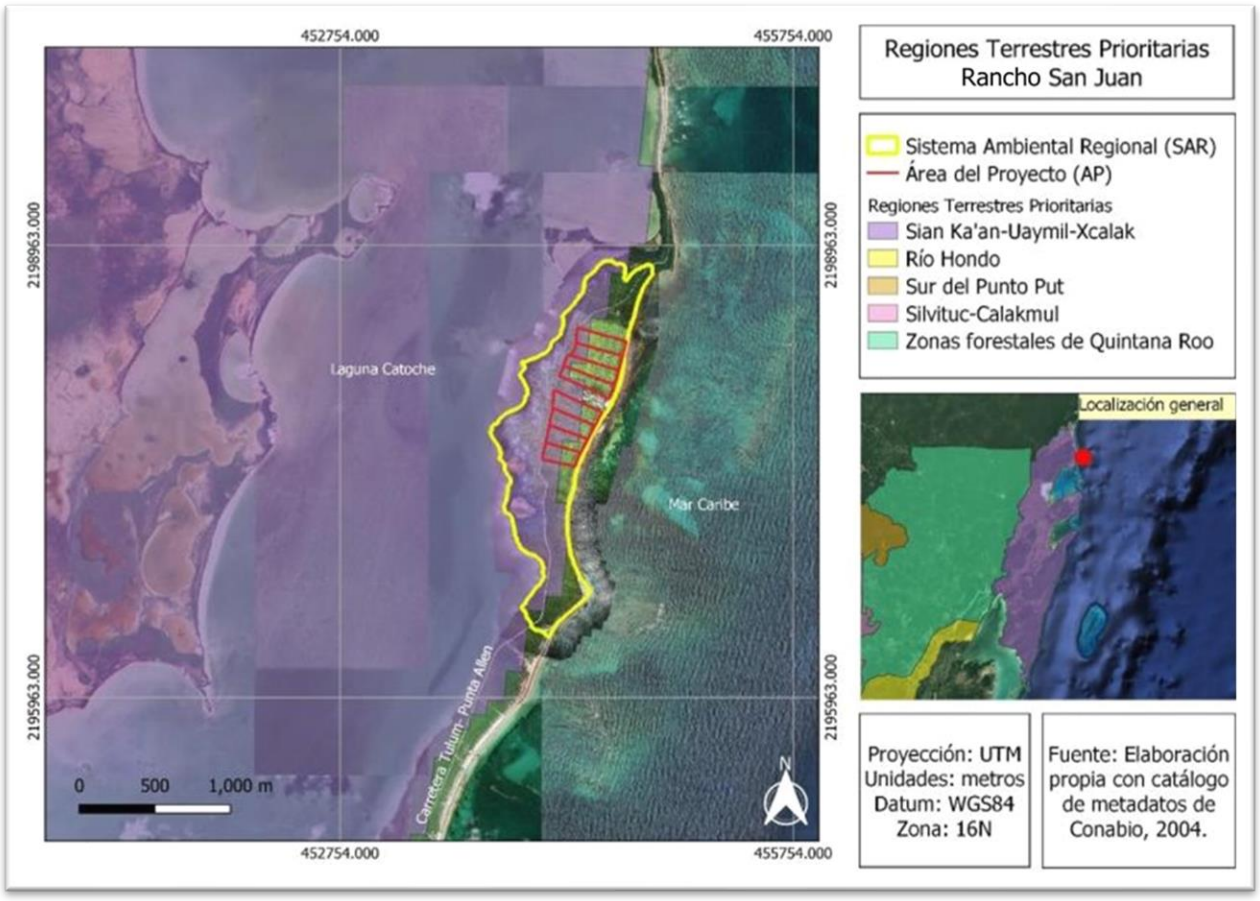
II.2.4 Representación gráfica regional

A nivel regional, el Área del Proyecto se ubica en el ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an como se mencionó previamente (véase Mapa II.8), cuya descripción y análisis de vinculación se presentan en los Capítulos IV y III de este DTU respectivamente; asimismo, el área incide en la Región Terrestre Prioritaria (RTP) 147. Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak, en la Región Marina Prioritaria (RMP) 65. Sian Ka'an, en la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 108. Sian Ka'an, así como en el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) 179. Sian Ka'an, cuyos polígonos coinciden en gran parte con el de la citada ANP.



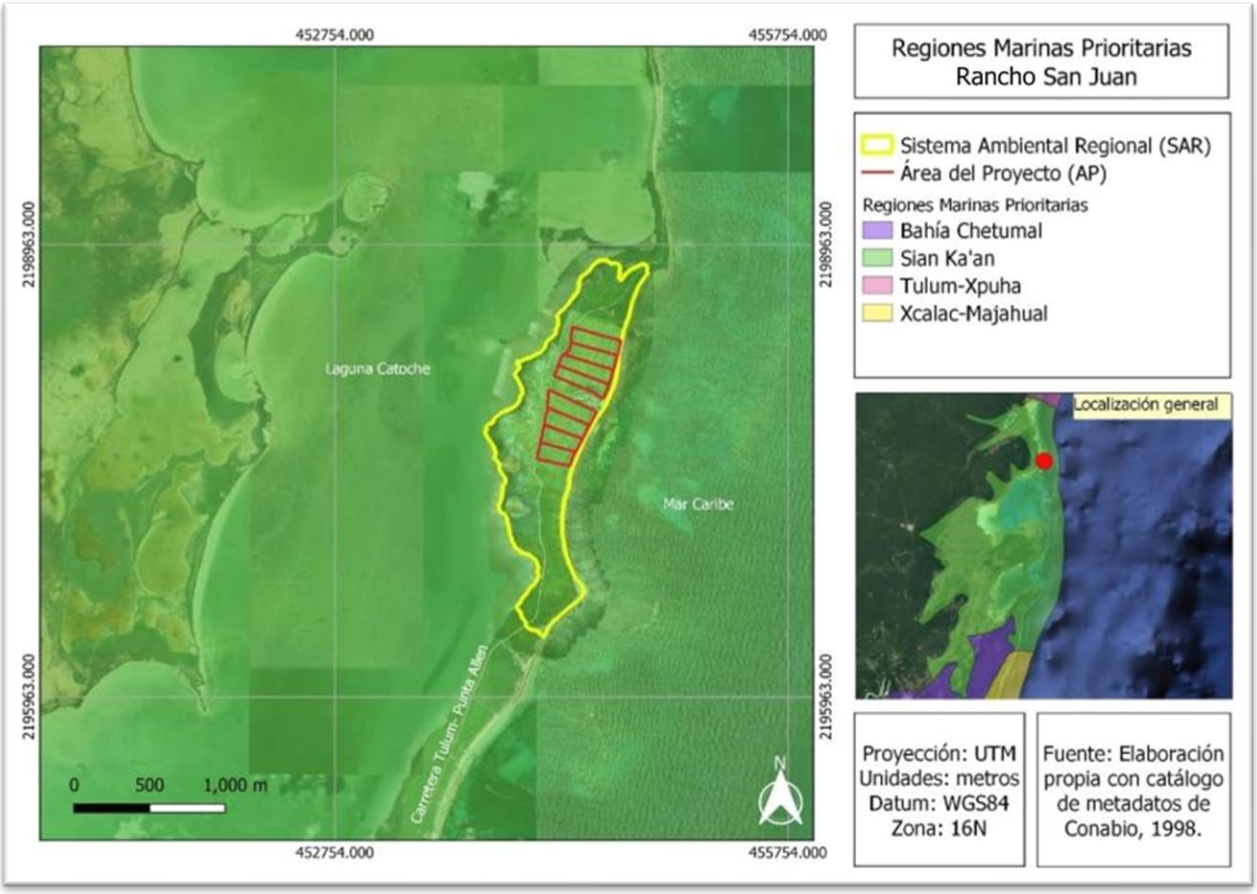

**Mapa II.8.- Ubicación del Área del Proyecto en el ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.**

La RTP 147. Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak se caracteriza por la riqueza de ecosistemas con un grado alto de conservación. Comprende las ANP de Sian Ka'an y Uaymil, la península meridional de Quintana Roo (región Majahual-Xcalak) que bordea la bahía de Chetumal (véase Mapa II.9). La principal problemática ambiental de esta RTP es el crecimiento desordenado de poblaciones humanas debido a la promoción por parte del sector turístico en la zona costera.




**Mapa II.9.- Ubicación del Área del Proyecto en la RTP Sian Ka'an.**

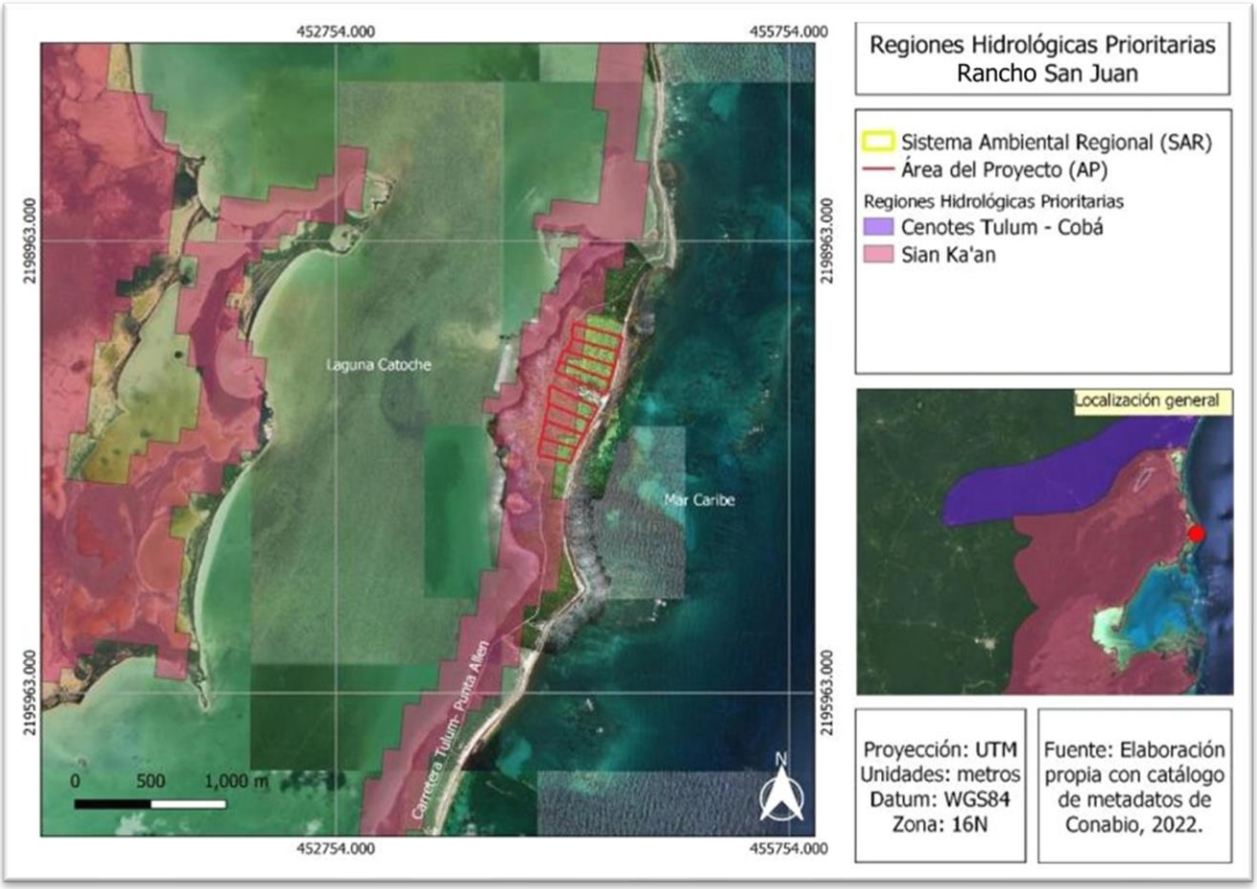
La RMP 65. Sian Ka'an (véase Mapa II.10) se caracteriza por la presencia de lagunas, bahías, playas, dunas, arrecifes y pastos marinos, y se considera una zona importante para la conservación de las especies biológicas a nivel regional. La problemática ambiental de la Región corresponde a la modificación del entorno por el daño al ambiente que provocan las embarcaciones pesqueras y turísticas, así como el blanqueamiento de corales; a la contaminación por el arrastre de hidrocarburos hacia la zona; la presión del sector pesquero sobre el coral negro y tiburón; la existencia de especies de cocodrilos, tortugas y manatí en peligro, así como como el uso de trampas no selectivas.




**Mapa II.10.- Ubicación del área del proyecto en la RMP Sian Ka'an.**

Por su parte, la RHP 108. Sian Ka´An (véase Mapa II.11) es importante para la conservación de las especies biológicas a nivel regional; está considerada un humedal prioritario por la North American Wetlands Conservation Council. Comprende la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el Área de Protección de Flora y Fauna de Uaymil, pero preocupan la introducción de especies exóticas, los problemas de ordenamiento y de desarrollo turístico, así como los incendios provocados.

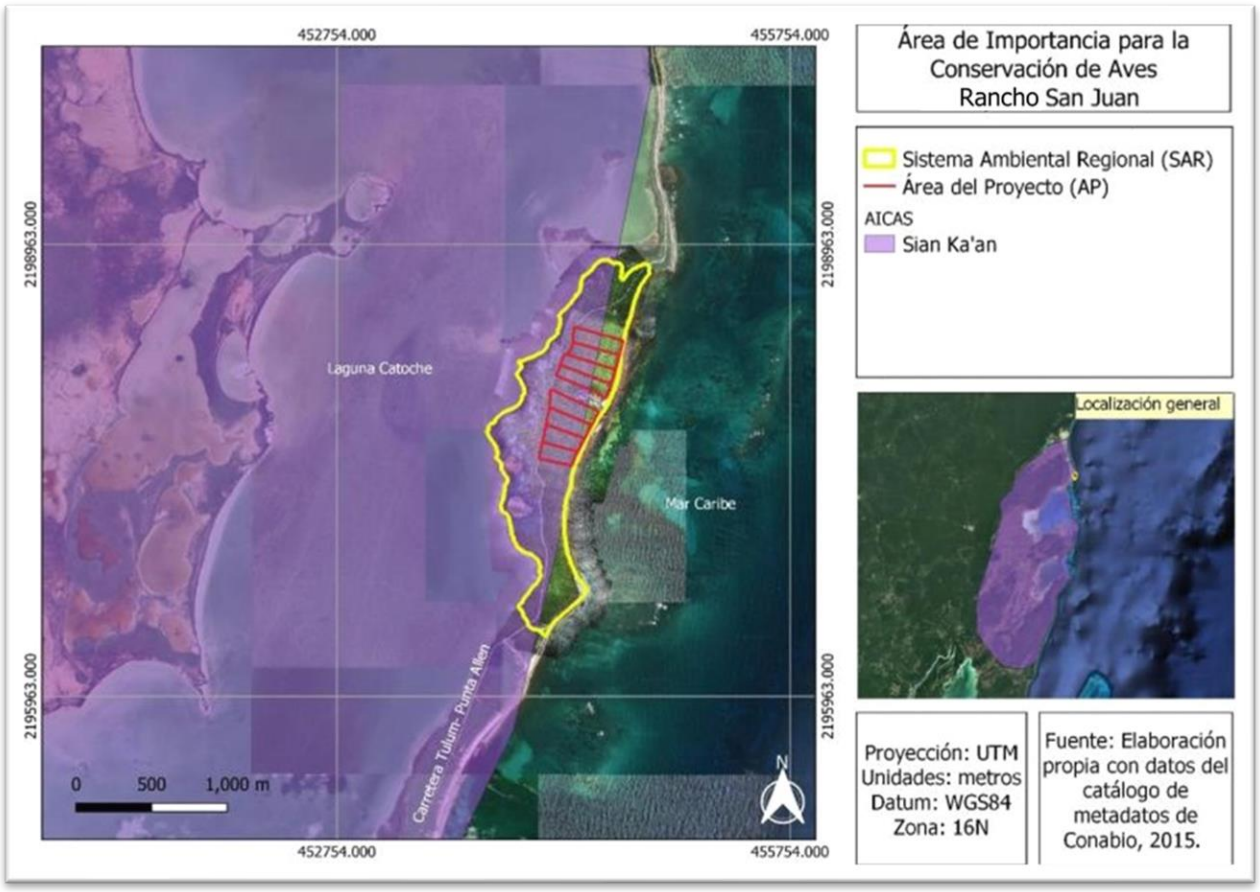
La problemática ambiental en la Región, se manifiesta en la modificación del entorno debido a los desarrollos turísticos desordenados; la contaminación por el arrastre de hidrocarburos hacia la zona; en el uso de recursos por la introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus,* así como en el manejo inadecuado de pesquerías de langosta, y el uso de trampas no selectivas.




**Mapa II.11.- Ubicación del Área del Proyecto en la RHP Sian Ka'an.**

En cuanto al AICA 179 Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (véase Mapa II.12), se considera Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. Existen alrededor de 385 especies de aves, varias de las cuales son cuasiendémicas y nueve endémicas, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción. Es de gran importancia para las aves de selva y acuáticas. Además, existe otro tipo de fauna en el área como son *Felis concolor, Leopardus pardalis, Tapirus bairdii, Ateles geoffroyi* y *Chelonia mydas.*

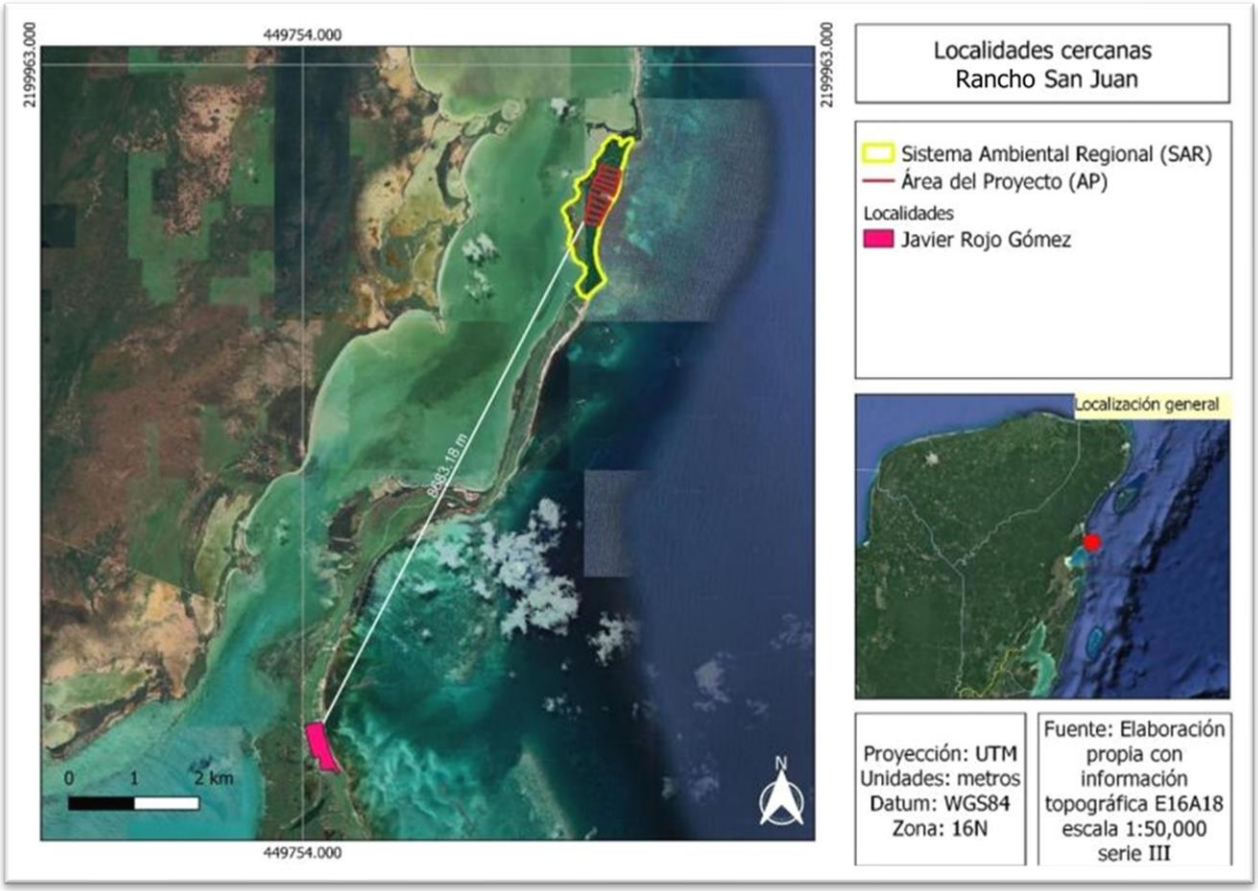
Las amenazas para el área son además de la ocurrencia de huracanes, el turismo y la deforestación.




**Mapa II.12.- Ubicación del Área del Proyecto en el AICA Sian Ka'an.**

### II.2.5 Representación gráfica local

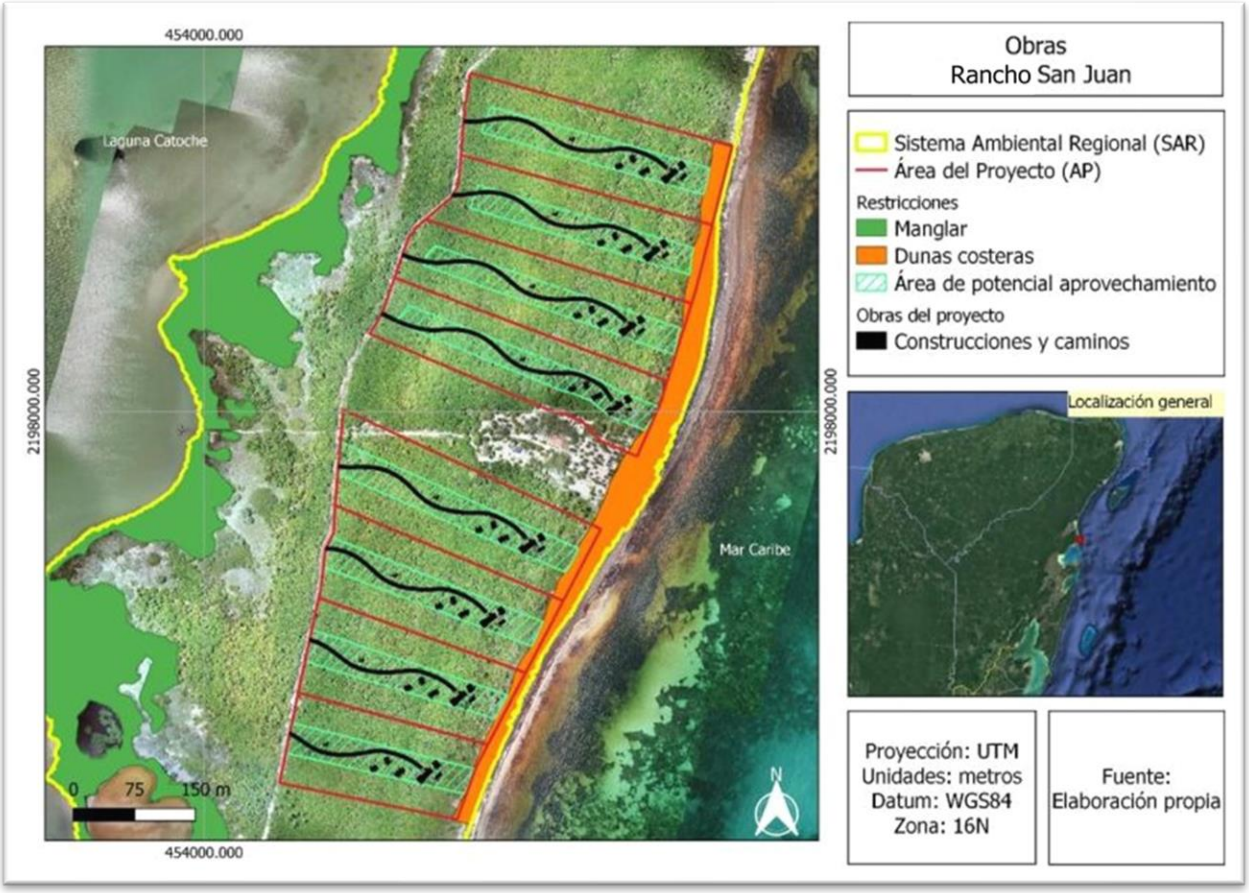
A nivel local, como se indicó previamente, el Área del Proyecto se ubica en la zona costera, a la altura del kilómetro 32 de la Carretera Tulum-Punta Allen, Municipio de Tulum, Quintana Roo, y corresponde a 8 Lotes con una superficie total de 24.31 Ha. Limita al Norte con el Lote 22 del Predio San Juan, al Sur con el Lote 12 del mismo Predio, al Este con el Mar Caribe y al Oeste con la Carretera Federal, en tanto que la localidad más cercana es Javier Rojo Gómez, en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo, a una distancia aproximada de 9 km en línea recta, como se observa en el siguiente Mapa:




**Mapa II.13.- Localidades cercanas al Área del Proyecto.**

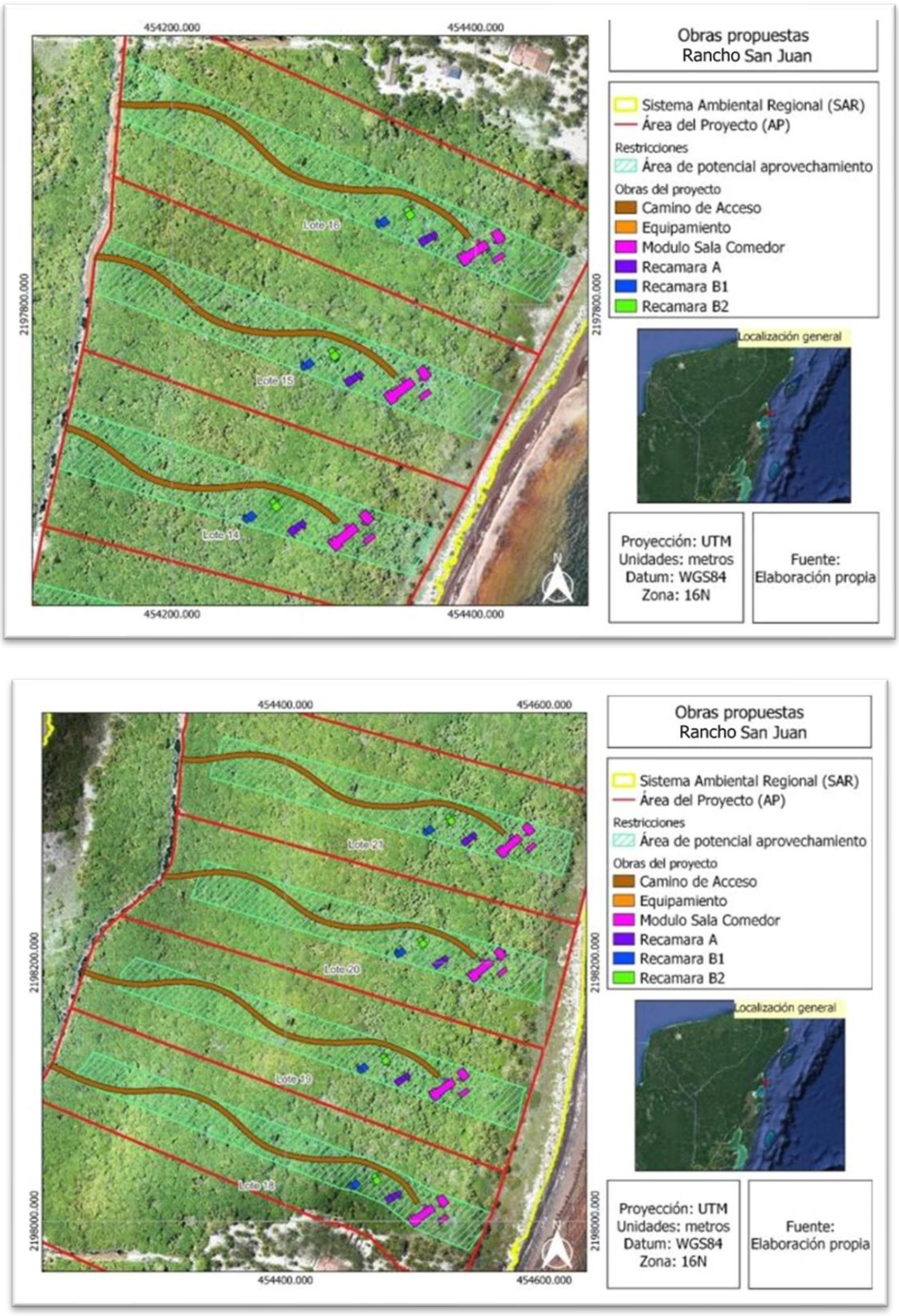
Los cuadros de construcción de cada Lote en coordenadas UTM, se incluyen en el apartado de Ubicación física de este Capítulo, así como en el Anexo II.1 Coordenadas lotes.

En cuanto a la ubicación y distribución de las obras del proyecto, se puede observar en el siguiente Mapa, donde se representan las 8 Viviendas unifamiliares que se llevarán a cabo dentro del tercio medio de cada uno de los 8 Lotes que integran el Área del proyecto, respetando las áreas de conservación, como lo establece la normatividad aplicable; así como los caminos de acceso:




**Mapa II.14.- Ubicación y distribución de las obras del proyecto.**

Asimismo, en los siguientes Mapas se muestra con más detalle el desplante de las edificaciones que integran las Viviendas unifamiliares, así como de los caminos de acceso dentro de cada Lote:




**Mapa II.15.- Detalle del desplante de las obras del proyecto.**

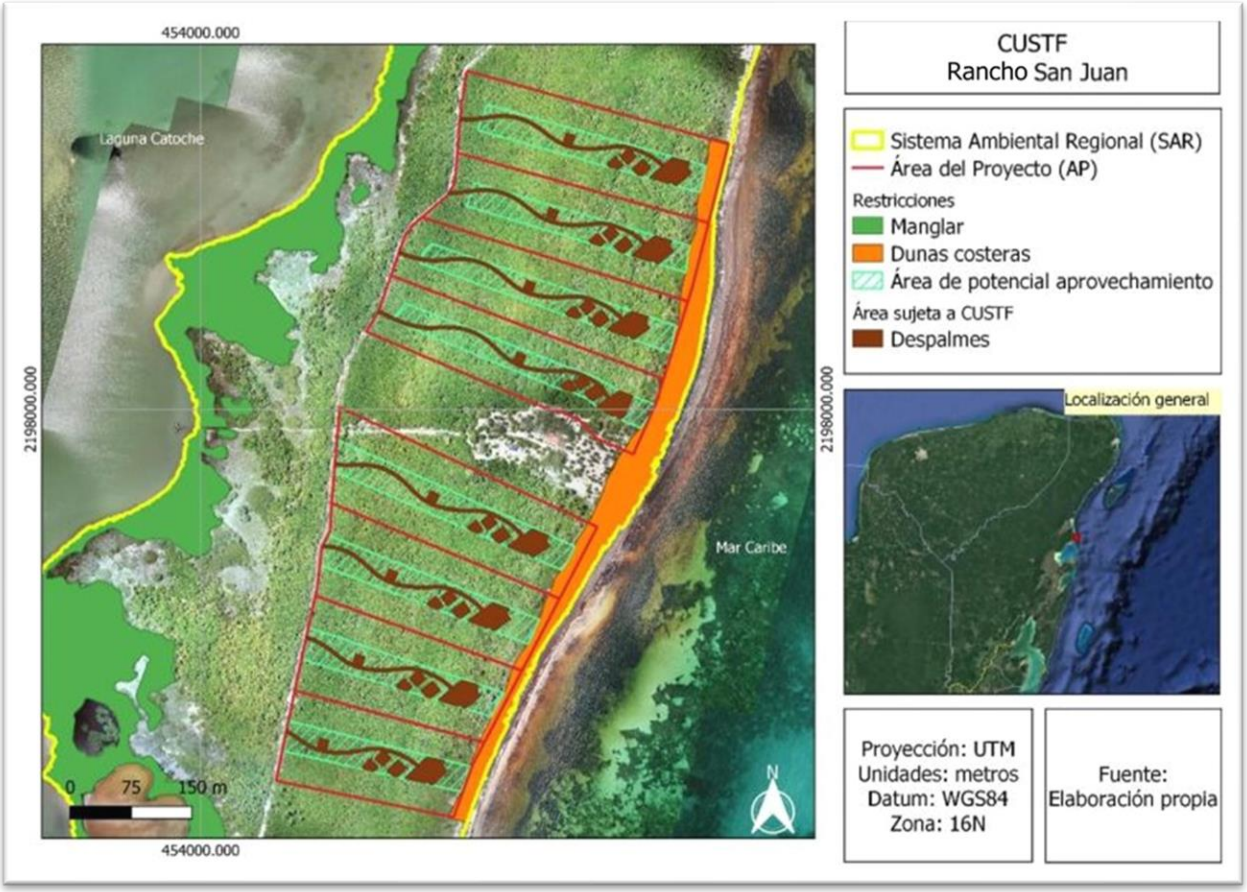
Para mayor detalle sobre la ubicación del proyecto y de cada uno de sus componentes, véase los planos georreferenciados por lote, así como los cuadros de coordenadas en formato de Exel, incluidos en los Anexos II.3 Planos y Memorias técnicas y II.1 Coordenadas lotes, respectivamente.

Las superficies requeridas para el desarrollo del proyecto se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla II.22.- Superficies totales del proyecto.**

| Lote | Superficie | | Superficie de potencial aprovechamiento (SPA) | | Superficie de construcción | | Superficie de CUSTF | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m² | Ha | m² | Ha | m² | Ha | m² | Ha |
| 13-A | 24,487.68 | 2.45 | 8,087.80 | 0.81 | 1,092.14 | 0.11 | 2,538.56 | 0.25 |
| 14-A | 27,853.32 | 2.79 | 9,051.44 | 0.91 | 1,181.43 | 0.12 | 2,627.85 | 0.26 |
| 15-A | 30,568.81 | 3.06 | 9,932.93 | 0.99 | 1,274.13 | 0.13 | 2,720.55 | 0.27 |
| 16-A | 34571.317 | 3.46 | 11,082.43 | 1.11 | 1,423.13 | 0.14 | 2,869.55 | 0.29 |
| 18-A | 30,225.97 | 3.02 | 9,417.01 | 0.94 | 1,655.63 | 0.17 | 2,919.22 | 0.29 |
| 19-A | 31918.321 | 3.19 | 9,771.84 | 0.98 | 1,579.83 | 0.16 | 3,005.37 | 0.30 |
| 20-A | 30,582.20 | 3.06 | 8,797.99 | 0.88 | 1,433.63 | 0.14 | 2,880.05 | 0.29 |
| 21-A | 32903.867 | 3.29 | 9,403.02 | 0.94 | 1,460.53 | 0.15 | 2,906.95 | 0.29 |
| **Total** | **243,111.48** | **24.31** | **75,544.45** | **7.55** | **11,100.45** | **1.11** | **22,468.10** | **2.25** |

De lo anterior, en los siguientes Mapa y Tablas se presenta la ubicación de los polígonos de CUSTF que se requiere para el desarrollo del proyecto, así como sus cuadros de construcción en coordenadas UTM:




**Mapa II.16.- Área sujeta a Cambio de uso del suelo en terrenos forestales.**

**Tabla II.23.- Polígonos de CUSTF para las Viviendas unifamiliares.**

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **Lote 13-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| **19** | 454268.72 | 2197562.44 |
| **20** | 454278.69 | 2197572.06 |
| **21** | 454299.08 | 2197567.74 |
| **22** | 454299.73 | 2197567.06 |
| **23** | 454298.06 | 2197560.10 |
| **24** | 454303.38 | 2197554.57 |
| **25** | 454285.46 | 2197537.30 |
| **26** | 454282.16 | 2197538.04 |
| **27** | 454278.84 | 2197541.49 |
| **28** | 454276.52 | 2197539.25 |
| **29** | 454253.04 | 2197544.63 |
| **30** | 454251.69 | 2197546.03 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **Lote 18-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| 43 | 454503.72 | 2198015.29 |
| 44 | 454515.53 | 2198023.37 |
| 45 | 454532.70 | 2198016.60 |
| 46 | 454521.58 | 2197991.49 |
| 47 | 454516.46 | 2197987.99 |
| 48 | 454513.33 | 2197989.27 |
| 49 | 454510.62 | 2197993.21 |
| 50 | 454507.97 | 2197991.40 |
| 51 | 454498.84 | 2197995.15 |
| 52 | 454487.50 | 2198004.19 |
| 53 | 454500.42 | 2198013.03 |
| **Recámara A** | | |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **31** | 454265.81 | 2197559.64 |
| **Recámara A** | | |
| **1** | 454236.52 | 2197548.36 |
| **2** | 454229.54 | 2197555.54 |
| **3** | 454242.87 | 2197568.50 |
| **4** | 454253.45 | 2197557.63 |
| **5** | 454242.51 | 2197546.99 |
| **Recámara B1** | | |
| **1** | 454206.11 | 2197567.32 |
| **2** | 454208.25 | 2197569.53 |
| **3** | 454218.91 | 2197559.21 |
| **4** | 454214.60 | 2197554.75 |
| **5** | 454213.51 | 2197553.63 |
| **6** | 454201.58 | 2197556.36 |
| **7** | 454198.44 | 2197559.39 |
| **8** | 454200.53 | 2197561.55 |
| **Recámara B2** | | |
| **1** | 454231.86 | 2197573.39 |
| **2** | 454234.69 | 2197570.66 |
| **3** | 454224.40 | 2197559.97 |
| **4** | 454214.24 | 2197569.75 |
| **5** | 454223.30 | 2197579.16 |
| **6** | 454226.63 | 2197578.42 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| **1** | 454146.35 | 2197595.19 |
| **2** | 454158.01 | 2197592.36 |
| **3** | 454155.18 | 2197580.70 |
| **4** | 454143.52 | 2197583.53 |
| **Lote 14-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| **17** | 454310.65 | 2197657.72 |
| **18** | 454321.27 | 2197666.62 |
| **19** | 454341.31 | 2197660.90 |
| **20** | 454341.92 | 2197660.18 |
| **21** | 454339.76 | 2197653.35 |
| **22** | 454344.70 | 2197647.47 |
| **23** | 454325.63 | 2197631.48 |
| **24** | 454322.38 | 2197632.45 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 1 | 454478.12 | 2198012.68 |
| 2 | 454472.40 | 2198020.91 |
| 3 | 454486.66 | 2198030.81 |
| 4 | 454489.18 | 2198029.04 |
| 5 | 454491.82 | 2198025.56 |
| 6 | 454496.34 | 2198019.06 |
| 7 | 454483.80 | 2198010.35 |
| **Recámara B1** | | |
| 1 | 454451.52 | 2198035.54 |
| 2 | 454453.99 | 2198037.37 |
| 3 | 454462.81 | 2198025.43 |
| 4 | 454457.82 | 2198021.75 |
| 5 | 454457.24 | 2198021.32 |
| 6 | 454452.20 | 2198023.39 |
| 7 | 454448.62 | 2198024.09 |
| 8 | 454445.24 | 2198025.48 |
| 9 | 454442.649 | 2198028.99 |
| 10 | 454445.062 | 2198030.77 |
| **Recámara B2** | | |
| 1 | 454477.13 | 2198035.25 |
| 2 | 454479.47 | 2198032.12 |
| 3 | 454467.62 | 2198023.26 |
| 4 | 454459.20 | 2198034.52 |
| 5 | 454467.81 | 2198040.96 |
| 6 | 454475.64 | 2198037.25 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| 1 | 454389.96 | 2198071.15 |
| 2 | 454401.00 | 2198066.45 |
| 3 | 454396.30 | 2198055.41 |
| 4 | 454385.26 | 2198060.11 |
| **Lote 19-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| 44 | 454520.051 | 2198113.33 |
| 45 | 454530.969 | 2198121.15 |
| 46 | 454551.632 | 2198114.2 |
| 47 | 454548.608 | 2198106.66 |
| 48 | 454553.078 | 2198100.42 |
| 49 | 454533.242 | 2198086.21 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **25** | 454319.31 | 2197636.11 |
| **26** | 454316.84 | 2197634.04 |
| **27** | 454293.79 | 2197641.03 |
| **28** | 454292.53 | 2197642.52 |
| **29** | 454307.56 | 2197655.12 |
| **Recámara A** | | |
| **1** | 454277.56 | 2197645.89 |
| **2** | 454271.09 | 2197653.53 |
| **3** | 454285.29 | 2197665.55 |
| **4** | 454295.10 | 2197653.96 |
| **5** | 454283.45 | 2197644.11 |
| **Recámara B1** | | |
| **1** | 454248.54 | 2197666.90 |
| **2** | 454250.82 | 2197668.96 |
| **3** | 454260.75 | 2197657.93 |
| **4** | 454256.14 | 2197653.78 |
| **5** | 454254.97 | 2197652.73 |
| **6** | 454243.26 | 2197656.28 |
| **7** | 454240.34 | 2197659.52 |
| **8** | 454242.57 | 2197661.53 |
| **Recámara B2** | | |
| **1** | 454274.64 | 2197671.18 |
| **2** | 454277.28 | 2197668.26 |
| **3** | 454266.27 | 2197658.31 |
| **4** | 454256.81 | 2197668.77 |
| **5** | 454266.50 | 2197677.53 |
| **6** | 454269.77 | 2197676.56 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| **1** | 454190.84 | 2197698.83 |
| **2** | 454202.28 | 2197695.20 |
| **3** | 454198.65 | 2197683.76 |
| **4** | 454187.21 | 2197687.40 |
| **Lote 15-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| **34** | 454348.43 | 2197754.27 |
| **35** | 454359.60 | 2197762.37 |
| **36** | 454379.18 | 2197755.26 |
| **37** | 454379.74 | 2197754.50 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 50 | 454530.181 | 2198087.31 |
| 51 | 454527.306 | 2198091.32 |
| 52 | 454524.526 | 2198089.33 |
| 53 | 454502.241 | 2198097.3 |
| 54 | 454500.691 | 2198099.46 |
| 55 | 454516.744 | 2198110.96 |
| **Recámara A** | | |
| 1 | 454483.75 | 2198128.51 |
| 2 | 454486.26 | 2198125.48 |
| 3 | 454474.84 | 2198116.01 |
| 4 | 454465.84 | 2198126.86 |
| 5 | 454475.89 | 2198135.20 |
| **Recámara B1** | | |
| 1 | 454457.44 | 2198125.79 |
| 2 | 454459.82 | 2198127.72 |
| 3 | 454469.16 | 2198116.20 |
| 4 | 454464.35 | 2198112.29 |
| 5 | 454463.13 | 2198111.30 |
| 6 | 454451.62 | 2198115.45 |
| 7 | 454448.87 | 2198118.84 |
| 8 | 454451.20 | 2198120.73 |
| **Recámara B2** | | |
| 1 | 454483.75 | 2198128.51 |
| 2 | 454486.26 | 2198125.48 |
| 3 | 454474.84 | 2198116.01 |
| 4 | 454465.84 | 2198126.86 |
| 5 | 454475.89 | 2198135.20 |
| 6 | 454479.12 | 2198134.10 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 |
| **Lote 20-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| 33 | 454548.47 | 2198205.38 |
| 34 | 454559.27 | 2198214.25 |
| 35 | 454579.25 | 2198208.33 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **38** | 454377.11 | 2197747.84 |
| **39** | 454381.62 | 2197741.62 |
| **40** | 454361.47 | 2197727.01 |
| **41** | 454358.31 | 2197728.20 |
| **42** | 454355.50 | 2197732.08 |
| **43** | 454352.89 | 2197730.19 |
| **44** | 454330.38 | 2197738.77 |
| **45** | 454329.24 | 2197740.35 |
| **46** | 454345.16 | 2197751.90 |
| **Recámara A** | | |
| **1** | 454314.54 | 2197744.76 |
| **2** | 454308.62 | 2197752.84 |
| **3** | 454323.63 | 2197763.83 |
| **4** | 454332.60 | 2197751.58 |
| **5** | 454320.28 | 2197742.57 |
| **Recámara B1** | | |
| **1** | 454287.06 | 2197767.76 |
| **2** | 454289.48 | 2197769.65 |
| **3** | 454298.61 | 2197757.95 |
| **4** | 454293.72 | 2197754.14 |
| **5** | 454292.49 | 2197753.17 |
| **6** | 454281.05 | 2197757.54 |
| **7** | 454278.36 | 2197760.98 |
| **8** | 454280.73 | 2197762.82 |
| **Recámara B2** | | |
| **1** | 454313.40 | 2197770.19 |
| **2** | 454315.83 | 2197767.10 |
| **3** | 454304.15 | 2197757.94 |
| **4** | 454295.45 | 2197769.04 |
| **5** | 454305.73 | 2197777.10 |
| **6** | 454308.92 | 2197775.91 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| **1** | 454231.75 | 2197803.67 |
| **2** | 454242.91 | 2197799.24 |
| **3** | 454238.48 | 2197788.09 |
| **4** | 454227.33 | 2197792.51 |
| **Lote 16-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| **42** | 454397.43 | 2197845.50 |
| **43** | 454408.95 | 2197853.08 |
| **44** | 454428.20 | 2197845.09 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 36 | 454579.84 | 2198207.60 |
| 37 | 454577.63 | 2198200.80 |
| 38 | 454582.50 | 2198194.87 |
| 39 | 454563.27 | 2198179.07 |
| 40 | 454560.04 | 2198180.07 |
| 41 | 454557.00 | 2198183.76 |
| 42 | 454554.51 | 2198181.72 |
| 43 | 454531.53 | 2198188.93 |
| 44 | 454530.29 | 2198190.44 |
| 45 | 454545.35 | 2198202.82 |
| **Recámara A** | | |
| 1 | 454515.12 | 2198193.89 |
| 2 | 454508.71 | 2198201.59 |
| 3 | 454522.99 | 2198213.50 |
| 4 | 454532.71 | 2198201.84 |
| 5 | 454520.99 | 2198192.07 |
| **Recámara B1** | | |
| 1 | 454486.25 | 2198215.12 |
| 2 | 454488.55 | 2198217.15 |
| 3 | 454498.39 | 2198206.05 |
| 4 | 454493.75 | 2198201.94 |
| 5 | 454492.58 | 2198200.90 |
| 6 | 454480.89 | 2198204.53 |
| 7 | 454478.00 | 2198207.80 |
| 8 | 454480.24 | 2198209.79 |
| **Recámara B2** | | |
| 1 | 454512.42 | 2198219.14 |
| 2 | 454515.04 | 2198216.21 |
| 3 | 454503.96 | 2198206.34 |
| 4 | 454494.58 | 2198216.86 |
| 5 | 454504.33 | 2198225.56 |
| 6 | 454507.59 | 2198224.56 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| 1 | 454429.228 | 2198248.53 |
| 2 | 454440.638 | 2198244.82 |
| 3 | 454436.923 | 2198233.41 |
| 4 | 454425.513 | 2198237.12 |
| **Lote 21-A** | | |
| **Módulo Sala-Comedor** | | |
| 33 | 454570.51 | 2198301.51 |
| 34 | 454580.95 | 2198310.55 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **45** | 454428.71 | 2197844.30 |
| **46** | 454425.79 | 2197837.76 |
| **47** | 454430.01 | 2197831.35 |
| **48** | 454409.22 | 2197817.67 |
| **49** | 454406.11 | 2197819.01 |
| **50** | 454403.48 | 2197823.00 |
| **51** | 454400.79 | 2197821.23 |
| **52** | 454378.69 | 2197830.84 |
| **53** | 454377.62 | 2197832.46 |
| **54** | 454394.06 | 2197843.28 |
| **Recámara A** | | |
| **1** | 454363.14 | 2197837.54 |
| **2** | 454357.60 | 2197845.88 |
| **3** | 454373.09 | 2197856.17 |
| **4** | 454381.49 | 2197843.53 |
| **5** | 454368.78 | 2197835.09 |
| **Recámara B1** | | |
| **1** | 454336.74 | 2197861.77 |
| **2** | 454339.24 | 2197863.54 |
| **3** | 454347.83 | 2197851.44 |
| **4** | 454342.77 | 2197847.85 |
| **5** | 454341.49 | 2197846.95 |
| **6** | 454330.27 | 2197851.82 |
| **7** | 454327.74 | 2197855.38 |
| **8** | 454330.19 | 2197857.12 |
| **Recámara B2** | | |
| **1** | 454363.16 | 2197863.00 |
| **2** | 454365.44 | 2197859.80 |
| **3** | 454353.36 | 2197851.18 |
| **4** | 454345.18 | 2197862.66 |
| **5** | 454355.81 | 2197870.25 |
| **6** | 454358.95 | 2197868.91 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| **1** | 454283.12 | 2197900.15 |
| **2** | 454294.06 | 2197895.22 |
| **3** | 454289.13 | 2197884.28 |
| **4** | 454278.19 | 2197889.21 |
| | | |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 35 | 454601.07 | 2198305.14 |
| 36 | 454601.69 | 2198304.43 |
| 37 | 454599.65 | 2198297.57 |
| 38 | 454604.67 | 2198291.76 |
| 39 | 454585.85 | 2198275.47 |
| 40 | 454582.59 | 2198276.39 |
| 41 | 454579.46 | 2198280.01 |
| 42 | 454577.03 | 2198277.90 |
| 43 | 454553.87 | 2198284.53 |
| 44 | 454552.59 | 2198286.00 |
| 45 | 454567.46 | 2198298.87 |
| **Recámara A** | | |
| 1 | 454537.32 | 2198289.05 |
| 2 | 454530.71 | 2198296.57 |
| 3 | 454544.69 | 2198308.84 |
| 4 | 454554.70 | 2198297.44 |
| 5 | 454543.23 | 2198287.37 |
| **Recámara B1** | | |
| 1 | 454507.92 | 2198309.52 |
| 2 | 454510.16 | 2198311.62 |
| 3 | 454520.29 | 2198300.77 |
| 4 | 454515.76 | 2198296.54 |
| 5 | 454514.61 | 2198295.47 |
| 6 | 454502.83 | 2198298.81 |
| 7 | 454499.85 | 2198302.00 |
| 8 | 454502.05 | 2198304.04 |
| **Recámara B2** | | |
| 1 | 454534.04 | 2198314.42 |
| 2 | 454536.73 | 2198311.55 |
| 3 | 454525.91 | 2198301.40 |
| 4 | 454516.26 | 2198311.68 |
| 5 | 454525.79 | 2198320.62 |
| 6 | 454529.08 | 2198319.71 |
| **Módulo equipamiento** | | |
| 1 | 454449.775 | 2198340.51 |
| 2 | 454461.276 | 2198337.09 |
| 3 | 454457.854 | 2198325.59 |
| 4 | 454446.352 | 2198329.01 |

**Tabla II.24.- Polígonos de CUSTF para los caminos de acceso.**

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **Lote 13-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454162.55 | 2197579.39 |
| 2 | 454168.35 | 2197579.07 |
| 3 | 454174.17 | 2197579.08 |
| 4 | 454180.02 | 2197579.38 |
| 5 | 454185.90 | 2197579.95 |
| 6 | 454191.78 | 2197580.75 |
| 7 | 454197.70 | 2197581.75 |
| 8 | 454203.74 | 2197582.88 |
| 9 | 454210.01 | 2197583.82 |
| 10 | 454216.51 | 2197584.08 |
| 11 | 454222.99 | 2197583.37 |
| 12 | 454229.24 | 2197581.98 |
| 13 | 454235.28 | 2197580.29 |
| 14 | 454241.22 | 2197578.42 |
| 15 | 454247.13 | 2197576.18 |
| 16 | 454252.87 | 2197573.40 |
| 17 | 454258.36 | 2197570.15 |
| 18 | 454263.53 | 2197566.52 |
| 19 | 454268.72 | 2197562.44 |
| 31 | 454265.81 | 2197559.64 |
| 32 | 454261.14 | 2197563.31 |
| 33 | 454256.19 | 2197566.78 |
| 34 | 454250.98 | 2197569.87 |
| 35 | 454245.54 | 2197572.50 |
| 36 | 454239.91 | 2197574.64 |
| 37 | 454234.14 | 2197576.45 |
| 38 | 454228.27 | 2197578.09 |
| 39 | 454222.34 | 2197579.42 |
| 40 | 454216.37 | 2197580.08 |
| 41 | 454210.39 | 2197579.83 |
| 42 | 454204.40 | 2197578.94 |
| 43 | 454198.40 | 2197577.81 |
| 44 | 454192.39 | 2197576.79 |
| 45 | 454186.36 | 2197575.97 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **Lote 18-A** | | |
| **Camino de acceso (…continuación)** | | |
| 56 | 454489.18 | 2198029.04 |
| 57 | 454484.24 | 2198032.52 |
| 58 | 454479.04 | 2198035.55 |
| 59 | 454473.64 | 2198038.28 |
| 60 | 454468.12 | 2198040.86 |
| 61 | 454462.48 | 2198043.13 |
| 62 | 454456.70 | 2198044.75 |
| 63 | 454450.76 | 2198045.49 |
| 64 | 454444.71 | 2198045.59 |
| 65 | 454438.61 | 2198045.45 |
| 66 | 454432.50 | 2198045.43 |
| 67 | 454426.42 | 2198045.61 |
| 68 | 454420.37 | 2198046.02 |
| 69 | 454414.36 | 2198046.70 |
| 70 | 454408.40 | 2198047.68 |
| 71 | 454402.50 | 2198048.99 |
| 72 | 454396.68 | 2198050.67 |
| 73 | 454390.97 | 2198052.74 |
| 74 | 454385.46 | 2198055.26 |
| 75 | 454380.24 | 2198058.27 |
| 76 | 454375.36 | 2198061.77 |
| 77 | 454370.75 | 2198065.64 |
| 78 | 454366.30 | 2198069.76 |
| 79 | 454361.91 | 2198073.97 |
| 80 | 454357.48 | 2198078.13 |
| 81 | 454352.92 | 2198082.12 |
| 82 | 454348.15 | 2198085.83 |
| 83 | 454343.11 | 2198089.14 |
| 84 | 454337.79 | 2198092.00 |
| 85 | 454332.23 | 2198094.41 |
| 86 | 454326.50 | 2198096.33 |
| 87 | 454320.63 | 2198097.75 |
| 88 | 454314.66 | 2198098.68 |
| 89 | 454308.62 | 2198099.15 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 46 | 454180.32 | 2197575.39 |
| 47 | 454174.28 | 2197575.08 |
| 48 | 454168.24 | 2197575.07 |
| 49 | 454162.21 | 2197575.40 |
| 50 | 454156.19 | 2197576.10 |
| 51 | 454150.21 | 2197577.22 |
| 52 | 454144.36 | 2197578.80 |
| 53 | 454138.72 | 2197580.92 |
| 54 | 454133.34 | 2197583.58 |
| 55 | 454128.16 | 2197586.65 |
| 56 | 454123.10 | 2197589.98 |
| 57 | 454118.08 | 2197593.41 |
| 58 | 454113.03 | 2197596.80 |
| 59 | 454107.88 | 2197599.99 |
| 60 | 454105.06 | 2197601.52 |
| 61 | 454105.91 | 2197605.61 |
| 62 | 454109.89 | 2197603.46 |
| 63 | 454115.20 | 2197600.16 |
| 64 | 454120.32 | 2197596.72 |
| 65 | 454125.33 | 2197593.30 |
| 66 | 454130.28 | 2197590.04 |
| 67 | 454135.25 | 2197587.10 |
| 68 | 454140.32 | 2197584.60 |
| 69 | 454145.59 | 2197582.62 |
| 70 | 454151.10 | 2197581.12 |
| 71 | 454156.78 | 2197580.06 |
| **Lote 14-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454217.48 | 2197680.84 |
| 2 | 454223.34 | 2197680.74 |
| 3 | 454229.24 | 2197680.89 |
| 4 | 454235.17 | 2197681.28 |
| 5 | 454241.14 | 2197681.88 |
| 6 | 454247.24 | 2197682.59 |
| 7 | 454253.57 | 2197683.09 |
| 8 | 454260.06 | 2197682.91 |
| 9 | 454266.48 | 2197681.75 |
| 10 | 454272.62 | 2197679.93 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 90 | 454302.56 | 2198099.23 |
| 91 | 454296.51 | 2198099.02 |
| 92 | 454290.47 | 2198098.72 |
| 93 | 454284.44 | 2198098.51 |
| 94 | 454278.42 | 2198098.59 |
| 95 | 454272.41 | 2198099.11 |
| 96 | 454266.44 | 2198100.07 |
| 97 | 454260.52 | 2198101.40 |
| 98 | 454254.68 | 2198103.03 |
| 99 | 454248.92 | 2198104.91 |
| 100 | 454243.26 | 2198107.02 |
| 101 | 454237.70 | 2198109.36 |
| 102 | 454232.23 | 2198111.91 |
| 103 | 454226.80 | 2198114.57 |
| 104 | 454218.06 | 2198118.90 |
| 105 | 454219.16 | 2198120.69 |
| 106 | 454219.79 | 2198122.54 |
| 107 | 454228.91 | 2198118.02 |
| 108 | 454233.95 | 2198115.52 |
| 109 | 454239.32 | 2198113.02 |
| 110 | 454244.74 | 2198110.74 |
| 111 | 454250.24 | 2198108.68 |
| 112 | 454255.84 | 2198106.86 |
| 113 | 454261.50 | 2198105.28 |
| 114 | 454267.20 | 2198104.00 |
| 115 | 454272.91 | 2198103.08 |
| **Lote 19-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454282.58 | 2198185.48 |
| 2 | 454288.31 | 2198185.28 |
| 3 | 454294.08 | 2198185.50 |
| 4 | 454299.97 | 2198186.02 |
| 5 | 454305.99 | 2198186.64 |
| 6 | 454312.15 | 2198187.17 |
| 7 | 454318.42 | 2198187.42 |
| 8 | 454324.76 | 2198187.25 |
| 9 | 454331.09 | 2198186.61 |
| 10 | 454337.37 | 2198185.44 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 11 | 454278.52 | 2197677.83 |
| 12 | 454284.33 | 2197675.56 |
| 13 | 454290.06 | 2197672.91 |
| 14 | 454295.60 | 2197669.74 |
| 15 | 454300.85 | 2197666.12 |
| 16 | 454305.76 | 2197662.14 |
| 17 | 454310.65 | 2197657.72 |
| 29 | 454307.56 | 2197655.12 |
| 30 | 454303.15 | 2197659.10 |
| 31 | 454298.45 | 2197662.91 |
| 32 | 454293.47 | 2197666.35 |
| 33 | 454288.23 | 2197669.35 |
| 34 | 454282.76 | 2197671.87 |
| 35 | 454277.12 | 2197674.08 |
| 36 | 454271.38 | 2197676.12 |
| 37 | 454265.56 | 2197677.85 |
| 38 | 454259.65 | 2197678.92 |
| 39 | 454253.67 | 2197679.09 |
| 40 | 454247.63 | 2197678.61 |
| 41 | 454241.57 | 2197677.90 |
| 42 | 454235.49 | 2197677.30 |
| 43 | 454229.42 | 2197676.90 |
| 44 | 454223.36 | 2197676.74 |
| 45 | 454217.31 | 2197676.84 |
| 46 | 454211.29 | 2197677.25 |
| 47 | 454205.29 | 2197678.00 |
| 48 | 454199.33 | 2197679.11 |
| 49 | 454193.45 | 2197680.63 |
| 50 | 454187.73 | 2197682.62 |
| 51 | 454182.25 | 2197685.12 |
| 52 | 454177.06 | 2197688.14 |
| 53 | 454172.10 | 2197691.56 |
| 54 | 454167.28 | 2197695.23 |
| 55 | 454162.51 | 2197699.01 |
| 56 | 454157.71 | 2197702.73 |
| 57 | 454152.79 | 2197706.28 |
| 58 | 454147.69 | 2197709.51 |
| 59 | 454142.36 | 2197712.33 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 11 | 454343.517 | 2198183.72 |
| 12 | 454349.504 | 2198181.5 |
| 13 | 454355.286 | 2198178.77 |
| 14 | 454360.783 | 2198175.55 |
| 15 | 454365.964 | 2198171.95 |
| 16 | 454370.877 | 2198168.08 |
| 17 | 454375.585 | 2198164.09 |
| 18 | 454380.173 | 2198160.13 |
| 19 | 454384.73 | 2198156.34 |
| 20 | 454389.342 | 2198152.86 |
| 21 | 454394.099 | 2198149.81 |
| 22 | 454399.123 | 2198147.26 |
| 23 | 454404.433 | 2198145.16 |
| 24 | 454409.961 | 2198143.47 |
| 25 | 454415.612 | 2198142.16 |
| 26 | 454421.339 | 2198141.2 |
| 27 | 454427.13 | 2198140.56 |
| 28 | 454432.979 | 2198140.2 |
| 29 | 454438.877 | 2198140.11 |
| 30 | 454444.816 | 2198140.25 |
| 31 | 454450.808 | 2198140.58 |
| 32 | 454456.938 | 2198141.04 |
| 33 | 454463.277 | 2198141.27 |
| 34 | 454469.761 | 2198140.81 |
| 35 | 454476.125 | 2198139.37 |
| 36 | 454482.18 | 2198137.29 |
| 37 | 454487.988 | 2198134.94 |
| 38 | 454493.69 | 2198132.42 |
| 39 | 454499.304 | 2198129.53 |
| 40 | 454504.704 | 2198126.13 |
| 41 | 454509.796 | 2198122.29 |
| 42 | 454514.525 | 2198118.11 |
| 43 | 454519.982 | 2198113.39 |
| 44 | 454520.051 | 2198113.33 |
| 55 | 454516.744 | 2198110.96 |
| 56 | 454516.698 | 2198111.01 |
| 57 | 454511.796 | 2198115.18 |
| 58 | 454507.262 | 2198119.19 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 60 | 454136.79 | 2197714.68 |
| 61 | 454131.03 | 2197716.54 |
| 62 | 454129.81 | 2197716.82 |
| 63 | 454130.64 | 2197720.74 |
| 64 | 454132.10 | 2197720.40 |
| 65 | 454138.18 | 2197718.43 |
| 66 | 454144.07 | 2197715.95 |
| 67 | 454149.70 | 2197712.97 |
| 68 | 454155.03 | 2197709.59 |
| 69 | 454160.11 | 2197705.94 |
| 70 | 454164.98 | 2197702.15 |
| 71 | 454169.73 | 2197698.39 |
| 72 | 454174.45 | 2197694.80 |
| 73 | 454179.20 | 2197691.52 |
| 74 | 454184.09 | 2197688.68 |
| 75 | 454189.21 | 2197686.34 |
| 76 | 454194.61 | 2197684.47 |
| 77 | 454200.20 | 2197683.02 |
| 78 | 454205.91 | 2197681.95 |
| 79 | 454211.67 | 2197681.23 |
| **Lote 15-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454168.71 | 2197831.13 |
| 2 | 454174.81 | 2197829.25 |
| 3 | 454180.73 | 2197826.86 |
| 4 | 454186.44 | 2197823.97 |
| 5 | 454191.85 | 2197820.61 |
| 6 | 454196.92 | 2197816.86 |
| 7 | 454201.73 | 2197812.86 |
| 8 | 454206.33 | 2197808.74 |
| 9 | 454210.80 | 2197804.65 |
| 10 | 454215.25 | 2197800.74 |
| 11 | 454219.77 | 2197797.13 |
| 12 | 454224.44 | 2197793.95 |
| 13 | 454229.39 | 2197791.26 |
| 14 | 454234.64 | 2197789.02 |
| 15 | 454240.12 | 2197787.18 |
| 16 | 454245.73 | 2197785.71 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 59 | 454502.429 | 2198122.84 |
| 60 | 454497.319 | 2198126.06 |
| 61 | 454491.965 | 2198128.81 |
| 62 | 454486.43 | 2198131.26 |
| 63 | 454480.779 | 2198133.54 |
| 64 | 454475.032 | 2198135.52 |
| 65 | 454469.176 | 2198136.84 |
| 66 | 454463.208 | 2198137.26 |
| 67 | 454457.158 | 2198137.04 |
| 68 | 454451.068 | 2198136.59 |
| 69 | 454444.974 | 2198136.25 |
| 70 | 454438.891 | 2198136.11 |
| 71 | 454432.827 | 2198136.21 |
| 72 | 454426.789 | 2198136.57 |
| 73 | 454420.787 | 2198137.24 |
| 74 | 454414.829 | 2198138.24 |
| 75 | 454408.924 | 2198139.6 |
| 76 | 454403.112 | 2198141.38 |
| 77 | 454397.477 | 2198143.6 |
| 78 | 454392.108 | 2198146.34 |
| 79 | 454387.055 | 2198149.58 |
| 80 | 454382.245 | 2198153.2 |
| 81 | 454377.587 | 2198157.08 |
| 82 | 454372.985 | 2198161.05 |
| 83 | 454368.347 | 2198164.98 |
| 84 | 454363.582 | 2198168.73 |
| 85 | 454358.627 | 2198172.18 |
| 86 | 454353.42 | 2198175.23 |
| 87 | 454347.951 | 2198177.81 |
| 88 | 454342.28 | 2198179.91 |
| 89 | 454336.459 | 2198181.54 |
| 90 | 454330.523 | 2198182.65 |
| 91 | 454324.506 | 2198183.26 |
| 92 | 454318.451 | 2198183.42 |
| 93 | 454312.399 | 2198183.18 |
| 94 | 454306.367 | 2198182.65 |
| 95 | 454300.349 | 2198182.03 |
| 96 | 454294.337 | 2198181.51 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 17 | 454251.43 | 2197784.59 |
| 18 | 454257.20 | 2197783.79 |
| 19 | 454263.04 | 2197783.28 |
| 20 | 454268.93 | 2197783.02 |
| 21 | 454274.87 | 2197782.99 |
| 22 | 454280.87 | 2197783.17 |
| 23 | 454287.01 | 2197783.45 |
| 24 | 454293.35 | 2197783.50 |
| 25 | 454299.82 | 2197782.87 |
| 26 | 454306.14 | 2197781.26 |
| 27 | 454312.14 | 2197779.01 |
| 28 | 454317.88 | 2197776.50 |
| 29 | 454323.51 | 2197773.83 |
| 30 | 454329.04 | 2197770.78 |
| 31 | 454334.35 | 2197767.23 |
| 32 | 454339.33 | 2197763.25 |
| 33 | 454343.94 | 2197758.94 |
| 34 | 454348.43 | 2197754.27 |
| 46 | 454345.16 | 2197751.90 |
| 47 | 454341.13 | 2197756.09 |
| 48 | 454336.71 | 2197760.22 |
| 49 | 454331.98 | 2197764.00 |
| 50 | 454326.96 | 2197767.36 |
| 51 | 454321.69 | 2197770.27 |
| 52 | 454316.22 | 2197772.86 |
| 53 | 454310.64 | 2197775.30 |
| 54 | 454304.95 | 2197777.43 |
| 55 | 454299.13 | 2197778.92 |
| 56 | 454293.17 | 2197779.50 |
| 57 | 454287.12 | 2197779.45 |
| 58 | 454281.02 | 2197779.17 |
| 59 | 454274.92 | 2197778.99 |
| 60 | 454268.84 | 2197779.02 |
| 61 | 454262.78 | 2197779.29 |
| 62 | 454256.75 | 2197779.82 |
| 63 | 454250.77 | 2197780.65 |
| 64 | 454244.84 | 2197781.81 |
| 65 | 454238.98 | 2197783.34 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 97 | 454288.321 | 2198181.28 |
| 98 | 454282.298 | 2198181.49 |
| 99 | 454276.284 | 2198182.13 |
| 100 | 454270.304 | 2198183.15 |
| 101 | 454264.38 | 2198184.47 |
| 102 | 454258.534 | 2198186.04 |
| 103 | 454252.772 | 2198187.86 |
| 104 | 454247.095 | 2198189.9 |
| 105 | 454243.62 | 2198191.31 |
| 106 | 454244.944 | 2198195.09 |
| 107 | 454248.523 | 2198193.64 |
| 108 | 454254.05 | 2198191.65 |
| 109 | 454259.654 | 2198189.89 |
| 110 | 454265.337 | 2198188.35 |
| 111 | 454271.075 | 2198187.07 |
| 112 | 454276.833 | 2198186.09 |
| **Lote 20-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454370.42 | 2198269.32 |
| 2 | 454376.48 | 2198267.31 |
| 3 | 454382.36 | 2198264.79 |
| 4 | 454387.96 | 2198261.77 |
| 5 | 454393.27 | 2198258.35 |
| 6 | 454398.32 | 2198254.66 |
| 7 | 454403.16 | 2198250.84 |
| 8 | 454407.89 | 2198247.05 |
| 9 | 454412.58 | 2198243.42 |
| 10 | 454417.31 | 2198240.11 |
| 11 | 454422.17 | 2198237.23 |
| 12 | 454427.28 | 2198234.85 |
| 13 | 454432.66 | 2198232.94 |
| 14 | 454438.25 | 2198231.45 |
| 15 | 454443.94 | 2198230.34 |
| 16 | 454449.70 | 2198229.58 |
| 17 | 454455.51 | 2198229.15 |
| 18 | 454461.37 | 2198229.00 |
| 19 | 454467.26 | 2198229.12 |
| 20 | 454473.19 | 2198229.46 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 66 | 454233.21 | 2197785.28 |
| 67 | 454227.64 | 2197787.66 |
| 68 | 454222.35 | 2197790.54 |
| 69 | 454217.39 | 2197793.91 |
| 70 | 454212.68 | 2197797.67 |
| 71 | 454208.13 | 2197801.68 |
| 72 | 454203.64 | 2197805.78 |
| 73 | 454199.11 | 2197809.83 |
| 74 | 454194.46 | 2197813.71 |
| 75 | 454189.60 | 2197817.30 |
| 76 | 454184.48 | 2197820.49 |
| 77 | 454179.08 | 2197823.21 |
| 78 | 454173.47 | 2197825.48 |
| 79 | 454167.70 | 2197827.26 |
| 80 | 454161.79 | 2197828.54 |
| 81 | 454155.79 | 2197829.31 |
| 82 | 454149.75 | 2197829.64 |
| 83 | 454149.23 | 2197829.63 |
| 84 | 454149.32 | 2197830.41 |
| 85 | 454150.89 | 2197833.58 |
| 86 | 454156.16 | 2197833.30 |
| 87 | 454162.47 | 2197832.48 |
| **Lote 16-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454172.46 | 2197933.88 |
| 2 | 454178.23 | 2197933.69 |
| 3 | 454184.14 | 2197933.77 |
| 4 | 454190.19 | 2197933.94 |
| 5 | 454196.37 | 2197934.03 |
| 6 | 454202.65 | 2197933.82 |
| 7 | 454208.95 | 2197933.19 |
| 8 | 454215.22 | 2197932.09 |
| 9 | 454221.39 | 2197930.46 |
| 10 | 454227.40 | 2197928.30 |
| 11 | 454233.21 | 2197925.64 |
| 12 | 454238.78 | 2197922.50 |
| 13 | 454244.03 | 2197918.89 |
| 14 | 454248.93 | 2197914.91 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 21 | 454479.17 | 2198230.01 |
| 22 | 454485.28 | 2198230.68 |
| 23 | 454491.61 | 2198231.14 |
| 24 | 454498.10 | 2198230.91 |
| 25 | 454504.51 | 2198229.70 |
| 26 | 454510.64 | 2198227.83 |
| 27 | 454516.53 | 2198225.69 |
| 28 | 454522.31 | 2198223.38 |
| 29 | 454528.03 | 2198220.69 |
| 30 | 454533.54 | 2198217.48 |
| 31 | 454538.77 | 2198213.82 |
| 32 | 454543.64 | 2198209.81 |
| 33 | 454548.47 | 2198205.38 |
| 45 | 454545.35 | 2198202.82 |
| 46 | 454541.02 | 2198206.79 |
| 47 | 454536.35 | 2198210.63 |
| 48 | 454531.39 | 2198214.11 |
| 49 | 454526.17 | 2198217.14 |
| 50 | 454520.72 | 2198219.71 |
| 51 | 454515.10 | 2198221.95 |
| 52 | 454509.37 | 2198224.04 |
| 53 | 454503.56 | 2198225.81 |
| 54 | 454497.66 | 2198226.92 |
| 55 | 454491.68 | 2198227.13 |
| 56 | 454485.64 | 2198226.70 |
| 57 | 454479.57 | 2198226.03 |
| 58 | 454473.49 | 2198225.48 |
| 59 | 454467.42 | 2198225.12 |
| 60 | 454461.36 | 2198225.00 |
| 61 | 454455.31 | 2198225.15 |
| 62 | 454449.29 | 2198225.60 |
| 63 | 454443.30 | 2198226.39 |
| 64 | 454437.35 | 2198227.55 |
| 65 | 454431.48 | 2198229.12 |
| 66 | 454425.77 | 2198231.14 |
| 67 | 454420.30 | 2198233.68 |
| 68 | 454415.14 | 2198236.74 |
| 69 | 454410.20 | 2198240.20 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 15 | 454253.55 | 2197910.70 |
| 16 | 454257.95 | 2197906.38 |
| 17 | 454262.24 | 2197902.09 |
| 18 | 454266.51 | 2197897.98 |
| 19 | 454270.85 | 2197894.17 |
| 20 | 454275.37 | 2197890.78 |
| 21 | 454280.20 | 2197887.87 |
| 22 | 454285.34 | 2197885.38 |
| 23 | 454290.73 | 2197883.30 |
| 24 | 454296.27 | 2197881.58 |
| 25 | 454301.91 | 2197880.20 |
| 26 | 454307.64 | 2197879.14 |
| 27 | 454313.45 | 2197878.36 |
| 28 | 454319.32 | 2197877.84 |
| 29 | 454325.26 | 2197877.54 |
| 30 | 454331.26 | 2197877.43 |
| 31 | 454337.40 | 2197877.44 |
| 32 | 454343.74 | 2197877.21 |
| 33 | 454350.17 | 2197876.27 |
| 34 | 454356.42 | 2197874.38 |
| 35 | 454362.30 | 2197871.86 |
| 36 | 454367.92 | 2197869.09 |
| 37 | 454373.43 | 2197866.17 |
| 38 | 454378.82 | 2197862.87 |
| 39 | 454383.95 | 2197859.09 |
| 40 | 454388.75 | 2197854.88 |
| 41 | 454393.16 | 2197850.36 |
| 42 | 454397.43 | 2197845.50 |
| 54 | 454394.06 | 2197843.28 |
| 55 | 454390.22 | 2197847.65 |
| 56 | 454386.00 | 2197851.97 |
| 57 | 454381.44 | 2197855.97 |
| 58 | 454376.58 | 2197859.55 |
| 59 | 454371.44 | 2197862.69 |
| 60 | 454366.10 | 2197865.53 |
| 61 | 454360.63 | 2197868.22 |
| 62 | 454355.04 | 2197870.61 |
| 63 | 454349.30 | 2197872.36 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 70 | 454405.41 | 2198243.91 |
| 71 | 454400.67 | 2198247.71 |
| 72 | 454395.90 | 2198251.48 |
| 73 | 454391.00 | 2198255.05 |
| 74 | 454385.93 | 2198258.33 |
| 75 | 454380.62 | 2198261.19 |
| 76 | 454375.06 | 2198263.57 |
| 77 | 454369.32 | 2198265.48 |
| 78 | 454363.44 | 2198266.89 |
| 79 | 454357.47 | 2198267.79 |
| 80 | 454351.44 | 2198268.19 |
| 81 | 454345.38 | 2198268.13 |
| 82 | 454339.34 | 2198267.68 |
| 83 | 454333.33 | 2198266.94 |
| 84 | 454327.34 | 2198266.11 |
| 85 | 454321.35 | 2198265.37 |
| 86 | 454315.34 | 2198264.93 |
| 87 | 454309.32 | 2198264.92 |
| 88 | 454304.66 | 2198265.26 |
| 89 | 454307.04 | 2198269.10 |
| 90 | 454309.46 | 2198268.92 |
| 91 | 454315.19 | 2198268.93 |
| 92 | 454320.96 | 2198269.36 |
| 93 | 454326.82 | 2198270.08 |
| 94 | 454332.81 | 2198270.91 |
| 95 | 454338.95 | 2198271.66 |
| 96 | 454345.21 | 2198272.13 |
| 97 | 454351.55 | 2198272.19 |
| 98 | 454357.90 | 2198271.77 |
| 99 | 454364.21 | 2198270.82 |
| **Lote 21-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454390.79 | 2198360.96 |
| 2 | 454396.90 | 2198359.10 |
| 3 | 454402.84 | 2198356.73 |
| 4 | 454408.52 | 2198353.86 |
| 5 | 454413.92 | 2198350.57 |
| 6 | 454419.05 | 2198347.01 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 64 | 454343.38 | 2197873.22 |
| 65 | 454337.33 | 2197873.44 |
| 66 | 454331.22 | 2197873.43 |
| 67 | 454325.12 | 2197873.54 |
| 68 | 454319.04 | 2197873.84 |
| 69 | 454313.00 | 2197874.38 |
| 70 | 454307.01 | 2197875.19 |
| 71 | 454301.07 | 2197876.29 |
| 72 | 454295.20 | 2197877.72 |
| 73 | 454289.41 | 2197879.52 |
| 74 | 454283.74 | 2197881.71 |
| 75 | 454278.29 | 2197884.35 |
| 76 | 454273.13 | 2197887.46 |
| 77 | 454268.33 | 2197891.06 |
| 78 | 454263.80 | 2197895.03 |
| 79 | 454259.44 | 2197899.24 |
| 80 | 454255.14 | 2197903.54 |
| 81 | 454250.80 | 2197907.79 |
| 82 | 454246.32 | 2197911.88 |
| 83 | 454241.63 | 2197915.68 |
| 84 | 454236.66 | 2197919.10 |
| 85 | 454231.39 | 2197922.07 |
| 86 | 454225.89 | 2197924.59 |
| 87 | 454220.20 | 2197926.63 |
| 88 | 454214.36 | 2197928.18 |
| 89 | 454208.41 | 2197929.22 |
| 90 | 454202.38 | 2197929.82 |
| 91 | 454196.33 | 2197930.03 |
| 92 | 454190.27 | 2197929.95 |
| 93 | 454184.23 | 2197929.77 |
| 94 | 454178.19 | 2197929.68 |
| 95 | 454172.18 | 2197929.89 |
| 96 | 454166.18 | 2197930.54 |
| 97 | 454165.32 | 2197930.70 |
| 98 | 454165.66 | 2197934.70 |
| 99 | 454166.76 | 2197934.50 |
| **Lote 18-A** | | |
| **Camino de acceso** | | |
| 1 | 454278.62 | 2198102.58 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 7 | 454424.00 | 2198343.32 |
| 8 | 454428.82 | 2198339.64 |
| 9 | 454433.60 | 2198336.14 |
| 10 | 454438.41 | 2198332.95 |
| 11 | 454443.35 | 2198330.19 |
| 12 | 454448.52 | 2198327.95 |
| 13 | 454453.95 | 2198326.17 |
| 14 | 454459.57 | 2198324.83 |
| 15 | 454465.29 | 2198323.87 |
| 16 | 454471.06 | 2198323.26 |
| 17 | 454476.88 | 2198322.97 |
| 18 | 454482.74 | 2198322.97 |
| 19 | 454488.63 | 2198323.24 |
| 20 | 454494.55 | 2198323.74 |
| 21 | 454500.51 | 2198324.44 |
| 22 | 454506.60 | 2198325.26 |
| 23 | 454512.92 | 2198325.88 |
| 24 | 454519.42 | 2198325.81 |
| 25 | 454525.86 | 2198324.77 |
| 26 | 454532.03 | 2198323.06 |
| 27 | 454537.97 | 2198321.07 |
| 28 | 454543.81 | 2198318.91 |
| 29 | 454549.59 | 2198316.36 |
| 30 | 454555.19 | 2198313.30 |
| 31 | 454560.51 | 2198309.77 |
| 32 | 454565.48 | 2198305.89 |
| 33 | 454570.51 | 2198301.51 |
| 45 | 454567.46 | 2198298.87 |
| 46 | 454562.94 | 2198302.80 |
| 47 | 454558.17 | 2198306.52 |
| 48 | 454553.12 | 2198309.87 |
| 49 | 454547.82 | 2198312.77 |
| 50 | 454542.31 | 2198315.20 |
| 51 | 454536.64 | 2198317.30 |
| 52 | 454530.86 | 2198319.24 |
| 53 | 454525.00 | 2198320.86 |
| 54 | 454519.08 | 2198321.82 |
| 55 | 454513.09 | 2198321.88 |
| 56 | 454507.07 | 2198321.29 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 2 | 454284.40 | 2198102.51 |
| 3 | 454290.30 | 2198102.71 |
| 4 | 454296.34 | 2198103.02 |
| 5 | 454302.52 | 2198103.23 |
| 6 | 454308.80 | 2198103.15 |
| 7 | 454315.12 | 2198102.65 |
| 8 | 454321.41 | 2198101.68 |
| 9 | 454327.61 | 2198100.18 |
| 10 | 454333.67 | 2198098.14 |
| 11 | 454339.53 | 2198095.61 |
| 12 | 454345.16 | 2198092.58 |
| 13 | 454350.48 | 2198089.08 |
| 14 | 454355.47 | 2198085.21 |
| 15 | 454360.17 | 2198081.09 |
| 16 | 454364.66 | 2198076.86 |
| 17 | 454369.04 | 2198072.67 |
| 18 | 454373.39 | 2198068.65 |
| 19 | 454377.82 | 2198064.93 |
| 20 | 454382.41 | 2198061.63 |
| 21 | 454387.29 | 2198058.82 |
| 22 | 454392.48 | 2198056.45 |
| 23 | 454397.91 | 2198054.47 |
| 24 | 454403.49 | 2198052.87 |
| 25 | 454409.16 | 2198051.61 |
| 26 | 454414.91 | 2198050.67 |
| 27 | 454420.73 | 2198050.01 |
| 28 | 454426.62 | 2198049.61 |
| 29 | 454432.55 | 2198049.43 |
| 30 | 454438.56 | 2198049.45 |
| 31 | 454444.70 | 2198049.59 |
| 32 | 454451.04 | 2198049.48 |
| 33 | 454457.49 | 2198048.69 |
| 34 | 454463.77 | 2198046.92 |
| 35 | 454469.71 | 2198044.53 |
| 36 | 454475.39 | 2198041.88 |
| 37 | 454480.95 | 2198039.07 |
| 38 | 454486.41 | 2198035.88 |
| 39 | 454491.62 | 2198032.21 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 57 | 454501.02 | 2198320.47 |
| 58 | 454494.95 | 2198319.76 |
| 59 | 454488.89 | 2198319.25 |
| 60 | 454482.83 | 2198318.97 |
| 61 | 454476.78 | 2198318.97 |
| 62 | 454470.75 | 2198319.27 |
| 63 | 454464.74 | 2198319.90 |
| 64 | 454458.77 | 2198320.91 |
| 65 | 454452.86 | 2198322.32 |
| 66 | 454447.10 | 2198324.20 |
| 67 | 454441.57 | 2198326.60 |
| 68 | 454436.33 | 2198329.53 |
| 69 | 454431.31 | 2198332.86 |
| 70 | 454426.42 | 2198336.44 |
| 71 | 454421.59 | 2198340.13 |
| 72 | 454416.72 | 2198343.77 |
| 73 | 454411.73 | 2198347.22 |
| 74 | 454406.58 | 2198350.36 |
| 75 | 454401.19 | 2198353.08 |
| 76 | 454395.58 | 2198355.32 |
| 77 | 454389.79 | 2198357.08 |
| 78 | 454383.88 | 2198358.35 |
| 79 | 454377.89 | 2198359.10 |
| 80 | 454371.85 | 2198359.34 |
| 81 | 454365.79 | 2198359.13 |
| 82 | 454359.77 | 2198358.52 |
| 83 | 454353.78 | 2198357.63 |
| 84 | 454347.81 | 2198356.64 |
| 85 | 454341.84 | 2198355.75 |
| 86 | 454335.85 | 2198355.15 |
| 87 | 454329.82 | 2198355.00 |
| 88 | 454323.78 | 2198355.27 |
| 89 | 454319.40 | 2198355.74 |
| 90 | 454320.01 | 2198359.70 |
| 91 | 454324.09 | 2198359.26 |
| 92 | 454329.86 | 2198359.00 |
| 93 | 454335.60 | 2198359.15 |
| 94 | 454341.34 | 2198359.72 |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 40 | 454492.09 | 2198031.81 |
| 41 | 454494.34 | 2198028.85 |
| 42 | 454497.73 | 2198024.39 |
| 43 | 454503.72 | 2198015.29 |
| 53 | 454500.42 | 2198013.03 |
| 54 | 454494.47 | 2198022.08 |
| 55 | 454491.33 | 2198026.21 |
| **Continua…** | | |

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| 95 | 454347.19 | 2198360.59 |
| 96 | 454353.16 | 2198361.58 |
| 97 | 454359.27 | 2198362.49 |
| 98 | 454365.52 | 2198363.12 |
| 99 | 454371.86 | 2198363.34 |
| 100 | 454378.22 | 2198363.09 |
| 101 | 454384.55 | 2198362.29 |
| | | |

Para mayor detalle se anexa a la entrega el plano de despalme del Conjunto, referido con la clave “A-21” – Plano conjunto despalme, así como los planos georreferenciados de todos los componentes del proyecto, incluyendo los polígonos de CUSTF, además de los cuadros de coordenadas en formato de Exel (véase Anexos II.3 Planos y Memorias técnicas y II.4 Vértices CUSTF).

### II.2.6 Estudios preliminares

Previo a cualquier actividad tendiente al desarrollo del proyecto y una vez obtenida la autorización correspondiente, se llevarán a cabo el Proyecto ejecutivo, así como el Estudio de mecánica de suelos en las superficies de desmonte autorizadas.

En adición a lo anterior, se llevará a cabo el Estudio Geohidrológico correspondiente para determinar la ubicación y características de los pozos de aprovechamiento y de absorción, tal y como se indica en la Memoria de Cálculo Hidrosanitaria (véase Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas).

### II.2.7 Preparación del sitio y construcción

#### II.2.7.1 Preparación del sitio

En el presente apartado se describen las obras y actividades a desarrollarse en la etapa de preparación del sitio, las cuales, como se mencionó en el Programa de Trabajo son: 1) Trazo y delimitación de la superficie para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF); 2) Instalación de vivero temporal; 3) Rescate y reubicación de flora; 4) Rescate y reubicación de fauna; 5) Desmonte y despalme; 7) Almacenamiento y trituración de residuos vegetales; y 8) Clasificación y reutilización de material de desmonte.

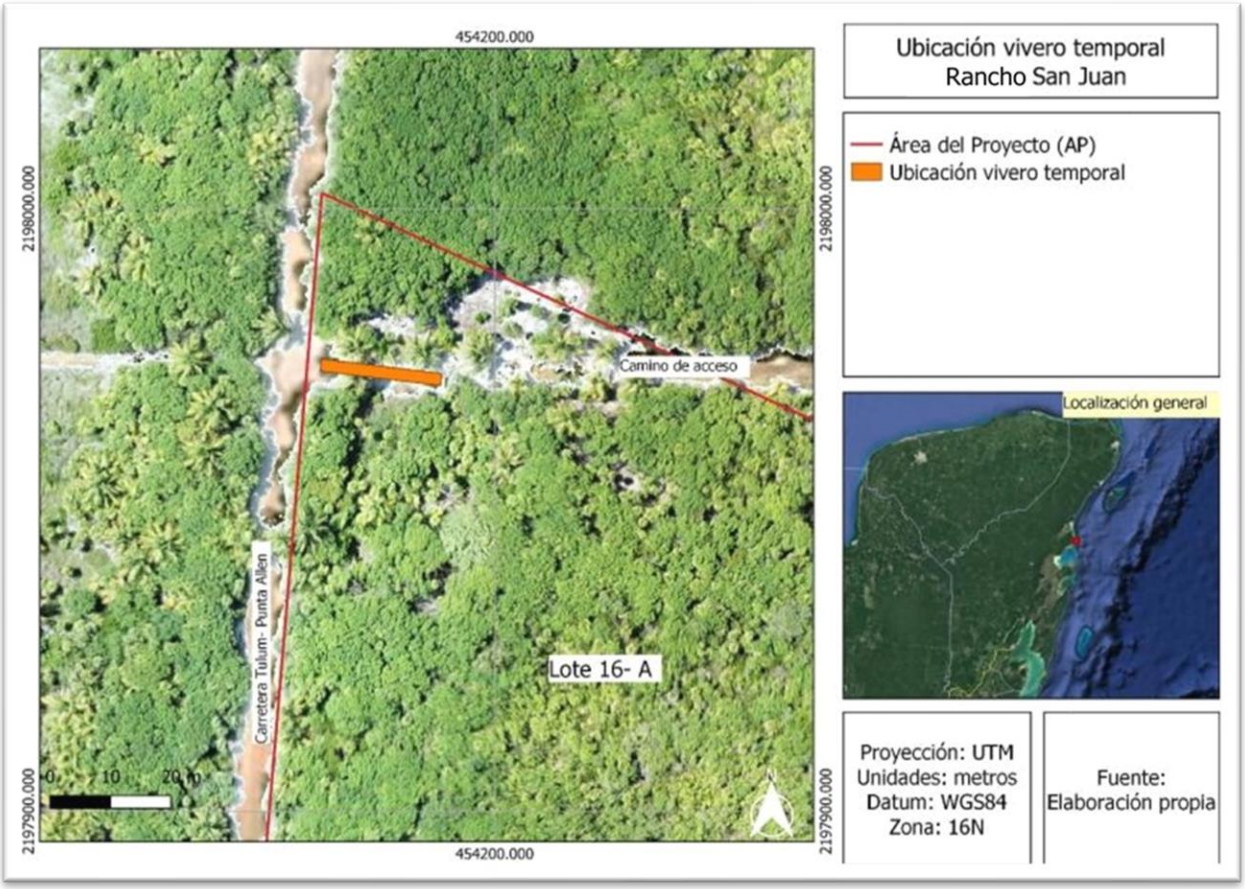
#### II.2.7.1.1 Trazo y delimitación de la superficie para el Cambio de Uso de Suelo Forestal (CUSF)

El trazo de la superficie para el CUSTF consiste en definir los ejes señalados del plano de obra sobre el terreno, además de determinar la diferencia de alturas entre varios puntos y un origen conocido (*i.e*., banco de nivel, el cual es colocado en una superficie no expuesta a desplazamientos). Con esto, se establecen las referencias necesarias para ubicar con precisión el proyecto (*i.e.*, camino de acceso, instalación hidráulica, Módulo de equipamiento y edificaciones: recámaras tipos A y B, Módulo Sala-Comedor) en la superficie del terreno de acuerdo con los niveles y dimensiones definidos, si bien, cabe señalar que dadas las características geomorfológicas del terreno, es prácticamente plano, con pocas pendientes. Para llevar a cabo esta actividad, los topógrafos realizan pequeñas brechas, retirando algunas ramas que obstaculicen el tránsito. Esta actividad tiene la finalidad de evitar la afectación de superficies que no están incluidas en el proyecto.

#### II.2.7.1.2 Instalación de vivero temporal

Se contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de Flora (véase Capítulos VI y VII), donde se considera la instalación de un vivero temporal, previo a las acciones de desmonte y despalme de la vegetación en la superficie para el CUSTF del proyecto; el vivero será de aproximadamente 20 $m^2$, y durante la construcción de la primera Casa Tipo se propone ubicarlo en un área libre de vegetación, correspondiente al camino de acceso existente y que atraviesa el extremo Noroeste del Lote 16-A (véase Mapa II.17); posteriormente, su ubicación irá cambiando conforme se vayan construyendo las demás Viviendas unifamiliares, pero siempre será sobre áreas sin vegetación en los Lotes.

El vivero tiene el objetivo de resguardar a los ejemplares de flora rescatados en la superficie del CUSTF del proyecto, proporcionando las condiciones propicias y cuidados necesarios, para asegurar plantas de calidad óptima, con lo que se espera aumentar la probabilidad de sobrevivencia y garantizar el éxito de su reubicación (Vázquez *et al.* 1997). Asimismo, contará con los siguientes componentes: señalización, cédulas de identificación de cada individuo (nombre científico, nombre común, número de individuo por cada especie; categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010, DOF 2010, DOF 2019), bodega y mangueras para riego. En una bitácora, para cada individuo, se registrará: fecha de ingreso, número de individuo, nombre de la especie rescatada, sobrevivencia, causa de mortalidad, de ser el caso, y fecha de egreso. Todos los registros se mantienen en una base de datos de Excel con la cual se puede monitorear el mantenimiento de los ejemplares y determinar su sobrevivencia.




**Mapa II.17.- Propuesta de ubicación inicial del vivero temporal.**

II.2.7.1.3 Rescate y reubicación de flora

Como se mencionó previamente, se contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de Flora, que a su vez contará con un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora (véase Capítulos VI y VII). La ejecución de este subprograma iniciará previo al desmonte de la superficie para el CUSTF del proyecto (superficie total **2.25** Ha). Así, a partir de las plantas registradas en el área del proyecto (*i.e.*, área del proyecto y SAR), se establecieron los siguientes criterios para seleccionar a las especies de flora susceptibles de ser rescatadas en la superficie para el CUSTF del proyecto: 1) especies nativas, 2) especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2022, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022, por sus siglas en inglés); 3) especies prioritarias (DOF 2014) y 4) especies endémicas (CONABIO 2022b).

Posteriormente, en el área de CUSTF del proyecto, se realizan recorridos para identificar y marcar tanto a los individuos de las especies de flora susceptibles de rescate como a los individuos que deben ser retirados o eliminados. Una vez identificados los individuos a ser rescatados, se realiza el rescate usando alguno de los siguientes métodos: a) toma de partes de plantas adultas (esquejes o estacas) para que puedan ser propagados de forma vegetativa, o bien, b) colecta de individuo completo, cuando su tamaño lo permita (*e.g.*, individuos jóvenes o menores a 1.5 m de altura). Cabe mencionar que el rescate de la flora, se realizará conforme el avance de las obras del proyecto. Una vez rescatados, los individuos serán trasladados y mantenidos con los cuidados necesarios en el vivero temporal.

Asimismo, el Programa de Manejo Integral de Flora, también contará con un Subprograma de Reforestación, cuya implementación iniciará una vez concluidas las fases de preparación y construcción del proyecto. La reforestación representa una medida compensatoria por la pérdida de cobertura vegetal en el área el CUSTF del proyecto. Para lo cual, se propone una superficie de 2.568 ha de áreas degradadas dentro del SAR o en un área definida por el municipio para tal fin, así como otras áreas dentro del Área del Proyecto (*e.g.*, áreas verdes, por ejemplo, debajo de la parte inferior del Módulo Sala-Comedor, o bien, áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento o caminos que así lo requieran). Una vez concluida la reforestación, se llevará a cabo el mantenimiento, así como un seguimiento por un periodo total de cinco años; dicho seguimiento se realizará a través de monitoreos, que se harán en primer lugar, diario el primer mes, en segundo lugar, mensualmente los primeros seis meses, y, en tercer lugar, semestralmente hasta que concluyan los cinco años. Si en cada monitoreo, se observa una sobrevivencia menor al 80% se deberá realizar la reposición de los individuos muertos, ya que el éxito de este subprograma está definido por la sobrevivencia de más del 80% de los individuos reforestados.

En adición, se prevé un proyecto de paisaje que regenere la flora de las zonas de despalme propuestas, integrando únicamente especies endémicas.

#### II.2.7.1.4 Rescate y reubicación de fauna

Al igual que con la flora, previo al desmonte de la superficie de CUSTF del proyecto (superficie total **2.25** Ha), se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna (véase Capítulos VI y VII). Así, a partir de las especies animales registradas en el área del proyecto (*i.e.*, área del proyecto y SAR), se establecieron los siguientes criterios para seleccionar a las especies de fauna susceptibles de ser rescatadas en la superficie de CUSTF del proyecto: 1) especies nativas, 2) especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2022, por sus siglas

en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022, por sus siglas en inglés); 3) especies prioritarias (DOF 2014), 4) especies endémicas (CONABIO 2022b), 5) especies con baja capacidad de desplazamiento (vagilidad),y 6) especies que por su conducta pudieran estar expuestos sus nidos o madrigueras al momento del desmonte.

Unas horas antes de la introducción de la maquinaria para el desmonte del área de CUSTF del proyecto, se realizará la instalación de un campamento cerca de la zona de rescate y se moverá de acuerdo con el avance del cambio de uso de suelo. Su finalidad será la de resguardar en condiciones óptimas, revisar su estado de salud, proveer cuidados e identificar a los organismos, lo cual ocurre en el lapso entre el rescate y la reubicación de la fauna. Una vez instalado el campamento, se implementan acciones de ahuyentamiento, tales como, generación de ruidos para que la fauna pueda desplazase a otros sitios (Hawthorne 1987). Con el ahuyentamiento se logra desplazar a la mayoría de las aves, así como a algunos reptiles y mamíferos a través del movimiento de madrigueras detectadas. Sin embargo, para aquellos de lento desplazamiento, se utilizan métodos de captura específicos para cada grupo biológico. Así, para el grupo de anfibios y reptiles (*e.g.*, lagartijas, culebras), se capturan con guantes de nitrilo y se colocan en bolsas de manta o mascoteras; en cuanto a serpientes venenosas, se capturan con gancho herpetológico y colocan en una cubeta con taparrosca. Respecto a las aves, previo al desmonte se realiza una búsqueda de nidos activos, mismos que se retiran cuidadosamente y se reubican en sitios cercanos sin ser intervenidos por las obras del proyecto. Para los mamíferos de tamaño pequeño y mediano, se usarán trampas tipo Sherman y Tomahawk, colocadas una noche antes de ser intervenida la superficie de CUSTF. Todos los organismos capturados, se identifican, se registran (especie y número de individuos por especie) y se resguardan en los contenedores correspondientes y se trasladan a los sitios para su reubicación en zonas que cumplan con características similares a las de su sitio de rescate.

#### II.2.7.1.5 Desmonte y despalme

Previo a las actividades constructivas es necesario realizar una limpieza del terreno, la cual consiste en la eliminación de la vegetación natural, eliminando malezas, así como elementos arbustivos o arbóreos, haciendo uso, en lo posible de herramientas menores, como machetes o motosierras, pero en caso de ser necesario, se usará una retroexcavadora hidráulica. Así, el desmonte en la superficie de CUSTF, permitirá el paso y operación de la maquinaria de construcción.

Asimismo, se llevará a cabo el despalme, que consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de las diferentes obras que contempla el proyecto. El despalme, también permite la eliminación de materia orgánica vegetal residual (*e.g.*, pequeños matorrales y hierbas) susceptible de causar problemas por

crecimiento posterior. El suelo fértil, se almacenará y protegerá dentro de las mismas áreas de desmonte y despalme, para posteriormente ser usado para las acciones de relleno durante la etapa de construcción, durante el mantenimiento de los ejemplares de flora en el vivero temporal, o bien en las áreas verdes y zonas de reforestación que se determinen.

#### II.2.7.1.6 Almacenamiento de residuos vegetales

El material producto del desmonte se colocará o acamellonará en los lados de la superficie a ser intervenida. Posteriormente, con el apoyo de cargadores frontales y camiones de volteo de 6 toneladas, de ser necesario, se retirará este material vegetal y se transportará a un sitio para su trituración, el cual se ubicará dentro de la misma superficie ya desmontada.

#### II.2.7.1.7 Clasificación, trituración y reutilización de material de desmonte

Una vez en el sitio de trituración, el material vegetal producto del desmonte se clasificará de acuerdo con su tamaño en ramas y troncos de diámetro pequeño (máximo 30 cm). Posteriormente, se procederá a realizar la trituración mediante una trituradora forestal. La trituración tiene el propósito de disminuir el volumen de los residuos vegetales. Seguidamente, el material vegetal triturado será trasladado a una zona específica para su posterior reutilización, de ser posible como composta (ES 2022), la cual podría ser usada en el vivero, o bien, en las áreas verdes del proyecto. De tal forma, que la clasificación, trituración y compostaje permitirá aprovechar de manera sostenible los residuos vegetales producto del desmonte.

#### II.2.7.1.8 Pozo de aprovechamiento

Considerando que la fuente de abasto de agua durante todas las etapas del proyecto será un pozo de aprovechamiento en cada Lote, tal y como se mencionó previamente, por lo que durante la etapa de preparación del sitio se llevará a cabo la perforación y construcción de esta obra, para lo cual, como primer paso para construir el pozo, se deberá evaluar su ubicación, ya que es crucial para su éxito y sostenibilidad a largo plazo. Una vez seleccionado el lugar donde estará localizado el pozo entonces se debe perforar un agujero e instalar un revestimiento (tubería) permanente. De esta manera, para acceder al agua subterránea, los trabajos de perforación deben incluir: la excavación superficial con herramientas manuales para extraer la arena del pozo y de ser necesario, proporcionar soporte de paredes de este para evitar el colapso mientras se perfora a una profundidad donde se encuentre agua dulce. Posteriormente, se ejecutarán pruebas de bombeo para medir la capacidad del agua y desarrollar el pozo.

El proceso de perforación será un pozo artesanal (cavado a mano), con herramientas simples como lo son el pico y pala. Como primer paso se deberá hacer un estudio que nos dictamine que

hay una fuente de suministro de agua, posteriormente se hará una excavación de una circunferencia de 1.5 m de diámetro hasta que se alcance la profundidad deseada, Por debajo del nivel freático se colocará una barrera de costales para evitar que el pozo colapse y se contamine. Por último, se colocará una bomba sumergible tipo lápiz dentro del pozo para extraer el agua del mismo.

#### II.2.7.1.9 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Las obras provisionales que se contempla instalar durante la ejecución de las diferentes obras y actividades del proyecto son: almacén para material en general, almacén para residuos, oficina, comedor para personal, caseta y campamento para personal. Estos elementos se ubicarán en la zona de desmonte propuesta entre el Módulo Sala-Comedor y la alberca. En esta misma zona se considera la instalación de dos sanitarios portátiles (15 personas por sanitario) para el uso de empleados durante la fase de construcción. Las obras provisionales serán retiradas al término de las etapas de preparación del sitio y construcción.

**Tabla II.25.- Obras provisionales del proyecto.**

| Obras | Dimensiones ($m^2$) | Temporalidad | Ubicación |
|---|---|---|---|
| Almacén para material en general | 150.00 | Provisional | Dentro del Área del proyecto |
| Almacén para residuos | 6.00 | | |
| Oficina | 18.00 | | |
| Comedor para personal | 20.00 | | |
| Caseta | 4.00 | | |
| Campamento para personal | 50.00 | | |
| **Total** | 248.00 | | |

Los trabajadores podrán habitar el campamento de lunes a sábado mientras sea jornada laboral, donde será obligatorio que los trabajadores duerman sobre el área asignada, la cual podrá ser dentro de la huella de desplante de algún elemento a construir.

### II.2.7.2 Construcción

#### II.2.7.2.1 Nivelación

Antes de iniciar cualquier actividad de construcción, se deben realizar los trazos topográficos correspondientes a cada edificio. Asimismo, se lleva a cabo la **nivelación del terreno**, la cual consiste en obtener la cota (desnivel) entre uno o varios puntos (GG 2018, IC 2022). Así, la nivelación es un proceso de mediciones o cálculos de elevaciones, considerando éstas como la distancia vertical medida desde una superficie de referencia hasta un punto determinado sobre

una superficie. Esta distancia vertical se mide a lo largo de una línea que sigue la dirección de la gravedad de la plomada. Algunos de los instrumentos de medición a usarse en el proyecto, son: estación total y prisma o nivel óptico (IC 2022). De esta manera, la nivelación del terreno permite identificar diferencias altimétricas, definir las cotas de obra y desniveles de tuberías del proyecto.

#### II.2.7.2.2 Excavación

La excavación, relleno y compactación del terreno se llevará a cabo de acuerdo con las cotas de nivel y dimensiones establecidas en los planos del proyecto (*e.g.*, plataformas de cada una de las edificaciones). Una vez que se conoce la inclinación del terreno, se inicia con el movimiento de tierras, las cuales involucran tanto a las actividades de excavación como a las de relleno en conjunto de acuerdo con los planos detallados de obra del proyecto. Así, mediante la **excavación** se realizan cortes, cavidades, zanjas, trincheras o depresiones artificiales en el terreno hasta la profundidad y anchos requeridos para alojar todas las líneas de servicios (*e.g.*, agua, desagüe, energía eléctrica). Además, la excavación permitirá el establecimiento de cimientos estables, libres de asentamientos y contribuyendo a la durabilidad de la construcción; a partir de la superficie estimada de desmonte por Casa de aproximadamente 1,843.35 m², se considera un volumen de excavación estimado de 145 m³ por cada Casa.

El proceso de excavación incluye actividades como la carga de material, transporte y descarga (AC s/f), por lo que se contempla el uso de maquinaria como: retroexcavadora, cargador frontal y camión de volteo.

Para las Viviendas unifamiliares, debido a que las zonas comunes destinadas a cocina, comedor y sala de estar, se contemplan elevadas del nivel de piso sobre pilotes, buscando el mínimo impacto y contacto con el suelo, se hará el hincado de pilotes para lo cual se realizará la excavación para la colocación de cada pilote usando un demoledor neumático y un compresor.

#### II.2.7.2.3 Instalación de servicios

La instalación de los servicios se realizará dentro de las trincheras formadas durante la excavación. Esto incluye a todas las tuberías de servicios telefónicos, eléctricos, de gas, hidrosanitarios (*i.e.*, redes de agua potable/sanitarias, drenaje pluvial), así como registros y pozos de visita, entre otros. Posterior a la instalación de los servicios, se procede a realizar los rellenos correspondientes.

En esta fase de la etapa de construcción, se incluyen también los pozos de absorción, cuya construcción implica la excavación del pozo y la instalación de las tuberías de drenaje, para posteriormente agregar grava y piedra para llenar el pozo.

#### II.2.7.2.4 Relleno

Respecto al **relleno** del terreno, se puede realizar con el mismo suelo producto del despalme o con material procedente de bancos de préstamo autorizados. El material de relleno no deberá exceder los 5 cm de diámetro. El relleno del terreno, igualmente se realizará a través del uso de retroexcavadoras o cargadores frontales y camiones de volteo.

#### II.2.7.2.5 Compactación

Posteriormente, se realizará la **compactación** del terreno mediante la cual se consigue comprimir a las partículas que conforman la superficie, con la finalidad de reducir el vacío, evitar filtraciones de agua, hundimiento del suelo y la deformación de estructuras. Con ello, se obtiene un terreno mucho más sólido y estable, asegurando una mayor resistencia y duración de la construcción (CV 2019, 2020). La compactación se llevará a cabo mediante compactadores y vibro compactadores, con los cuales se somete al suelo a vibraciones de alta frecuencia dando la uniformidad y compresión de las partículas deseada.

#### II.2.7.2.6 Cimentación

Los trabajos de cimentación inician con el armado estructural de cimentación, la cimbra de la cimentación, y colado de pilotes para proceder con la perforación, hincado de pilotes, descabezamiento de los pilotes, armado de dados y contratrabes para la unión de las mismas. Todo trabajado dentro del margen delimitado como área de trabajo.

#### II.2.7.2.7 Construcción de edificaciones

**Edificios.** Se inicia con la colocación de muros de mampostería de block con una mezcla de cemento y arena hecha en el sitio. Luego, se cimbran y cuelan castillos, columnas y dalas de cerramiento. Posteriormente, se habilita la cimbra de la losa, así como trabes, nervaduras, casetones, fronteras, el armado de la losa y se habilitan instalaciones. Después se cierran los armados por temperatura y se cuela el concreto de las losas. Seguidamente, se realiza el proceso de curado y a los 28 días se procede a descimbrar los elementos fraguados. Este proceso se repite según el número de niveles de cada edificio, en esta etapa.

**Albercas**. Las albercas se construyen con un proceso paralelo; se cimbra el casco del cuerpo de agua, se habilita el acero de refuerzo, se colocan las instalaciones correspondientes y se cuela con concreto.

II.2.7.2.8 Terminado

**Albañilerías**. Se inicia el trabajo de forjados de nichos, detalles, mesetas, pretiles, chaflanes, firmes y sobre firmes. Una vez cerrados los volúmenes arquitectónicos, se procede a realizar los aplanados de mezcla cemento arena, interiores y exteriores. Finalmente, se da el acabado fino con una mezcla de cemento-arena.

**Impermeabilizaciones**. Se impermeabilizarán las áreas necesarias, tales como azoteas, áreas de baño y jardineras. Todo dentro del área delimitada.

**Acabados**. Se inicia con la colocación de pisos, recubrimientos en baños y cubiertas en muebles de baño. Por último, se coloca la pintura correspondiente en muros y plafones. En las albercas se coloca el acabado correspondiente según especificaciones del proyecto.

**Equipos**. Se instalan los equipos de calentadores, recirculadores y equipos de albercas, según proyecto.

**Cancelería y ventanera**. Se instalan canceles y ventanas según requerimientos del proyecto.

**Carpintería**. Se suministra e instalan puertas, pérgolas y muebles de carpintería según proyecto.

**Muebles de baño y cocina**. Se suministra e instalan muebles de baño y cocina según proyecto.

**Jardinería y riego:** Se hará un proyecto de paisaje tomando en cuenta a las especies de flora registradas a través de los muestreos del Área del Proyecto. Esto con el objetivo de utilizar únicamente especies que sean compatibles con las que se encuentran en cada lote.

II.2.7.2.9 Suministro de materiales

Todos los materiales de construcción serán provenientes de los bancos de préstamo más próximos al Área del Proyecto, por ejemplo, Tulum, Punta Allen o Cancún. El transporte de este material se realizará mediante camionetas tipo Pick up y camiones de redilas, y la planeación de entrega de insumos se realizará de forma semanal respecto al calendario de obra. Una vez en el Área del Proyecto, los materiales se acomodarán en bancos de depósito, localizados en las casetas desmontables que estarán en la zona de desmonte del Módulo Sala-Comedor.

Como materiales principales para la construcción se considera: Acero, cimbra y concreto para la cimentación, concreto transportado con ollas de hasta 7 m³ por olla. Cemento y mortero en una camioneta Pick up. Block de 15 x 20 x 40, transportado en una camioneta de redilas. Otros

agregados como polvo y grava provenientes de los bancos de materiales de Tulum, en camiones de volteo de 7 m³.

La cimentación está planteada por medio de pilotes armados y colados en sitio, la estructura será de marcos de concreto y las losas de vigueta y bovedilla de cemento-arena. Los decks, pergolados y las fachadas están diseñados de madera tropical y los acabados en general son de chukum sobre muros de block. Para mayor detalle, véase proyecto estructural anexo, planos referidos con la clave “ES” – Estructural, incluidos en el Anexo II.3 Planos y Memorias técnicas.

#### II.2.7.2.10 Uso de Maquinaria y Equipo

La maquinaria utilizada en la preparación del sitio y construcción, no será propiedad del promovente, sino que se celebrará un contrato con una empresa arrendadora. Se solicitará una flota de modelo reciente con el propósito de evitar emisiones de humos y evitar posibles derrames de aceites. El mantenimiento de la maquinaria deberá ser realizado fuera del área del proyecto, en los talleres de prestadores de servicios autorizados. El combustible requerido para su operación podrá ser suministrado de la estación local de servicios, por lo que no será necesario almacenar combustible en los Lotes.

Se contempla que la maquinaria y equipo a utilizar para la preparación del sitio y construcción serán: retroexcavadoras (1), manos de chango (1), cargadores frontales (1), camiones de volteo (según las entregas de material), compactadores (2), vibro compactadores (1) y camionetas pick up (1 fijo). El uso de esta maquinaria y equipo será variable durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, dado que se construirá por Fases, existiendo traslape entre una y otra etapa, pudiendo en ocasiones ser más o menos maquinaria y equipo.

#### II.2.7.2.11 Requerimientos de personal

La cantidad de trabajadores requeridos durante la preparación del sitio y construcción, podrá variar en función de los ajustes que se puedan realizar en las actividades del proyecto, pero se estima un total de 49 de diversas especialidades técnicas (véase Tabla II.26). Sin embargo, se considera que en promedio sean 20 trabajadores los que estarán laborando en el sitio del proyecto, ya que no todos los especialistas se requieren a un mismo tiempo. Para ellos, se mantendrá capacitación constante y se establecerán medidas de seguridad. Asimismo, se dará prioridad a la contratación de personal de la localidad.

**Tabla II.26.- Requerimientos de personal durante la preparación del sitio y construcción.**

| Puesto | Cantidad |
|---|---|
| Director técnico de obra | 1 |
| Residente de obra | 1 |
| Maestro de obra | 1 |
| Oficial de construcción | 15 |
| Ayudante para construcción | 15 |
| Técnico instalador | 4 |
| Ayudante instalador | 4 |
| Cabo de estructura/lamina | 1 |
| Oficial de estructura/lamina | 3 |
| Ayudantes de estructura/lamina | 3 |
| Vigilante | 1 |
| **Total** | **49** |

II.2.7.2.12 Requerimiento de agua

Durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción, la fuente de abasto del agua necesaria para las diferentes obras y actividades, será el pozo de aprovechamiento de cada Lote, y sólo en caso de requerirse, se podría utilizar agua de pipas.

Particularmente en la etapa de preparación del sitio, el consumo de agua estará únicamente enfocado hacia la compactación y nivelación del terreno por la necesidad de tener el área de compactación húmeda, y se estima un volumen de agua de 5,000 lts.

En cuanto al consumo de agua requerido para la etapa de construcción, será de 1 contenedor de 10,000 litros por semana, por lo que considerando que esta etapa dura un total de 1 año (52 semanas), se estima un volumen de agua total de 520,000 litros por Casa Tipo.

Finalmente, se contempla que el agua para consumo del personal, será suministrada a través de garrafones de 20 litros, y considerando que en la obra habrá en promedio 20 trabajadores, se estima un consumo aproximado de 2 garrafones diarios, los cuales serán adquiridos en los comercios cercanos.

II.2.8 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo

**Estimación del volumen maderable.**

Para estimar el volumen maderable aprovechable que se puede extraer derivado de las acciones de derribo de arbolado en la etapa de preparación del sitio del proyecto **Rancho San Juan**, la base de información para hacer el cálculo correspondiente, fueron los 8 sitios de muestreo de flora silvestre realizados en el Área del Proyecto. En este sentido, es importante mencionar que todos los sitios de muestreo corresponden al mismo tipo de vegetación que es selva con palma Chit.

El volumen unitario se obtuvo para cada especie o grupo mediante las ecuaciones generadas en el Inventario Estatal Forestal de Yucatán (CONAFOR, 2015) y que son compatibles con la vegetación del sitio del proyecto. El modelo estadístico utilizado para generar las ecuaciones se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.27.- Ecuaciones alométricas usadas para el cálculo de volumen maderable unitario.**

| Tabla | Ecuación Alométrica |
|---|---|
| **1** | EXP(-10.01137401 + 1.97688779 * LN(DN) + 1.02860759 * LN(H)) |
| **3** | EXP(-10.06001321+1.98160359*LN(DN)+1.03695598*LN(H)) |
| **4** | EXP(-9.67348922 + 1.86887607 * LN(DN) + 1.01858126 * LN(H)) |
| **5** | EXP(-9.843341 + 1.92700277 * LN(DN) + 1.00612327 * LN(H)) |
| **6** | EXP(-9.88284891+1.92178549*LN(DN)+1.04714889*LN(H)) |
| **7** | EXP(-9.890611571+1.924447818*LN(DN)+1.04545276*LN(H)) |
| **8** | EXP(-9.98357915 + 1.95005045 * LN(DN) + 1.05153755 * LN(H)) |
| **10** | EXP(-9.60981068 + 1.8285472 * LN(DN) + 1.01082458 * LN(H)) |
| **11** | EXP(-9.5643815+1.82330416*LN(DN)+1.01741981*LN(H)) |
| **12** | EXP(-9.52774573+1.76329568*LN(DN)+1.08168791*LN(H)) |
| **13** | EXP(-9.87689 + 1.9349903 * LN(DN) + 1.03862975 * LN(H)) |

Donde:

***V*** = *Volumen Total Árbol (VTA) en* $m^3$

***Exp*** = *Exponencial*

***DN*** = *Diámetro Normal*

***H*** = *Altura Total*

***ln*** = *Logaritmo Natural*

Una vez obtenido el volumen unitario, se agruparon los individuos por especie y se determinaron las existencias por hectárea y totales en la superficie del proyecto donde se realizará el CUSTF (2.25 Ha).

El procedimiento señalado se realizó en una hoja de cálculo de Excel, la memoria de cálculo se adjunta al presente como Anexo II.5 Base datos Volumen maderable y Captura Carbono.

En los apartados siguientes se muestran los resultados obtenidos por grupo y especies qué incluyen:

**Volumen maderable a remover por tipo de vegetación**

Como resultado de los trabajos de campo y análisis de información, se determinó una superficie de 2.25 ha de terrenos forestales, que corresponden a selva con palma Chit. En este tipo de vegetación, se estima remover en total un volumen maderable de 271.5583 $m^3$ VTA y 9,606 individuos totales como se muestran en la siguiente Tabla:

**Tabla II.28.- Volumen maderable estimado a remover en la Vegetación de selva con palma Chit.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Individuos /Ha | Volumen/ Ha | Individuos Totales | Volumen Total ($m^3$ VTA) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 12.5 | 0.3862 | 28 | 0.8690 |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 18.8 | 0.3376 | 42 | 0.7596 |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 25.0 | 4.8362 | 56 | 10.8815 |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | 43.8 | 6.8095 | 99 | 15.3214 |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 62.5 | 0.5347 | 141 | 1.2031 |
| **6** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 706.3 | 66.1220 | 1,589 | 148.7745 |
| **7** | *Morella cerifera* | Árbol de Cera | 87.5 | 1.5653 | 197 | 3.5219 |
| **8** | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | 37.5 | 0.3423 | 84 | 0.7702 |
| **9** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 143.8 | 0.7933 | 324 | 1.7849 |
| **10** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 12.5 | 0.3305 | 28 | 0.7436 |
| **11** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 150.0 | 0.0299 | 338 | 0.0673 |
| **12** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 2,968.8 | 38.6050 | 6,680 | 86.8613 |
| **Total** | | | **4,269.0** | **120.6925** | **9,606** | **271.5583** |

En la tabla anterior, se puede apreciar que, las especies con mayor cantidad de individuos a remover son: *Thrinax radiata* (Palma Chit) y *Metopium brownei* (Chechem negro). Estas 2 especies concentran el 86.08% del total de los individuos a remover.

En el caso de la estimación del volumen total a remover, las especies *Thrinax radiata* (Palma Chit) y *Metopium brownei* (Chechem negro), también concentran la mayor cantidad de volumen maderable, que representa el 86.77% del volumen total maderable.

**Volumen maderable a remover por especie**

El número de individuos a remover por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo del proyecto en una superficie de 2.25 ha, es de 9,606 y 271.5583 $m^3$ VTA, tal y como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.29.- Individuos y volumen a remover por especie por el cambio de uso de suelo propuesto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Individuos Totales | Volumen Total ($m^3$ VTA) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 28 | 0.8690 |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 42 | 0.7596 |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 56 | 10.8815 |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | 99 | 15.3214 |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 141 | 1.2031 |
| **6** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 1,589 | 148.7745 |
| **7** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 197 | 3.5219 |
| **8** | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | 84 | 0.7702 |
| **9** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 324 | 1.7849 |
| **10** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 28 | 0.7436 |
| **11** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 338 | 0.0673 |
| **12** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 6,680 | 86.8613 |
| **Total** | | | **9,606** | **271.5583** |

**No maderables**

Las especies que corresponde a las No maderables, son todas las especies agrupadas en el estrato herbáceo o arbustivo que no presentan lignificación (tallo leñoso). En este caso en particular, sólo se identificó una especie, *Hymenocallis littoralis* (Azucena de Agua), la cual representa 175 individuos por hectárea, para un total de 394 individuos a remover por el cambio de uso de suelo que se propone.

**Volumen y número de individuos a remover por propietario**

De acuerdo a la documentación legal que presenta el promovente para el proyecto, mismo donde se removerá una superficie de 2.25 ha., es de propiedad particular. En total se estima la remoción

de 9,606 individuos con características maderables y 394 individuos no maderables. El volumen maderable estimado a remover por el cambio de uso de suelo propuesto, es de 271.5583 $m^3$ VTA de 12 especies arbóreas y arbustivas, como se indica en la siguiente Tabla:

**Tabla II.30.- Individuos y volumen maderable estimado a remover por Propietario en la superficie de CUSTF.**

| Grupo | Especie | Nombre Común | Individuos /Ha | Volumen /Ha | Individuos Totales | Volumen Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maderable | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 12.5 | 0.3862 | 28 | 0.8690 |
| | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 18.8 | 0.3376 | 42 | 0.7596 |
| | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 25.0 | 4.8362 | 56 | 10.8815 |
| | *Cocos nucifera* | Coco | 43.8 | 6.8095 | 99 | 15.3214 |
| | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 62.5 | 0.5347 | 141 | 1.2031 |
| | *Metopium brownei* | Chechem negro | 706.3 | 66.1220 | 1,589 | 148.7745 |
| | *Morella cerifera* | Árbol de Cera | 87.5 | 1.5653 | 197 | 3.5219 |
| | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | 37.5 | 0.3423 | 84 | 0.7702 |
| | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 143.8 | 0.7933 | 324 | 1.7849 |
| | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 12.5 | 0.3305 | 28 | 0.7436 |
| | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 150.0 | 0.0299 | 338 | 0.0673 |
| | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 2,968.8 | 38.6050 | 6,680 | 86.8613 |
| No Maderable | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 175.0 | - | 394 | - |
| **Total** | | | | | **10,000** | **271.5583** |

**Transporte de materias primas forestales**

Es importante mencionar que los productos forestales maderables estimados en este Capítulo, NO serán comercializados por el promovente, motivo por el cual **No será necesario** tramitar las remisiones forestales para acreditar la legal procedencia de materias primas forestales. Los residuos forestales producto del desmonte y despalme se usarán para conformar las áreas verdes. Por lo anterior, solo se almacenarán de manera temporal, para su posterior uso en la etapa de construcción y en caso necesario, se realizará su trituración o disposición final como basura orgánica.

### II.2.9 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en su artículo 7, fracción XLVI, establece que los recursos biológicos forestales comprenden las especies y variedades de plantas, hongos y

microorganismos de los ecosistemas forestales y su biodiversidad y en especial aquéllas para la investigación.

La valoración monetaria de los recursos biológicos es una disciplina económica en desarrollo por lo que las formas, métodos, alcance y límites de la valoración económica ambiental, se encuentran aún en discusión. La importancia de evaluar económicamente las funciones ecológicas de los ecosistemas y de sus recursos de interés comercial es una línea de investigación de frontera.

### II.2.9.1 Recursos forestales

Tomando como referencia la definición anterior, se puede establecer que con respecto al componente flora, éste se puede aprovechar como recurso forestal maderable y no maderable. De las especies identificadas en campo, se pueden encontrar los tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo, siendo las especies arbóreas y algunas arbustivas las que cuentan con potencial maderable (postes, pilotes y/o leña), en tanto que para las herbáceas y también arbustivas se suponen aprovechamientos como medicinal, ornamental y forrajero, principalmente, con lo cual se realiza su estimación económica, sin perder de vista que, en la zona de estudio no se hace notable un aprovechamiento de manera comercial.

Referente a la biodiversidad, ésta engloba a las diferentes especies de fauna, que se considera otro componente importante de los ecosistemas, respecto al cual, los estudios realizados en campo muestran en el área riqueza faunística alta principalmente en aves y media-alta para mamíferos y reptiles. No se identificaron UMAS de aprovechamiento silvestre en el área, sin embargo, se identificaron varias especies con potencial para aprovechamiento cinegético o comercial.

Así pues, para lograr una estimación económica del valor que representan los recursos forestales en el área que pretende el proyecto, se determinan los usos potenciales de las especies de flora presentes en dicha superficie, mismos que se especifican en la siguiente Tabla:

**Tabla II.31.- Usos potenciales de las especies registradas en el Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre común | Uso Potencial | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | Construcción | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx) |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | Medicinal<br>Combustible (Leña)<br>Restauración | Intagri.com (El caco como cultivo potencial). Biblioteca digital de la medicina mexicana (www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx |

| No. | Nombre Científico | Nombre común | Uso Potencial | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Manual de campo para la identificación de árboles, arbustos y palmas del Jardín Botánico Universitario "José Narciso Rovirosa" y sus alrededores, en Villahermosa, Tabasco, México |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | Ornamental<br>Medicinal | Ficha virtual (www,cicy.mx) |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | Comestible<br>Industria<br>Construcción<br>Paisaje | Biblioteca digital de la medicina mexicana (www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | Atesanal<br>Restauración<br>Medicinal | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx)<br>Árboles de Veracruz 100 especies para la reforestación estratégica (centenariosver.gob.mx) |
| **6** | *Metopium brownei* | Chechem negro | Medicinal<br>Maderable<br>Construcción | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx)<br>Información de especies (www.conabio.gob.mx) |
| **7** | *Morella cerifera* | Árbol de Cera | Medicinal<br>Ornamental<br>Combustible | www.arbolesornamentales.es La familia Myricaceae en el estado de Jalisco, México. Instituto de Botanica. Universodad de Guadalajara. |
| **8** | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | Restauración<br>Colorante | Catálogo de Flora de Kaxil Kiuic, Merida Yucatán México, 2014. |
| **9** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | Construcción<br>Combustible | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx), (Pithecellobium dulce) |
| **10** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | Maderable<br>Construcción<br>Ebanistería | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx), Ficha virtual (www,cicy.mx) |
| **11** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | Construcción<br>Melífera<br>Maderable<br>Comestible | Catálogo de especies de CONAFOR (www.conafor.gob.mx), |
| **12** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | Construcción y techado de palapas<br>Artesanías<br>Paisaje | Ficha virtual (www,cicy.mx) |
| **13** | Hymenocallis littoralis | Azucena de Agua | Ornamental | Información de especies (www.conabio.gob.mx), https://www.elmundoforestal.com |

Como se observa en la Tabla anterior, las especies presentes en el área de afectación tienen diversos usos potenciales, mismos que se consideran en este Capítulo para valoración económica, en el supuesto de su aprovechamiento y venta.

#### II.2.9.1.1 Uso Maderable

Tomando como referencia las especies y su posible comercialización a nivel local o regional para la venta y/o comercialización maderable, se tienen el volumen estimado a remover en el Área del Proyecto de 271.5583 m3 VTA, que pudieran ser aprovechados para aserrio, construcción o leña. En el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE) de la CONAFOR, en su reporte del primer semestre 2022, el precio de madera tropical en rollo libre a bordo en planta (aserradero) es como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla II.32.- Precios de madera tropical ($/m$^3$).**

| Especie | Largas dimensiones | | Madera en Pie |
|---|---|---|---|
| | Primario | Secundario | |
| Caoba | 3,500.00 | 1,875.00 | 2,583.33 |
| Tzalam | 3,415.00 | 2,657.50 | 1,816.67 |
| Otras Latifoliadas | 1,038.09 | 1,038.09 | N/D |

Considerando el precio para productos secundarios y el volumen maderable estimado en el área de CUSTF, por la comercialización de estos productos se podría obtener un total de **$281,901.96 pesos**. Esta valoración es considerando el 100% del volumen aprovechable y venta directa en aserradero.

Es importante señalar, que el valor obtenido es en base a los precios sugeridos en el SIPRE, mismos que son asignados a zonas forestales con aprovechamientos, en el caso particular del proyecto, no se registran indicios de aprovechamiento forestal comercial en el sitio, por lo tanto, es una valoración de referencia solamente. En los recorridos de campo en el Área del Proyecto, no se evidenciaron rastros de aprovechamiento maderable (apilamiento o extracción de leña) para combustible.

#### II.2.9.1.2 Uso Ornamental

Si se considera el uso potencial ornamental, el valor económico que se estima representa alrededor de **$310,994 pesos**. Debido a que se trata de especies nativas en estado adulto, es complicado definir un precio real pues incluso es difícil conseguir dichas especies en viveros, y de venderse, normalmente son ejemplares jóvenes o plantas pequeñas que garantizan y

economizan su establecimiento (plantación), por tanto, se asignan para este caso, precios sugeridos, como se indica en la siguiente Tabla:

**Tabla II.33.- Especies identificadas en el área del proyecto, con uso potencial como ornamental.**

| Nombre Científico | Nombre común | Individuos Totales | Precio sugerido | Total |
|---|---|---|---|---|
| *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 42 | 12 | 504.0 |
| *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 56 | 10 | 560.0 |
| *Cocos nucifera* | Coco | 99 | 80 | 7,920.0 |
| *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 141 | 10 | 1,410.0 |
| *Thrinax radiata* | Palma Chit | 6,680 | 45 | 300,600.0 |
| **Total** | | | | **310,994.0** |

II.2.9.1.3 Uso Medicinal

Si se considera como uso potencial plantas medicinales, dado que no hay datos precisos sobre el valor del kilogramo de productos medicinales derivados de especies nativas, de manera arbitraria se asigna el valor de $80.00 pesos por kilogramo (Tapia y Reyes, 2008, mencionan que las plantas medicinales en mercados urbanos alcanzan un valor entre $50 y $350 pesos mexicanos por kg en Mercado Sonora, Jamaica y Central de Abasto en la Ciudad de México). Asimismo, se desconoce la cantidad de producto medicinal que se puede obtener de cada individuo pues va desde el uso de la corteza, hojas, flores, raíces, o la madera misma, por lo que se considera un promedio de 100 gr por individuo ya que la mayoría corresponde a herbáceas o arbustos pequeños, a excepción de *Metopium brownei* (Chechem negro) y *Morella cerífera* (Árbol de Cera) a los cuales se les asigna un promedio de 300 gr por planta ya que corresponde a arbusto y árboles grandes. Con estos datos se estima la obtención de un total de 540.0 kg de planta medicinal que representaría un valor económico de **$43,200 pesos,** como se indica en la siguiente Tabla:

**Tabla II.34.- Beneficios económicos a obtener por la venta de productos como uso medicinal.**

| Nombre Científico | Nombre común | Individuos Totales | Kg | Total ($) |
|---|---|---|---|---|
| *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 42 | 4.2 | 336.0 |
| *Metopium brownei* | Chechem negro | 1,589 | 476.7 | 38,136.0 |
| ***Morella cerifera*** | Arbol de Cera | 197 | 59.1 | 4,728.0 |
| **Total** | | | | **43,200.0** |

II.2.9.2 Fauna Silvestre

Resultado de los trabajos de campo, en los polígonos de CUSTF se observaron 85 especies de fauna silvestre (3 anfibios, 17 reptiles, 58 aves y 7 mamíferos). A pesar de que no se identificaron UMAS de aprovechamiento silvestre en el área que se pretende para CUSTF, se identificaron

varias especies con potencial para aprovechamiento cinegético o comercial, a las cuales es difícil asignar una valoración económica pues dependerá de la especie, temporada y su condición, siendo el principal uso que se visualiza en la zona y en poblados en general, como aves canoras y de ornato.

Dada la dificultad de asignar un valor económico a las aves, se toma como referencia un artículo de la Revista AMMVEPE, donde Gómez, Teutli, Reyes y Valadez (2005) dan a conocer una lista de aves que se expenden en diversos tianguis tradicionales y mercados del Distrito Federal (ahora Ciudad de México) y sus alrededores, donde se mencionan costos, según información proporcionada por comerciantes.

Los precios del mercado de los reptiles son significativamente variables, no existen tendencias claras e identificadas y se ven afectados por distintos factores que incluyen: las restricciones del comercio, la reproducción en cautiverio, el incremento de leyes protectoras de animales, la fluctuación entre la oferta y la demanda como parte de la abundancia o rareza de las especies. Sin embargo, en Estados Unidos el precio promedio de una cría como mascota es de US$20 y en México el mismo reptil tiene un precio de $150. En cuanto a la fauna silvestre que se vende en forma ambulante y clandestina en algunos mercados regionales, se encuentran rangos desde $207 hasta $200 y dependen del tamaño y género del animal; de los platillos preparados a base del mismo reptil no se tienen datos precisos, puesto que los restaurantes que los venden lo hacen en forma “oculta” y no hay precios estandarizados (Traffic North America Report 2000).

El aprovechamiento de especies de fauna del grupo de mamíferos, puede ser para alimento, como medicina, protección (dar muerte por ser considerada como plaga o dañina), aprovechamiento de piel y para usar como mascota.

Las especies que presentan un potencial cinegético son solo 3: *Zenaida asiática* (Paloma alas blancas), *Procyon lotor* (Mapache), *Nasua narica* (Tejón o Coatí). Dado que son especies de baja abundancia se estima que hay menos de 25 ind/ha, por lo que en total en el Área del Proyecto se estima 56 individuos en total para cada especie. En la siguiente Tabla se presentan las especies de importancia cinegética identificadas, así como el valor aproximado:

**Tabla II.35.- Especies de fauna con potencial cinegético en el área de CUSTF.**

| Grupo | Nombre Científico | Nombre común | Valor Unitario ($) | Clasificación | Valor Total ($) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Aves* | *Zenaida asiática* | Paloma alas blancas | 30.0 | Rara | 1,680.0 |
| *Mamíferos* | *Procyon lotor* | Mapache | 300.0 | Rara | 16,800.0 |
| | *Nasua narica* | Tejón o Coatí | 250.0 | Rara | 14,000.0 |
| | | | | **Total** | **32,480.0** |

Este recurso que ofrece el bosque no presentará una afectación importante, ya que la fauna es dinámica y se prevé un ahuyentamiento y reubicación (de ser el caso) antes de iniciarse con las actividades que conlleva el desarrollo del proyecto.

### II.2.9.3 Servicios Ambientales

Además de los productos forestales que se pueden identificar en el área que pretende el proyecto, también existen servicios ambientales que los recursos naturales prevén e influyen directa o indirectamente en la vida diaria. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su artículo 7, fracción LXI, define a los servicios ambientales como: los beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano.

La vegetación es un componente muy importante de las cuencas hidrológicas, proporcionan servicios ambientales como la captura de $CO_2$, regula el clima y el flujo del agua, es el hábitat de muchas especies de animales, protege al suelo de la erosión y pueden ser fuente de materia prima como madera, leña y postes para cercos (FAO, 1999, citado por Palacios J., et al. 2009). A continuación, se presenta la valoración económica de los principales servicios ambientales identificados en el área en cuestión:

#### II.2.9.3.1 Provisión de agua en calidad y cantidad

Para determinar una valoración económica de este servicio, se toma como referencia los apoyos que otorga la CONAFOR en el concepto “pago por servicios ambientales hidrológicos” para promover la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas, para lo cual es necesario acreditar una superficie mínima de 20 ha distribuida en máximo cuatro polígonos y con cobertura forestal en buen estado de conservación.

El área que pretende el proyecto NO se ubica en zonas elegibles por la CONAFOR para el PSA, sin embargo, se toma como referencia para la valoración económica, suponiendo entonces que se obtuviera este apoyo y se considera el valor más bajo otorgado para el área 3b que establece un monto de $280 pesos/hectárea/año en su modalidad de pago por servicios ambientales hidrológicos. Así pues, tomando en cuenta la superficie forestal con cobertura vegetal que pretende el proyecto (2.25 ha), este representaría $630.0 pesos al año. Si se considera un periodo de 5 años, que es el tiempo que definen las reglas de operación en este concepto, se tendría un recurso económico total de **$3,150.0 pesos**.

### II.2.9.3.2 Captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales

La valoración económica de este servicio se realiza tomando de referencia datos de carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México, así como el precio promedio ponderado determinado por Bezaury (2009) de $US 12.77 por tCO2e, mismo que se determinó basado en el precio por tonelada de carbono equivalente (tCOe) negociado dentro del marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto. A continuación, se presenta una Tabla con las existencias de carbono en los diferentes tipos de vegetación en México:

**Tabla II.36.- Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México (tCO2e/ha).**

| Vegetación | Aérea | Suelo | Raíces | Total |
|---|---|---|---|---|
| Bosque de coníferas | 118 | 120 | 19 | 257 |
| Bosque de encino | 105 | 126 | 5 | 236 |
| Bosque mesófilo de montaña | 189 | 205 | 36 | 430 |
| Selva perennifolia | 186 | 115 | 4 | 305 |
| Selva tropical caducifolia, subcaducifolia y bosque espinoso | 54 | 100 | 0 | 154 |
| Matorral xerófilo y vegetación semiárida | 19 | 60 | 1 | 80 |
| Pastizal natural, halófilo y gipsófilo | 16 | 81 | 0 | 97 |
| Vegetación acuática y subacuática | 223 | 59 | 0 | 282 |

El tipo de cobertura vegetal que se parece más a la selva con palma Chit del proyecto, es Selva tropical caducifolia, subcaducifolia y bosque espinoso, se considera entonces un almacenamiento de 154 tCO2e/ha, teniendo así un almacenamiento total de carbono de 346.5 ton en 2.25 ha de CUSTF. Este almacenamiento total obtenido se multiplica por el precio promedio por tCO2e, representando un valor económico total de $US 4,424.80 que equivalen a **$76,593.37 pesos**, de acuerdo al tipo de cambio peso/dólar de aproximadamente 17.31 pesos M.N (Consulta 03/08/2023 del Banco de México).

### II.2.9.3.3 Generación de Oxígeno

La generación o liberación de oxígeno es un servicio que tiene estrecha relación con el servicio de captura de carbono, del cual depende, pues el $CO_2$ capturado por las plantas es asimilado mediante el proceso de fotosíntesis liberando como producto residual el oxígeno. Debido a que este servicio se considera incluido en el servicio anterior (captura de $CO_2$), no se le asigna un valor económico y solamente se cuantifica su producción.

Al igual que la captura de carbono, generación de oxígeno es un tema en desarrollo que carece de información, más aún cuando se trata de la valorización económica del mismo. Así pues,

tomando de referencia a Carbal, H., A., J. Muñoz C. y L. Solar C (2015), de acuerdo con la relación cuantitativa denotada explícitamente en la fórmula química para la molécula de dióxido de carbono ($CO_2$) resulta válido afirmar que por cada tonelada de carbono que se captura, se liberan dos toneladas de oxígeno.

Como en el proceso de captación del $CO_2$ se libera oxígeno, teniendo presente que en el área de afectación que pretende el proyecto anualmente se capturan 154 ton de $CO_2$, entonces se puede deducir que dicha área contribuye con 102.66 ton de oxígeno liberado al año aproximadamente, mismo que se verá limitado durante el año que considera la etapa de construcción y restaurado con el área verde y reforestación que se proponen.

#### II.2.9.3.4 Protección de la biodiversidad

Para asignar una valoración económica a este servicio, se toma en cuenta el pago por servicios ambientales para conservación de la biodiversidad de la CONAFOR, dirigido a acciones para preservar la diversidad natura (flora y fauna silvestre), en general, contribuir a incrementar la provisión de los servicios ambientales.

Dado que el área que pretende el proyecto no se ubica dentro de las áreas elegibles por la CONAFOR para el pago por servicios ambientales, y por sus condiciones naturales, se considera el apoyo mínimo que se otorga para la conservación de la biodiversidad, correspondiente al Área 6 con un monto de $280 pesos/ha/año.

Considerando la superficie con vegetación que se pretende remover con el proyecto (2.25 ha), se obtendría anualmente un recurso económico de $630.0 pesos, mismo que se incrementa a **$3,150.00 pesos** al considerar los 5 años consecutivos que definen las reglas de operación.

#### II.2.9.3.5 El amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales y la modulación o regulación climática

La regulación climática y amortiguamiento de fenómenos naturales son servicios ambientales que van de la mano y son proporcionados precisamente por la cobertura vegetal, con mayor intensidad en vegetación con densidades altas con dosel forestal formado por la intersección de las copas de árboles, implementado con los estratos inferiores que regulan el microclima brindando una protección a las diferentes formas de vida en el suelo.

Dado que se trata de servicios ambientales que requieren un enfoque sistémico e integral donde convergen factores climáticos, edafológicos, topográficos, etc., es complicada la asignación de un valor económico. Por tanto, basándose en que la cobertura vegetal presente en el Área del

Proyecto corresponde a vegetación de selva con palma Chit principalmente con densidad alta, es evidente que es un servicio presente en la zona, que ayuda a disminuir y amortiguar los efectos de los eventos naturales comunes en área. Tal como se plantea en el proyecto, este implica la remoción total de la vegetación en el área para el establecimiento de la infraestructura, pero también considera el establecimiento de áreas verdes que consideran cobertura vegetal. Por la dificultad para asignar un valor económico a este servicio, se establece que el servicio se limitará de manera temporal en las 2.25 ha que pretende el proyecto, mismo que es un impacto muy puntual y por ello es mínimo el impacto que causa a este servicio ambiental.

#### II.2.9.3.6 Protección y recuperación de suelos

La protección y recuperación de suelos es un servicio escaso en la zona, mismo que se verá afectado durante la etapa de construcción del proyecto ya que sería el tiempo en el que el suelo estaría expuesto y posteriormente el área completa que pretende el proyecto presentará una cobertura, definida por la infraestructura del proyecto complementada con las áreas verdes consideradas.

Dado que el área que pretende el proyecto actualmente presenta una vegetación que ofrece escasa protección al suelo y poca materia orgánica, no se le asigna un valor económico como tal, además de considerarse una limitación solo temporal pues se plantea al finalizar el proyecto una cobertura completa (áreas verdes e infraestructura) en el área. Este servicio se afectará de manera temporal y se mejorará una vez finalizado el proyecto, además de compensar dicho impacto al considerar la integración del proyecto con la naturaleza.

#### II.2.9.3.7 Paisaje y Recreación

Se denota la presencia de este servicio ambiental en el área que pretende el proyecto ya que la ubicación del proyecto es excelente para el esparcimiento, recreación y turismo. Motivo por el cual se desea aprovechar esta ventaja y aprovechar la cercanía con el mar (playa).

Por las características del sitio, el diseño del proyecto está enfocado en la integración con el medio ambiente y aprovechamiento de espacios. Con el desarrollo del proyecto se busca el mejorar las condiciones del área considerando instalaciones agradables y amigables con el medio ambiente y por supuesto, se buscará mitigar las alteraciones que pudieran provocar paisajes antiestéticos durante la etapa de construcción del proyecto.

### II.2.9.4 Valoración Económica Total

De manera general, en la siguiente Tabla, se resumen los beneficios económicos que se podrían obtener por la comercialización de productos forestales con los usos potenciales definidos, así como el valor económico que representan los servicios ambientales mencionados:

**Tabla II.37.- Valoración económica de los bienes y servicios ambientales cuantificados en el área solicitada para CUSTF.**

| Recursos forestales | Uso potencial | Valoración Total ($) |
|---|---|---|
| **Bienes** | Uso Maderable (Leña) | 281,901.96 |
| | Uso Ornamental | 310,994.00 |
| | Uso Medicinal | 43,200.00 |
| | Fauna Silvestre | 32,480.00 |
| **Servicios** | Provisión de Agua | 3,150.00 |
| | Captura de Carbono | 76,593.37 |
| | Generación de Oxígeno | |
| | Protección de la Biodiversidad | 3,150.00 |
| | Amortiguamiento de impacto de fenómenos y regulación climática | - |
| | Protección y recuperación de suelos | - |
| | Paisaje y recreación | - |
| | **Total** | **751,469.33** |

Con base en el uso potencial de las especies a remover para el desarrollo del proyecto y suponiendo la comercialización ideal del total del volumen estimado, así como el pago de los servicios que se consideran, los recursos naturales del área planteada para el proyecto representan un valor económico de **$751,469.33 pesos** (Setecientos cincuenta y un mil cuatrocientos sesenta y nueve pesos 33/100 M.N.). Sin embargo, en un contexto más realista, se debe tener presente que estos beneficios se consideran de manera separada, ya que el posible aprovechamiento de cierto producto o servicio, puede limitar parcial o totalmente el aprovechamiento de otros.

De acuerdo con la valoración económica estimada, indudablemente la vegetación que se pretende afectar constituye bienes tangibles e intangibles de importancia, sin embargo, se puede reconocer la viabilidad del proyecto toda vez que plantea implementar medidas de mitigación específicas que se fijan en el periodo de construcción del proyecto -cuando mayor impacto pudiera causarse- y el establecimiento de áreas verdes, así como la reforestación de una superficie semejante a la que se pretende afectar (2.568 ha) dentro del SAR o en un área definida por el municipio para tal fin.

El proyecto se visualiza con un impacto positivo ya que detonará temporalmente la economía de la región al generar fuentes de empleo en la zona, dando lugar a beneficios directos e indirectos en los poblados cercanos.

### II.2.10 Operación y mantenimiento

Las Viviendas unifamiliares para su operación y mantenimiento requieren de la ejecución de varias actividades, mismas que se describen a continuación:

**Edificaciones**. Cada residente estará a cargo de programar visitas de mantenimiento de la infraestructura de cada Casa para mantenerlas en excelente situación. Según se requiera, el mantenimiento podrá contar de distintas actividades, tales como: limpieza diaria, revisión física de las estructuras, retoque de pintura en los edificios, revisión y mantenimiento de tuberías, así como recolección de basura cada tercer día o según la necesidad de cada residente.

**Áreas verdes**. Cada residente desarrollará un programa de mantenimiento de las áreas verdes semanal. Este mantenimiento consiste en el riego y poda para que se conserven en buen estado, evitando en todo momento el uso de pesticidas u otros químicos que puedan afectar a la flora y fauna local. El riego periódico se realizará mediante el uso de equipos de riego automatizados que reducen el consumo excesivo de agua.

**Sistema hidráulico**. Cada residente llevará a cabo un programa de mantenimiento del sistema hidráulico, que incluirá la revisión de las tuberías de agua dentro de cada Casa, con la finalidad de identificar fugas y corregirlas en caso de ser necesario.

**Energía eléctrica:** Cada residente llevará a cabo un programa de mantenimiento de la infraestructura eléctrica, mismo que se aplicará de forma continua, dando mantenimiento preventivo al equipo eléctrico por parte de personal capacitado.

#### II.2.10.1 Requerimientos de personal

Durante la operación y mantenimiento, se dará prioridad a la contratación de personal de la localidad. En cuanto a la cantidad de trabajadores, se estima que sea la siguiente:

**Tabla II.38.- Requerimientos de personal durante la etapa de operación y mantenimiento por Casa.**

| Puesto | Cantidad |
|---|---|
| Gerente / Administrador* | 1 |
| Personal de limpieza | 1 |

| Puesto | Cantidad |
|---|---|
| Personal de mantenimiento | 1 |
| Vigilante | 1 |
| Jardinero | 1 |
| **Total** | **5** |

*El gerente/administrador podría dar servicio a más de una Casa Tipo.

### II.2.11 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Si bien se propone un período de 50 años para la etapa de operación, la vida útil del proyecto se considera indefinida, siempre que se lleve a cabo un Programa de mantenimiento adecuado, por lo que no se requiere programa de abandono del sitio. No obstante, de ser el caso que se requiera de la etapa de cierre y abandono, se contemplan 3 meses, lo cual se haría del conocimiento de la autoridad en tiempo y forma.

### II.2.12 Residuos

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán manejados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.

#### II.2.12.1 Residuos sólidos

El Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS), propone una clasificación o separación secundaria de los residuos en cuatro: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Biorresiduos, Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP) (POE 2019, DOF 2021). A través de este subprograma, se contempla la colocación de señalética distribuida estratégicamente en el Área del Proyecto, en la cual se prohíba tirar basura al suelo o fuera de dicha área.



Figura II.19 Ejemplo de señalética para la prohibición de tirar basura fuera de los sitios asignados para tal fin.

Respecto a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se estima que en el estado de Quintana Roo se generan 0.867 Kg / persona / día (SEDUMA 2009, Cruz 2022). Considerando un promedio de 20 trabajadores durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, se estima una generación promedio de 17.34 Kg / día de RSU. Mientras que, para la etapa de operación y mantenimiento, se considera un promedio de 8 habitantes por Casa y 5 trabajadores, estimándose una generación promedio de 11.27 Kg / día de RSU por casa. Los RSU que serán producidos durante las tres etapas del proyecto son: residuos orgánicos reciclables (*i.e*., papel, cartón), residuos inorgánicos reciclables (*i.e.*, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio) y residuos inorgánicos no reciclables (*i.e.*, basura). Los RSU serán separados en dos tipos de contenedores con los rótulos de: "**Residuos inorgánicos**", es decir, todo aquello que no se puede reutilizar, como el papel higiénico; y, "**Residuos reciclables**", o sea, aquellos que se pueden recuperar, transformar o reutilizar, como el papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas o aluminio. Los contenedores para residuos serán de plástico, con tapa y distribuidos en los principales sitios de trabajo durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. Mientras que, durante la etapa de operación y mantenimiento, cada Casa Tipo contará con un almacén temporal para resguardar a los contenedores (ubicado en el Módulo Sala-Comedor). Para todas las etapas del proyecto, se contempla la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final, el cual, para los residuos inorgánicos, será el relleno sanitario municipal más cercano al proyecto, mientras que para los residuos reciclables será en algún Centro de reciclaje.

**Tabla II.39.- Centros de reciclaje disponibles para el destino final de los residuos reciclables producidos en el proyecto.**

| Nombre | Ubicación y datos de contacto |
|---|---|
| **Tulum Circula**. Centro Integral de Reciclaje Comunitario Unido y Laboratorio de Artes Ambientales de Tulum | Calle Holbox Mz43 Lt03, Col. La Veleta, Tulum, Quintana Roo. Teléfono: 984 143 6683. Página web: <*https://www.tulumcircula.com.mx/*>. |
| **Punto Limpio** | Calle Osiris Andrómeda, Oriente esquina, 77760 Tulum, Quintana Roo. Teléfono: 984 113 5002. Página web: <*https://www.puntoslimpiostulum.com/*>. Correo electrónico: tulumsostenible@gmail.com |
| **Tulum sostenible** | Calle Sagitario Pte. Mz 10-lt 4, Tulum Centro, 77760 Tulum, Quintana Roo. |

En cuanto a los biorresiduos que serán generados por el proyecto, son restos de alimentos durante las tres etapas del proyecto, y residuos vegetales producto del desmonte durante la etapa de preparación del sitio (residuos herbáceos, arbustivos o arbóreos), así como del mantenimiento de las áreas verdes durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Para los restos de alimentos, se dispondrá de un contenedor de plástico con tapadera y rotulado como "**Residuos orgánicos**"; este tipo de contenedores estarán distribuidos en los principales sitios de trabajo o

estancia en el Área del Proyecto. Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, este tipo de residuos serán dispuestos en un sitio específico para determinar si es posible su reutilización o se contrata a un tercero para su traslado y disposición final; mientras que, durante la etapa de operación y mantenimiento, se realizará la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final. Respecto de los residuos vegetales producto del desmonte durante la etapa de preparación del sitio, serán llevados a un sitio para su trituración, para luego ser trasladados a una zona específica para su posterior reutilización, de ser posible como composta, la cual podría ser usada durante el mantenimiento de los ejemplares de flora dentro del vivero temporal en el vivero, o bien, en la creación y mantenimiento de las áreas verdes del proyecto. En cuanto a los residuos vegetales producidos por el mantenimiento de las áreas verdes durante la etapa de operación del proyecto, podrán ser almacenados en los contenedores de residuos orgánicos que estarán localizados en el almacén de cada Casa Tipo e igualmente se contempla la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final.

Referente a los Residuos de Manejo Especial (RME) que serán generados, son rocas (preparación del sitio) y residuos de construcción (etapa de construcción). Las rocas producidas durante la etapa de preparación del sitio, serán retiradas periódicamente, por un prestador de servicios autorizados para su disposición final. Mientras que, en la etapa de construcción del proyecto, se realizará el almacenamiento temporal de los residuos derivados de la construcción (*i.e.*, grava, arena, pedacería de blocks, escombro, concreto, sacos de cemento o yeso; polines de madera, tablas y desperdicios de madera), concentrándolos en el Lote donde se esté trabajando con una **señalética** que indique "**Residuos de Manejo Especial**", mismos que serán retirados periódicamente, por un prestador de servicios autorizados para su disposición final.

Finalmente, durante la etapa de construcción, los Residuos Peligrosos (RP) que serán producidos son recipientes vacíos que contuvieron pintura base solvente o solventes (thinner); trapos, estopas o papel impregnados con solvente o pintura; solventes sucios provenientes del lavado de pistolas neumáticas de aplicación de pintura, de brochas o rodillos, los cuales, además, cuentan con las características de ser tóxicos ambientales (DOF 2006, DOF 2021). Para este tipo de residuos, se prevé la instalación de contenedores plásticos con tapa rotulados como "**Residuos peligrosos**", para lo cual se contempla la contratación de un prestador de servicios autorizado para su recolección, transporte y disposición final. Asimismo, durante la etapa de operación y mantenimiento, serán generados envases vacíos de fertilizantes, fungicidas o insecticidas (orgánicos) usados para el mantenimiento de las áreas verdes; estos envases vacíos con remanentes de agroquímicos, serán resguardados temporalmente en bolsas plásticas transparentes con las tapas por separado dentro del almacén de cada Casa Tipo, hasta que un tercero autorizado contratado realice la recolección y transporte a un Centro de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos.

Así, a través de este subprograma, se considera la implementación de contenedores plásticos con tapa distribuidos estratégicamente en las diferentes áreas de trabajo y para facilitar su separación, rotulados con las leyendas "**Residuos orgánicos**", "**Residuos inorgánicos**", "**Residuos reciclables**" y "**Residuos peligrosos**". Dependiendo del tipo de residuos generado en cada etapa, es que será el uso de los contenedores, como se puede apreciar en la siguiente Tabla:

**Tabla II.40.- Clasificación de contenedores de plástico con tapa a ser usados por etapa durante el desarrollo del proyecto.**

| Nombre rótulo | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento |
|---|---|---|---|
| **Residuos orgánicos** | Restos de alimentos | Restos de alimentos | Restos de alimentos<br>Restos vegetales |
| **Residuos inorgánicos** | Basura | Basura | Basura |
| **Residuos reciclables** | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. |
| **Residuos peligrosos** | | Recipientes vacíos con remanentes de pintura base solvente o solventes (thinner); trapos, estopas o papel impregnados con solvente o pintura; solventes sucios provenientes del lavado de pistolas neumáticas de aplicación de pintura, de brochas o rodillos. | Envases vacíos con remanentes de agroquímicos. |

### II.2.12.2 Residuos líquidos

Para el manejo de los residuos líquidos (aguas residuales) del proyecto se implementará un Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL); durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se contratará un prestador de servicios autorizado para la renta de sanitarios portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores. Los sanitarios serán móviles y deberán ser distribuidos de tal manera que el personal tenga acceso a ellos en cualquiera de las áreas en las que esté laborando. La empresa contratada para la instalación de los sanitarios portátiles será la encargada del mantenimiento y disposición adecuada de los residuos sanitarios. Asimismo, contará con un mantenimiento periódico apropiado y la limpieza de los sanitarios deberá realizarse diariamente. Durante este par de etapas, se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.

En cuanto a las aguas residuales generadas en las Viviendas unifamiliares Tipo durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, serán canalizadas mediante la red de drenaje a los Biodigestores para su tratamiento y reúso, y posteriormente a los pozos de absorción, tal y como se indicó en el apartado de Drenaje sanitario.

Asimismo, durante todas las etapas del proyecto de promoverá el uso moderado y ahorro del agua a través de señalización.



**Figura II.20.- Ejemplo de señalética a utilizarse para el uso moderado y ahorro de agua.**

A continuación, se presenta un resumen del Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas de manejo, tipos de residuos que serán generados y su disposición final:

**Tabla II.41.- Programa de Manejo Integral de Residuos.**

| Programa de Manejo Integral de Residuos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Etapa** | **Subprograma de manejo** | **Tipo** | **Descripción** | **Disposición final** |
| **Preparación del sitio** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Vivero temporal y Áreas verdes del proyecto o Prestador de servicios autorizado |
| | | | Residuos vegetales | Vivero temporal y Áreas verdes del proyecto o Prestador de servicios autorizado |
| | | Residuos de Manejo Especial (RME) | Rocas | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Prestador de servicios autorizado |
| **Construcción** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Zona de composta del vivero temporal |
| | | Residuos de Manejo Especial (RME) | Residuos de construcción | Prestador de servicios autorizado |
| | | Residuos Peligrosos (RP) | Objetos con remanentes de solventes/pinturas | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Prestador de servicios autorizado |
| **Operación y mantenimiento** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Prestador de servicios autorizado |
| | | | Residuos vegetales | Prestador de Servicios Autorizado |
| | | Residuos Peligrosos (RP) | Envases vacíos con remanentes de agroquímicos | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Biodigestores y pozos de absorción |

Fuentes: DOF 2006, POE 2019, DOF 2021.

Con la finalidad de brindar un adecuado manejo de los residuos, se deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- No depositar residuos de ningún tipo fuera del área del proyecto.
- No depositar residuos fuera de los contenedores dispuestos en el área del proyecto.
- Implementar medidas para evitar y minimizar la generación de residuos (*e.g.*, uso de garrafones de agua de 20 l, vasos, platos y utensilios reutilizables).
- Instalación de señalética distribuida estratégicamente en el área del proyecto, en la cual se prohíba arrojar o depositar residuos fuera de los contenedores destinados para tal fin.
- Los contenedores de residuos deberán estar perfectamente identificados con los rótulos (i.e., orgánicos / inorgánicos / reciclables) para contribuir a la correcta disposición de los desechos de acuerdo con su naturaleza.
- Realizar la separación de residuos en los contenedores correspondientes.
- Lavado, desinfectado y secado periódico de los contenedores permitiendo su uso en condiciones sanitarias adecuadas.
- Prohibir la mezcla o almacenamiento de residuos sólidos urbanos, biorresiduos, de manejo especial y peligrosos.
- El mantenimiento mayor del equipo, maquinaria y vehículos automotores que sean usados durante las etapas de preparación del sitio y construcción será responsabilidad de la constructora, y se realizará en talleres externos al área del proyecto para evitar contaminación al suelo.
- Prohibir la defecación al aire libre.
- Instalación de letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.
- Uso moderado y ahorro del agua a través de señalización.

### II.2.13 Emisiones y descargas

#### II.2.13.1 Emisiones a la atmósfera

El cambio climático se refiere a la modificación del clima con respecto a las condiciones históricas. La causa principal del cambio climático de origen antropogénico es el calentamiento global, el cual se refiere a un aumento de la temperatura promedio en el planeta como resultado de una mayor concentración de **gases de efecto invernadero** en la atmósfera.

La mayor retención de calor solar intensifica el efecto invernadero y provoca los fenómenos climáticos más intensos y extremos. Como resultado de ello se observan veranos más cálidos, modificación de los patrones de las lluvias y variación en la frecuencia de sequías e inundaciones, además del aumento en el nivel del mar y la alteración de la línea de costas (GCC 2023). Si bien existen componentes naturales de las variaciones climáticas, los indicadores de emisiones se

han incrementado notablemente en los últimos 150 años, periodo que da cuenta del mayor crecimiento económico en la historia de la humanidad. Esto ha conducido al reconocimiento de que el cambio climático es atribuible directa o indirectamente a la actividad humana.

Los principales gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$), óxido nitroso ($N_2O$), clorofluorocarbonos (CFC), entre otros (INECC 2019). A continuación, se describe cómo son generados cada uno de estos gases de efecto invernadero.

**Dióxido de carbono ($CO_2$)**. Se produce por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural o sus derivados), así como en la producción de energía, funcionamiento de los procesos industriales y uso en el sector transporte; también se genera a través de procesos industriales (como la producción de cemento, cal, sosa, amoniaco, carburos de silicio o de calcio, acero, y aluminio), la deforestación y quema de la biomasa vegetal (INECC 2019).

**Metano ($CH_4$)**. Este gas se produce mediante actividades anaeróbicas como la agricultura, gas natural, emisiones de hatos ganaderos y rellenos sanitarios. El metano es un gas bastante potente que favorece el calentamiento global, y es que cada kilogramo de este calienta en 100 años el planeta 23 veces más que la misma masa de dióxido de carbono. Sin embargo, al existir mucha menor cantidad de CH4 que de CO2, el metano no hace tanto daño e influye de forma menos importante en el efecto invernadero (INECC 2019).

**Óxido nitroso ($N_2O$)**. Es producido por procesos biológicos en océanos y suelos, también por procesos antropogénicos que incluyen combustión industrial, gases de escape de vehículos de combustión interna. Este gas es destruido fotoquímicamente en la alta atmósfera. En los últimos 100 mil años las concentraciones de óxido nitroso en la atmósfera raramente han excedido 280 ppm, los niveles han crecido desde los 1920s y han llegado a un nuevo máximo de 325 ppm en 2012, este aumento es principalmente debido a la agricultura (INECC 2019).

**Clorofluorocarbonos (CFC)**. Se encuentran en los aparatos de aire acondicionado, neveras, aerosoles y utilizados también en diversos procesos industriales (INECC 2019).

Con base en lo anterior, se presenta la cantidad de **Dióxido de carbono ($CO_2$)** estimada que será emitida a la atmósfera por las diversas actividades involucradas en los diferentes elementos del proyecto:

II.2.13.1.1 Camino de acceso

Para la actividad de **desmonte** de los caminos de acceso (**7,925.01** $m^2$) se usará una retroexcavadora hidráulica, cuyo tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 24 horas.

El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Así la cantidad total estimada de combustible necesario para el desmonte con retroexcavadora es de **454.08 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del material vegetal producto del desmonte a los camiones de volteo) es de **318 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del material vegetal producto del desmonte del sitio de CUSTF al sitio de trituración con **un camión de volteo** es de **272.4 litros diésel**.

**Despalme**. Para ello se usará una retroexcavadora hidráulica, cuyo tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 24 horas. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Por lo tanto, la cantidad total estimada de combustible necesario para el despalme con retroexcavadora es de **454.08 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del suelo orgánico producto del despalme a los camiones de volteo) es de **318 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del suelo orgánico producto del despalme del sitio de CUSTF al sitio de almacenamiento con **un camión de volteo** es de **272.4 litros diésel**.

**Excavaciones y relleno**. Para ambas actividades se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo, con un tiempo total estimado de trabajo de 46 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.98 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **retroexcavadora** es de **870.32 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **cargador frontal** es de **609.5 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para los trabajos de excavación y relleno con **un camión de volteo** es de **522.1 litros diésel**.

**Compactación.** Para esta actividad se utilizarán un compactador y un vibrocompactador, con un tiempo total estimado de trabajo de 25 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo del compactador es de 7.79 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **compactador** es de **194.75 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del vibrocompactador es de 6.66 litros. Por lo

que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **vibrocompactador** es de **166.5 litros diésel**.

De acuerdo con OCCC (2011), los motores diésel emiten 2.61 kg de $CO_2$/litro. Por lo tanto, por el desarrollo de los trabajos de preparación y construcción de los caminos, se estima que se emitirán 11.62 toneladas de $CO_2$ como se puede apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla II.42.- Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera.**

| Obra | Consumo de combustible estimado por maquinaria (litros de diésel) | | | | | Total diésel (l) | Total CO2 (kg) | Total CO2 (ton) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Camino de acceso | Retro-excavadora | Cargador frontal | Camión de volteo | Compactador | Vibro-compactador | | | |
| Desmonte | 454.08 | 318.00 | 272.40 | | | 1,044.48 | 2,726.09 | **2.73** |
| Despalme | 454.08 | 318.00 | 272.40 | | | 1,044.48 | 2,726.09 | **2.73** |
| Excavaciones | 435.16 | 304.75 | 261.05 | | | 1,000.96 | 2,612.51 | **2.61** |
| Relleno | 435.16 | 304.75 | 261.05 | | | 1,000.96 | 2,612.51 | **2.61** |
| Compactación | | | | 194.75 | 166.5 | 361.25 | 942.86 | **0.94** |
| **Total diésel (l)** | **1,778.48** | **1,245.5** | **1,066.90** | **194.75** | **166.5** | **4,452.13** | **11,620.06** | **11.62** |

$CO_2$ = Dióxido de Carbono; l = litros; ton = Toneladas.

II.2.13.1.1 Edificaciones: Viviendas unifamiliares

La superficie total de CUSTF para las Viviendas unifamiliares es de 13,391.09 $m^2$. Para la actividad de **desmonte** de las Viviendas unifamiliares se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo de 6 toneladas. El tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 54 horas. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Así la cantidad total estimada de combustible necesario para el desmonte con retroexcavadora es de **1,021.68 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del material vegetal producto del desmonte a los camiones de volteo) es de **715.5 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del material vegetal producto del desmonte del sitio de CUSTF al sitio de trituración con **un camión de volteo** es de **612.9 litros diésel**.

**Despalme**. Para ello se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo de 6 toneladas. El tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 54 horas. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Por lo tanto, la cantidad total estimada de combustible necesario para el despalme con retroexcavadora es de **1,021.68 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador

frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del suelo orgánico producto del despalme a los camiones de volteo) es de **715.5 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del suelo orgánico producto del despalme del sitio de CUSTF al sitio de almacenamiento con **un camión de volteo** es de **612.9 litros diésel**.

**Excavaciones y relleno**. Para ambas actividades se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo, con un tiempo total estimado de trabajo de 102 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.98 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **retroexcavadora** es de **1,929.84 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **cargador frontal** es de **1,351.5 litros diésel**. El consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para los trabajos de excavación y relleno con **un camión de volteo** es de **1,157.7 litros diésel**. El consumo calculado de energía por hora de trabajo de un demoledor neumático es de 0.0019 megavatio (MW). Por lo que, la cantidad total estimada de energía necesaria para la excavación donde se hincarán los pilotes de las Viviendas unifamiliares con **un demoledor neumático** es de **0.0969 MW**. Finalmente, el consumo calculado de energía por hora de trabajo de un compresor es de 0.000104 megavatio (MW). Por lo que, la cantidad total estimada de energía necesaria para la excavación donde se hincarán los pilotes de las Viviendas unifamiliares con **un compresor** es de **0.005304 MW**.

**Compactación.** Para esta actividad se utilizarán un compactador y un vibrocompactador, con un tiempo total estimado de trabajo de 55 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo del compactador es de 7.79 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **compactador** es de **428.45 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del vibrocompactador es de 6.66 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **vibrocompactador** es de **366.3 litros diésel**.

De acuerdo con OCCC (2011), los motores diésel emiten 2.61 kg de $CO_2$/litro, mientras que de acuerdo con el CRE (2017), el Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional, es de 0.582 toneladas de $CO_2$ / MWh. Por lo tanto, por el desarrollo de los trabajos de preparación y construcción de las Viviendas unifamiliares, se estima que se emitirán 25.99 toneladas de $CO_2$.

Cabe mencionar, que el **transporte de material** para la construcción de las Viviendas unifamiliares, es una actividad que forma parte de las actividades del proveedor de dicho material,

no del promovente, y, por lo tanto, esta emisión de $CO_2$ no se considera parte del desarrollo del presente proyecto, razón por la cual no se estimó dicha emisión.

**Tabla II.43.- Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera.**

| Obra | Consumo de combustible (litros de diésel) | | | | | | | Consumo energía (MW) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Viviendas unifamiliares | Retroexcavadora | Cargador frontal | Camión de volteo | Compactador | Vibro-compactador | Total diésel (l) | Total CO2 (ton) | Demoledor neumático | Compresor | Total MW | Total CO2 (ton) | Total CO2 (ton) |
| **Desmonte** | 1,021.68 | 715.5 | 612.9 | | | 2,350.08 | 6.13 | | | | | 6.13 |
| **Despalme** | 1,021.68 | 715.5 | 612.9 | | | 2,350.08 | 6.13 | | | | | 6.13 |
| **Excavaciones** | 964.92 | 675.75 | 578.85 | | | 2,219.52 | 5.79 | 0.0969 | 0.005304 | 0.10 | 0.06 | 5.85 |
| **Relleno** | 964.92 | 675.75 | 578.85 | | | 2,219.52 | 5.79 | | | | | 5.79 |
| **Compactación** | | | | 428.45 | 366.3 | 794.75 | 2.07 | | | | | 2.07 |
| **Total diésel (l)** | **3,973.2** | **2,782.5** | **2,383.5** | **428.45** | **366.3** | **9,933.95** | **25.93** | **0.0969** | **0.005304** | | | **25.99** |

**$CO_2$** = Dióxido de Carbono; **l** = litros; **MW** = Megavatios; **ton** = Toneladas.

II.2.13.1.2 Módulo de Equipamiento

La superficie total de CUSTF para los módulos de equipamiento es de 1,152 $m^2$ (144 $m^2$ por Casa Tipo). Para la actividad de **desmonte** de los módulos de se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo de 6 toneladas. El tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 4 horas. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Así la cantidad total estimada de combustible necesario para el desmonte con retroexcavadora es de **75.68 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del material vegetal producto del desmonte a los camiones de volteo) es de **53 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del material vegetal producto del desmonte del sitio de CUSTF al sitio de trituración con **un camión de volteo** es de **45.4 litros diésel**.

**Despalme**. Para ello se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo de 6 toneladas. El tiempo estimado de trabajo para esta actividad es de 4 horas. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.92 litros. Por lo tanto, la cantidad total estimada de combustible necesario para el despalme con retroexcavadora es de **75.68 litros diésel**. El consumo estimado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el **cargador frontal** (por la colocación del suelo orgánico producto del despalme a los camiones de volteo) es de **53 litros diésel**. Finalmente, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para el transporte del suelo orgánico producto del despalme del sitio de CUSTF al sitio de almacenamiento con **un camión de volteo** es de **45.4 litros diésel**.

**Excavaciones y relleno**. Para ambas actividades se usará una retroexcavadora hidráulica, un cargador frontal y un camión de volteo, con un tiempo total estimado de trabajo de 8 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo de la retroexcavadora es de 18.98 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **retroexcavadora** es de **151.36 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del cargador frontal es de 13.25 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para las excavaciones y el relleno con **cargador frontal** es de **106 litros diésel**. El consumo calculado de diésel por hora de trabajo de un camión de volteo de seis toneladas es de 11.35 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para los trabajos de excavación y relleno con **un camión de volteo** es de **90.8 litros diésel**.

**Compactación.** Para esta actividad se utilizarán un compactador y un vibrocompactador, con un tiempo total estimado de trabajo de 4 horas. El consumo considerado de diésel por hora de trabajo del compactador es de 7.79 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **compactador** es de **31.16 litros diésel**. Mientras que, el consumo calculado de diésel por hora de trabajo del vibrocompactador es de 6.66 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la compactación con **vibrocompactador** es de **26.64 litros diésel**.

De acuerdo con OCCC (2011), los motores diésel emiten 2.61 kg de $CO_2$/litro. Por lo tanto, por el desarrollo de los trabajos de preparación y construcción de los módulos de equipamiento, se estima que se emitirán 1.97 toneladas de $CO_2$.

**Tabla II.44 Consumo de combustible estimado por actividad y toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera.**

| Obra | Consumo de combustible estimado por maquinaria (litros de diésel) | | | | | Total diésel (l) | Total $CO_2$ (ton) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Módulos de equipamiento | Retro - excavadora | Cargador frontal | Camión de volteo | Compactador | Vibro-compactador | | |
| **Desmonte** | 75.68 | 53 | 45.4 | | | 174.08 | 0.45 |
| **Despalme** | 75.68 | 53 | 45.4 | | | 174.08 | 0.45 |
| **Excavaciones** | 75.68 | 53 | 45.4 | | | 174.08 | 0.45 |
| **Relleno** | 75.68 | 53 | 45.4 | | | 174.08 | 0.45 |
| **Compactación** | | | | 31.16 | 26.64 | 57.80 | 0.15 |
| **Total** | | | | | | 754.12 | **1.97** |

$CO_2$ = Dióxido de Carbono; l = litros; ton = Toneladas.

**Trituración**. Para esta actividad se utilizarán una trituradora forestal, con un tiempo total estimado de trabajo de 164 horas, ya que se está considerando el tiempo total tanto de desmonte como de despalme que será ocupado para el CUSTF de todas las obras (*i.e.*, caminos, Viviendas unifamiliares y módulos de equipamiento). El consumo considerado de diésel por hora de trabajo de la trituradora forestal es de 1.2 litros. Por lo que, la cantidad total estimada de combustible necesario para la trituración del material vegetal con la **trituradora es de 196.8 litros diésel**. Así, por el desarrollo de los trabajos de trituración de materia vegetal producto del desmonte por el CUSTF del proyecto, se estima que emitirá 0.51 toneladas de $CO_2$.

Por lo tanto, se estima que la cantidad de toneladas de $CO_2$ emitidas a la atmósfera por el desarrollo de las obras (*i.e.*, camino de acceso, Viviendas unifamiliares y módulos de equipamiento) durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, será de 40.09. Para el año 2021, en México la emisión de $CO_2$ fue de 418 348 000 000 toneladas, por lo tanto, la emisión de $CO_2$ que se estima que será generado por el proyecto (*i.e.*, 40.09 toneladas) corresponde a un 0.0000000096% (Muntean *et al*. 2021). Exclusivamente, para el sector

construcción en México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2016), reportó una emisión de 871,510 toneladas de $CO_2$. Por lo que las 40.09 toneladas de $CO_2$ que se estima que serían generadas por el desarrollo del presente proyecto representan 0.0046% del $CO_2$ que se generó en el sector de construcción (INECC 2016).

**Tabla II.45.- Toneladas de $CO_2$ emitido a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.**

| Obra | Total de $CO_2$ (ton) |
|---|---|
| Camino de acceso | 11.62 |
| Viviendas unifamiliares | 25.99 |
| Módulos de equipamiento | 1.97 |
| Trituración de material vegetal | 0.51 |
| **Total** | **40.09** |

$CO_2$ = Dióxido de Carbono; ton = Toneladas.

### II.2.13.2 Emisiones de ruido

Debido al funcionamiento de la maquinaria que realizará los trabajos correspondientes a las etapas de preparación y construcción, se producirán niveles de ruido que podrían afectar a los distintos elementos bióticos en el área del proyecto. Sin embargo, la emisión de ruido no será constante ya que la maquinaria y vehículos serán utilizados de manera gradual de acuerdo con avance de la obra. Asimismo, los niveles de ruido no serán perceptibles por las poblaciones aledañas debido a que la zona de CUSTF está rodeado por áreas cubiertas de vegetación, las cuales sirven de barrera para su dispersión, evitando con ello molestias a los ocupantes de predios colindantes. Además, se vigilará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, por lo que el contratista deberá demostrar que brinda un mantenimiento periódico a la maquinaria, para evitar exceder los límites máximos permisibles de emisiones sonoras a la atmósfera, los cuales dependen del peso bruto vehicular como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla II.46.- Niveles de ruido producidos por la maquinaria durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.**

| Vehículo | Peso bruto vehicular (toneladas) | NOM-080-SEMARNAT-1994 | |
|---|---|---|---|
| | | Peso bruto vehicular (toneladas) | Límites máximos permisibles dB |
| Trituradora forestal | 2.3 | Hasta 3 | 86 |
| Camión de volteo | 6.3 | Más de 3 y hasta 10 | 92 |
| Compactador | 10 | Más de 3 y hasta 10 | 92 |
| Cargador frontal | 23 | Más de 10 | 99 |
| Retroexcavadora | 24 | Más de 10 | 99 |

Igualmente, durante el desarrollo de las obras del proyecto, se verificará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994 a través de un sonómetro digital. De esta manera, a un metro de distancia de cada máquina, se deben tomar tres registros. Por cada registro, el sonómetro graba una hoja de datos, la cual presenta una lista de valores del nivel sonoro (dB: decibeles) obtenidos en el intervalo de un segundo. A partir de la lista de resultados de cada registro, se toma en cuenta el valor máximo y mínimo. Posteriormente, se obtiene el promedio aritmético del nivel sonoro mayor y del nivel sonoro menor de los tres registrados. Finalmente, se verifica que el promedio del nivel sonoro obtenido para cada maquina sea inferior al límite máximo permisible por la norma. En caso contrario, se solicitará al contratista que realice el mantenimiento correctivo.

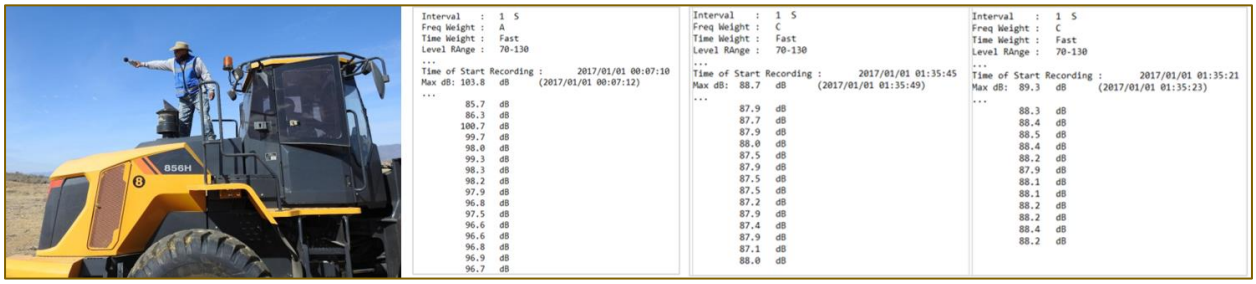


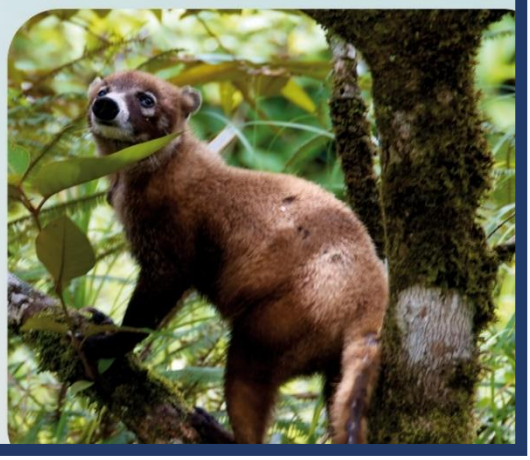

**Figura II.21.- Ejemplo de medición mediante sonómetro a una retroexcavadora (izquierda); ejemplo de tres registros sonoros tomados (derecha).**

# CAPÍTULO III



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES .....III-1

III.1 Ordenamientos Jurídicos Federales y Tratados Internacionales.....III-1

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) .....III-1

III.1.2 Tratados Internacionales .....III-2

III.1.3 Plan Nacional de Desarrollo y Programas Sectoriales .....III-7

III.1.4 Leyes y Reglamentos Federales.....III-10

III.2 Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET) .....III-39

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC).....III-39

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de Sian Ka'an (OEZCSK) .....III-53

III.3 Sitios RAMSAR .....III-70

III.3.1 Sitio 1329 Sian Ka'an.....III-70

III.4 Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas .III-74

III.4.1 Decreto por el que se declara como área que requiere la protección, mejoramiento, conservación y restauración de sus condiciones ambientales la superficie denominada Reserva de la Biósfera Sian Ka´ann, ubicada en los Municipios de Cozumel y Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo.....III-74

III.4.2 Programa de Manejo del Área Natural Protegida (ANP) con carácter de Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK) .....III-75

III.4.3 Decreto y Programa de Manejo del Área Natural Protegida (ANP) Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an .....III-84

III.4.4 Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano. III-85

III.5 Normas Oficiales Mexicanas .....III-86

III.5.1 NOM-022-SEMARNAT-2003 .....III-86

III.5.2 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. .....III-93

III.5.3 Otras Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) aplicables .....III-95

III.6 Planes o programas de desarrollo urbano (PDU) ..... III-98
III.7 Otros instrumentos ..... III-98
III.7.1 Leyes y Reglamentos Estatales y Municipales ..... III-98
III.8 Otras áreas de interés ambiental ..... III-104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1.- Tratados Internacionales. ..... III-2
Tabla III.2.- Estrategias y Acciones del PND. ..... III-8
Tabla III.3.- Objetivos del PROMARNAT. ..... III-9
Tabla III.4.- Disposiciones del Acuerdo del Trámite Unificado. ..... III-11
Tabla III.5.- Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. ..... III-12
Tabla III.6.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental ..... III-14
Tabla III.7.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas ..... III-17
Tabla III.8.- Disposiciones de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable ..... III-19
Tabla III.9.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable ..... III-21
Tabla III.10.- Disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre ..... III-24
Tabla III.11.- Disposiciones de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. ..... III-27
Tabla III.12.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. ..... III-30
Tabla III.13.- Disposiciones de la Ley General de Cambio Climático ..... III-31
Tabla III.14.- Disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales ..... III-34
Tabla III.15.- Disposiciones del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. ..... III-37
Tabla III.16.- Disposiciones de la Ley de Bienes Nacionales. ..... III-38
Tabla III.17.- Disposiciones de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. ..... III-39
Tabla III.18.- Acciones y Criterios de la UGA 147. ..... III-41
Tabla III.19.- Características de las UGA's. ..... III-54
Tabla III.20.- Criterios de las UGA's. ..... III-56
Tabla III.21.- Factores adversos dentro del sitio Ramsar ..... III-73
Tabla III.22.- Disposiciones del Decreto del ANP vinculantes al proyecto. ..... III-75
Tabla III.23.- Zonificación de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. ..... III-76
Tabla III.24.- Actividades permitidas y no permitidas en la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC). ..... III-77
Tabla III.25.- Reglas Administrativas subzona de aprovechamiento especial costera (SAEC). ..... III-79
Tabla III.26.- Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003. ..... III-86
Tabla III.27.- Especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área de Estudio. ..... III-94

Tabla III.28.- Especies de fauna silvestre registrados en campo bajo algún estatus de conservación. (NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr). ..... III-94
Tabla III.29.- Otras NOM´s aplicables ..... III-95
Tabla III.30.- Disposiciones de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo III-98
Tabla III.31.- Disposiciones del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 ..... III-99
Tabla III.32.- Disposiciones de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado (LEEPA) ..... III-100
Tabla III.33.- Disposiciones de la Ley para la Prevención y la Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo (LEPEGECIR) ..... III-100
Tabla III.34.- Disposiciones de la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo. ... III-101
Tabla III.35.- Disposiciones de la Ley para el Fomento de la Cultura del Cuidado del Agua en el Estado de Quintana Roo (LFCCA). ..... III-102
Tabla III.36.- Disposiciones de la Ley para el Fomento y Aprovechamiento de las Fuentes de Energías Renovables en el Estado de Quintana Roo (LFAFER) ..... III-102
Tabla III.37.- Disposiciones del Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Tulum 2021-2024..... III-103
Tabla III.38.- Disposiciones DEL Reglamento de Construcción para el Municipio de Tulum, Quintana Roo. ..... III-104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1.- Captura de pantalla UGA M1 del OEZCSK. ..... III-56

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa III.1.- Ubicación de Pueblos Indígenas más cercanos al AP y SAR. ..... III-6
Mapa III.2.- Ubicación del proyecto en el Modelo del OEMRGMMC. ..... III-40
Mapa III.3.- Ubicación del proyecto en el Modelo del OEZCSK. ..... III-54
Mapa III.4.- Ubicación del proyecto en el Sitio RAMSAR Sian Ka'an. ..... III-71
Mapa III.5.- Ubicación del proyecto en la Zonificación de la RBSK. ..... III-77

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

## III.1 . Ordenamientos Jurídicos Federales y Tratados Internacionales

Para este capítulo se llevó a cabo la revisión de los instrumentos legales y vigentes aplicables al proyecto (jurídicos, normativos o administrativos). Con ello se realizó la vinculación con las leyes y reglamentos, a nivel federal, estatal y municipal, así como con los tratados internacionales firmados por México, como la convención RAMSAR, además de los instrumentos de política ambiental, tales como Áreas Naturales Protegidas, Normas Oficiales Mexicanas (NOM´s), Programas de Ordenamiento Ecológico (POE's) y Programas de Desarrollo Urbano (PDU'S), y otros instrumentos que la autoridad ambiental considera en su evaluación; tal es el caso de las Regiones Hidrológicas Prioritarias, las Regiones Terrestres Prioritarias y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's), establecidas por la CONABIO, aunado a las zonas arqueológicas y de valor histórico, etc. Lo anterior con el fin de demostrar que el proyecto es viable al cumplir con las disposiciones jurídicas ambientales que le son aplicables y que garanticen el proyecto.

En este sentido, se identifican los instrumentos jurídicos, normativos o administrativos que regulan el proyecto **Rancho San Juan**, evidenciando mediante un análisis sustentado en información técnica, que se cumple con las regulaciones aplicables mostrando la forma en que el proyecto se apega o se apegará a los ordenamientos jurídicos mencionados.

### III.1.1 . Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)[1]

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la Ley Suprema del sistema jurídico mexicano, que contiene los principios y objetivos de la nación, y es en el contexto de la misma, que se realiza el análisis de la vinculación del proyecto, considerando lo dispuesto en su artículo 4° que a la letra dice:

> *Artículo 4° (…)*
> *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*
> *Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de*

[1] Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de febrero de 1917; última reforma publicada DOF 28-05-2021

*los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. (…).*

En este sentido, a lo largo de este Capítulo se evidencia como el proyecto se ajusta al marco normativo aplicable, y que su desarrollo mantendrá un medio ambiente sano en el sitio donde se pretende ubicar; aplicando las medidas que sean necesarias para prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales que pudiera generar su ejecución.

### III.1.2 . Tratados Internacionales

Al respecto, el artículo 1° de la CPEUM establece que en los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los **tratados internacionales**[2] de los que el Estado Mexicano sea parte; asimismo, el artículo 133 dispone que esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y **todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado**, serán la Ley Suprema de toda la Unión.

Por lo anterior, en este apartado se realiza la vinculación del proyecto con lo establecido en los Tratados Internacionales en materia ambiental de los que México es parte y que resultan aplicables al mismo:

**Tabla III.1.- Tratados Internacionales.**

| Tratado | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**[3]<br><br>La CMNUCC fue **adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992**, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994 y firmada por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos el día 13 de junio de 1992, según Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 13 de enero de 1993 y ratificado por el Ejecutivo el 24 de febrero del mismo año.<br><br>La CMNUCC es el organismo de la ONU que se encarga de establecer las bases para la acción internacional conjunta respecto de la mitigación y adaptación al cambio climático. Los países que integran la Convención, que también son llamados "estados parte", se obligan a controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la instrumentación de políticas y medidas de mitigación y la aplicación de nuevas tecnologías económica y socialmente beneficiosas, entre otros factores. | Al respecto, tanto en el diseño del proyecto como durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se ajustará a las políticas y medidas de mitigación y se implementarán las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir al cambio climático. |

[2] El resaltado es nuestro.
[3] Aprobada 11/03/1993

| Tratado | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo**[4]<br><br>La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo fue adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo que se llevó a cabo en la ciudad de Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972 y tratando de basarse en ella.<br><br>La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo tiene como objetivo establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los estados parte, los sectores claves de las sociedades y las personas. Procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja el sistema ambiental y el desarrollo mundial. A través de sus 27 principios, impulsa una forma de cooperación entre los estados parte, los sectores y las personas para la protección del medio ambiente. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, para lo cual se considera el uso de energías renovables, ecotecnias y la aplicación de otras medidas que permitan proteger al medio ambiente de los impactos que pueda causar su ejecución y garantizar el buen desempeño ambiental del proyecto. |
| **Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Convención Ramsar**<br><br>La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, fue firmada en la Ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. Actualmente tiene 172 Partes Contratantes (países miembros), siendo que México se adhirió a la Convención a partir del 4 de noviembre de 1986.<br><br>La misión de la Convención es "*la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo*".<br><br>En el artículo 1 de la Convención se declara que "*son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*".<br><br>Conforme a este tratado, las Partes designan sitios para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional (la "Lista de Ramsar") (Artículo 2.4) y promover su conservación. Asimismo, un humedal puede considerarse de importancia internacional si cumple con alguno de los nueve criterios establecidos por la misma Comisión. | El Área del Proyecto (AP) se encuentra dentro del área de aplicación del sitio Sian Ka'an, registrado con el número 1329, el cual corresponde con el polígono del Complejo Sian Ka'an, que incluye a la Reserva de la Biósfera y al sitio RAMSAR del mismo nombre, y cuya vinculación del proyecto con estos instrumentos se presenta más adelante en este mismo Capítulo, evidenciando como se ajusta a los lineamientos y políticas aplicables y vigentes en la materia. |

[4] Adoptada el 14 de junio de 1992

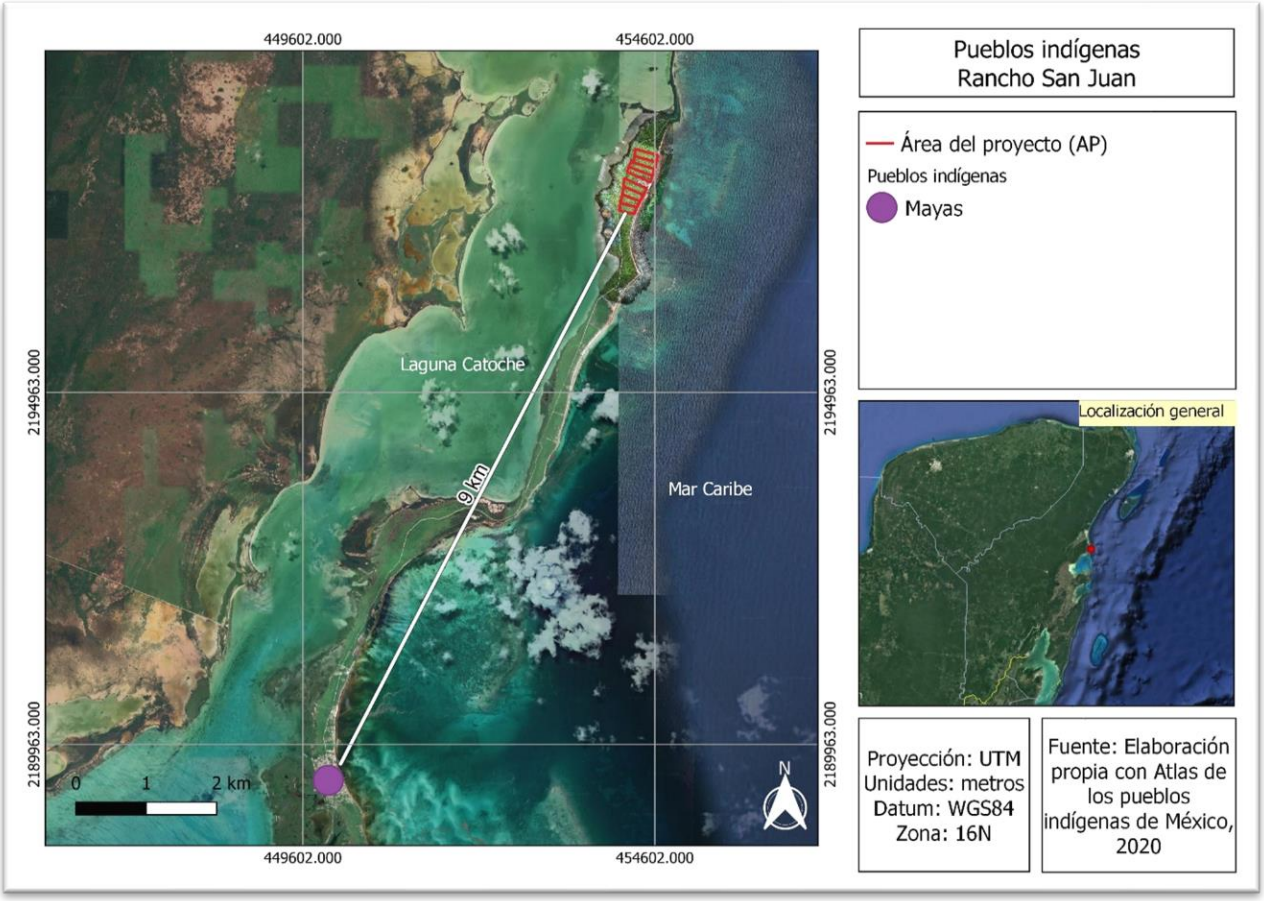
| Tratado | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Acuerdo de París)[5]**<br><br>El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 partes en la COP21 en París el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Asimismo, fue suscrito por el gobierno mexicano el 22 de abril de 2016 y aprobado por la Cámara de Senadores el 14 de septiembre del mismo año.<br><br>El Acuerdo de París establece objetivos a largo plazo para todas las naciones:<br><br>- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2°C y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo el 1.5°<br>- Revisar los compromisos de los países cada cinco años.<br>- Ofrecer financiación a los países en desarrollo para que puedan mitigar el cambio climático, fortalecer la resiliencia y mejorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático.<br><br>Asimismo, el Acuerdo incluye compromisos de todas las Partes para reducir sus emisiones y colaborar a fin de adaptarse a los impactos del cambio climático, así como llamamientos a estos países para que aumenten sus compromisos con el tiempo. Además, proporciona a los países desarrollados una ruta para que ayuden a las naciones en desarrollo a mitigar y adaptarse al cambio climático, creando un marco para un control. | El proyecto se ajustará a los objetivos del Acuerdo de París, durante el diseño, así como durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento considerando medidas para mitigar los efectos de cambio climático, reduciendo la huella de carbono.<br><br>Asimismo, el diseño del proyecto contempla los posibles factores de riesgo a los efectos de cambio climático facilitando su adaptación mediante la adopción de medidas de prevención, lo cual se puede apreciar en los Capítulos II y VII de este DTU. |
| **Resolución 70/1 de la Asamblea General de Naciones Unidas. "Transformar nuestro Mundo. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible"[6]**<br><br>El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas aprobó la resolución "Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" que incluye 17 Objetivos (de Desarrollo Sostenible ODS), y 169 metas.<br><br>La Agenda es un plan de acción mundial a largo plazo (2016-2030), cuyos objetivos buscan erradicar la pobreza, fortalecer la paz universal, el acceso a la justicia y lograr el desarrollo sostenible en sus tres dimensiones (económica, social y ambiental) sin comprometer los recursos de las futuras generaciones. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, para lo cual se considera en el desarrollo ambiental el uso de energías renovables, ecotecnias y la aplicación de otras medidas que permitan proteger al medio ambiente de los impactos que pueda causar su ejecución, así como para el desarrollo económico y social la implementación de empleos temporales y permanentes que beneficien la economía de la población local. |
| **Convenio sobre Diversidad Biológica[7] y las Metas de Aichi[8]** | El proyecto pretende ubicarse dentro de un Área Natural Protegida, que también |

[5] Adoptado el 12 de diciembre de 2015.
[6] Aprobada el 25 de septiembre de 2015.
[7] Emitido el 5 de junio de 1992.
[8] Aprobada 27/10/2015

| Tratado | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) fue emitido el 5 de junio de 1992, firmado por 150 gobiernos líderes en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, entró en vigor el 29 de diciembre de 1993 y ha sido ratificado por 196 países. Tiene 3 objetivos principales:<br>1. La conservación de la diversidad biológica.<br>2. La utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica.<br>3. Participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos.<br>Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible.<br>El Convenio, concebido como una herramienta práctica para convertir en realidad los principios del Programa 21, reconoce que la diversidad biológica incluye más que las plantas, los animales y los microorganismos y sus ecosistemas; también refiere a la gente y sus necesidades de seguridad alimentaria, medicamentos, aire puro y agua dulce, vivienda y un medio ambiente limpio y saludable en el cual vivir.<br>En 2010, las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica adoptaron el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. El Plan Estratégico se compone de una visión compartida, una misión, objetivos estratégicos y 20 metas ambiciosas pero alcanzables, conocidas como las Metas de Aichi para la diversidad biológica organizadas en cinco objetivos estratégicos:<br>- **Objetivo estratégico A:** Abordar las causas subyacenres de la pérdida de diversidad biológica mediante la incorporación de la diversidad biológica en todos los ámbitos gubernamentales y de la sociedad.<br>- **Objetivo estratégico B:** Reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible.<br>- **Objetivo estratégico C:** Mejorar la situación de la diversidad biológica y los servicios de los escosistemas para todos.<br>- **Objetivo estratégico D:** Aumentar los beneficios de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para todos.<br>- **Objetivo estratégico E:** Mejorar la aplicación a través de la planificación participativa, la gestión de los conocimientos y la creación de capacidad. | corresponde con un Sitio Ramsar, la cual presenta una gran diversidad de especies de flora y fauna, por lo que durante su desarrollo se aplicarán las medidas adecuadas para prevenir los impactos ambientales que pudiera generar su ejecución y con ello favorecer la conservación de la biodiversidad, tal y como se indica en los Capítulos V y VII de este DTU. |
| **Convenio No. 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y Tribales[9]**<br>El Convenio núm. 169, sobre Pueblos Indígenas y Tribales, fue adoptado en Ginebra, Suiza, por la 76a. Conferencia Internacional del Trabajo, en junio de 1989. Considera normas anteriores promulgadas también por la | Por lo que respecta a la vinculación del proyecto con este convenio, es preciso mencionar que el Área del Proyecto, así como el Sistema Ambiental Regional (SAR) no tiene incidencia con ningún |

[9] Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de enero de 1991.

| Tratado | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| OIT, especialmente el Convenio núm. 107, adoptado en 1957, aplicable a los pueblos tribales en países independientes cuyas características especiales los distinguen de otros sectores de la colectividad nacional y a aquellos pueblos, también en países independientes, considerados indígenas debido a su ascendencia.<br><br>Este Convenio entró en vigor el 5 de septiembre de 1991, 12 meses después de que las ratificaciones de los dos primeros Estados (Noruega y México) fueron registradas.<br><br>El artículo 2 de este convenio establece que tiene como objetivo que los gobiernos asuman responsabilidades de desarrollar, con la participación de los pueblos interesados, una acción coordinada y sistemática con miras a proteger los derechos de esos pueblos y a garantizar el respeto de su integridad. | pueblo indígena o tribal tal y como se observa en el Atlas de los Pueblos Indígenas de México elaborado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI), lo cual se muestra en el Mapa III.1, donde se puede apreciar que el Pueblo Indígena más cercano se ubica a 8.03 km de distancia del Área del Proyecto y del Sistema Ambiental Regional.<br><br>En consecuencia, no existe vinculación jurídica con este Convenio Internacional y la ejecución del proyecto. |




**Mapa III.1.- Ubicación de Pueblos Indígenas más cercanos al AP y SAR.**

### III.1.3 . Plan Nacional de Desarrollo y Programas Sectoriales

La Ley de Planeación[10], de acuerdo con lo establecido en su artículo 1º, tiene por objeto establecer las normas y principios básicos conforme a los cuales se llevará a cabo la Planeación Nacional del Desarrollo y encauzar, en función de ésta, las actividades de la administración Pública Federal, y las bases de integración y funcionamiento del Sistema Nacional de Planeación Democrática, entre otras.

Asimismo, conforme a lo dispuesto en su artículo 3°, se entiende por planeación nacional de desarrollo la ordenación racional y sistemática de acciones que, en base al ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, así como de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano, tiene como propósito la transformación de la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia Constitución y la ley establecen. Mediante la planeación se fijarán objetivos, metas, estrategias y prioridades, así como criterios basados en estudios de factibilidad cultural; se asignarán recursos, responsabilidades y tiempos de ejecución, se coordinarán acciones y se evaluarán resultados.

En este sentido, el artículo 5º de la misma Ley dispone que el Ejecutivo Federal elaborará el Plan Nacional de Desarrollo.

#### III.1.3.1 . Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND)[11]

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) emitido por el Ejecutivo Federal con fundamento en los artículos 25 y 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es un instrumento que sirve para enunciar los problemas nacionales y enumerar las soluciones en una proyección sexenal, en él se enmarca la parte del pacto social que le corresponde cumplir al gobierno.

La Constitución ordena al Estado mexicano velar por la estabilidad de las finanzas públicas y del sistema financiero; planificar, conducir, coordinar y orientar la economía; regular y fomentar las actividades económicas y "*organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación*". Para este propósito, la Carta Magna faculta al Ejecutivo Federal para establecer "*los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación*

[10] Publicada en el DOF el 05 de enero de 1983; última reforma publicada DOF16 de enero de 2018
[11] Publicado en el DOF el 12 julio de 2019.

*democrática, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo*".

**Tabla III.2.- Estrategias y Acciones del PND.**

| Estrategia/Acción | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Política Social**<br>**Desarrollo Sostenible.**<br>**Uno de los compromisos de la actual Administración es impulsar el desarrollo sostenible como un factor indispensable del bienestar, siendo ésta la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. A través de la aplicación de los mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos garantizará un futuro mínimamente habitable y armónico.** | Si bien el PND es un instrumento que establece estrategias, objetivos y acciones a nivel nacional, cuya aplicación y cumplimiento es responsabilidad de las diferentes dependencias del Ejecutivo, con el desarrollo del proyecto, además de contribuir con la reactivación y crecimiento económico de la región, propiciará oportunidades laborales, trayendo bienestar a la población, por ello, la ejecución del proyecto es congruente con las políticas y estrategias establecidas en este Plan Nacional de Desarrollo. |
| **Economía**<br>**Detonar el crecimiento.**<br>**Desde principios de los años ochenta del siglo pasado el crecimiento económico de México ha estado por debajo de los requerimientos de su población, a pesar de que los gobernantes neoliberales definieron el impulso al crecimiento como una prioridad por sobre las necesidades de la población; además, ha crecido en forma dispareja por regiones y por sectores sociales**. | |
| **Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo.**<br>**El actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados**<br>**El sector público fomentará la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 % y que generan la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.**<br>**El gobierno federal impulsará las modalidades de comercio justo y economía social y solidaria.** | |

### III.1.3.2 . Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT)[12]

El PROMARNAT se fundamenta en los artículos 4 y 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y 2, 3 y 16 de la Ley de Planeación con el fin de resolver la crisis ambiental que amenaza el futuro del planeta, en este sentido, la política pública ambiental desde el gobierno federal debe moverse hacia un cambio que tiene que ser construido como una estrategia por la vida y la profunda recuperación del país siendo sinónimo de regeneración. Esta regeneración sólo podrá alcanzarse a través de la construcción de políticas públicas que permitan corregir y revertir los efectos de los desbalances y sesgos en la ocupación del territorio y del uso no sostenible de los recursos naturales ocurridos en el pasado, todo ello para mejorar el bienestar social de la población actual y asegurar la preservación de la gran riqueza natural y cultural de las generaciones futuras.

El programa contribuirá a los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) como parte del Segundo Eje de Política Social. Sus Objetivos prioritarios, Estrategias prioritarias y Acciones puntuales están centrados en la búsqueda del bienestar de las personas, todo ello de la mano de la conservación y recuperación del equilibrio ecológico en las distintas regiones del país. El actuar del Programa se inspira y tiene como base el principio de impulso al *desarrollo sostenible* establecido en el PND, considerado como uno de los factores más importantes para lograr el bienestar de la población. El PROMARNAT 2020-2024 establece cinco objetivos prioritarios, conforme a lo siguiente:

**Tabla III.3.- Objetivos del PROMARNAT.**

| Objetivo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 1.- Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población. | El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo un conjunto residencial sustentable de bajo impacto, considerando que este DTU contempla programas de rescate y reubicación de flora y fauna con la finalidad de conservar los ecosistemas y evitar la afectación a la biodiversidad de la zona. |
| 2.- Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles. | Durante la ejecución del proyecto se consideran medidas y/o acciones para la prevención y mitigación de los posibles impactos ambientales que pudiera ocasionar el desarrollo del mismo.<br>Además, el proyecto se ajustará a todas las políticas e instrumentos jurídicos en materia de cambio climático y de emisiones a la atmósfera |

[12] Publicado en el DOF el 07 de julio de 2020.

| Objetivo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | durante todas sus etapas, implementando a su vez, las mejores técnicas y practicas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos. |
| 3.- Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, para lo cual se considera el uso de energías renovables, ecotecnias y la aplicación de otras medidas que permitan proteger al medio ambiente de los impactos que pueda causar su ejecución y garantizar el proyecto, así como llevar todas las gestiones necesarias ante las instituciones necesarias para promover al agua como pilar de bienestar. |
| 4.- Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano. | |
| 5.- Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental. | Si bien el PROMARNAT es un instrumento que establece estrategias, objetivos y acciones a nivel nacional, cuya aplicación y cumplimiento es responsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el proyecto pretende ser un proyecto sustentable, por lo que cada persona involucrada en la ejecución del mismo, desarrollará resiliencia con el área del proyecto a través de los Programas de Manejo Ambiental que se desarrollan en el Capítulo VII de este DTU. |

### III.1.4 . Leyes y Reglamentos Federales

#### III.1.4.1 . 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 (Acuerdo)[13]

Este acuerdo fue emitido considerando, entre otras cosas, que existen 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, lo que implica la tramitación de dos autorizaciones y la elaboración de dos estudios y representa para los interesados un incremento en costos y tiempo invertido en dos trámites individuales, siendo que estas autorizaciones comparten identidad de

[13] Publicado en el DOF el 22 de diciembre de 2010.

propósitos y alcances, por lo que es posible unificar en un solo procedimiento los trámites relativos a dichas autorizaciones, los cuales comparten algunos requisitos de información que, en esencia, tienen el mismo alcance técnico en el momento de su análisis, y en el presente instrumento se integran también en un solo documento los requisitos para los trámites que se unifican, eliminando las duplicidades; de esta manera la simplificación de los trámites y de los tiempos de respuesta benefician a los interesados en la realización de obras o actividades que requieren las autorizaciones antes indicadas.

**Tabla III.4.- Disposiciones del Acuerdo del Trámite Unificado.**

| Acuerdo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **SEGUNDO.** Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por:<br>II. Documento técnico unificado, el que integra la manifestación de impacto ambiental, en sus modalidades regional o particular, señaladas en los artículos 12 y 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, con el estudio técnico justificativo señalado en el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y cuyo contenido se describe en los artículos Sexto y Séptimo del presente Acuerdo.<br>(…)<br>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. | El promovente presenta este Documento técnico unificado para el trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B regional (DTU-BR), ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, autoridad competente para solicitar la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo forestal |
| **CUARTO. La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental resolverá el trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B, cuando los solicitantes sean las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal o municipal.** | |
| **SEPTIMO.** El documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B, contendrá la información que prevén los artículos 12 y 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, según corresponda, así como la indicada en el artículo 121, fracciones V, IX, X, XI, XIII y XIV, del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. | El presente DTU-BR del proyecto cumple con el contenido que establecen los artículos 13 de la LGEEPA y 141 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable vigentes. |
| **NOVENO.** A la solicitud de trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, en sus modalidades A y B, se anexará: | En cumplimiento a este criterio, el presente DTU-BR del proyecto contiene como anexos toda la |

| Acuerdo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| I. Documento técnico unificado, en original impreso y en formato electrónico;<br>II. Copia simple de la identificación oficial del solicitante;<br>III. Resumen del contenido del documento técnico unificado, en formato electrónico;<br>IV. Copia de la constancia del pago de derechos correspondientes;<br>V. Cuando se trate de actividades altamente riesgosas, el estudio de riesgo correspondiente;<br>VI. Original o copia certificada del título de propiedad inscrito en el Registro Público que corresponda o del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar las actividades que impliquen el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En ambos casos se anexará copia simple para su cotejo;<br>VII. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo, y<br>VIII. Cuando se trate del reconocimiento, exploración superficial y explotación petrolera en terrenos forestales, la documentación que acredite el derecho a realizar las actividades propuestas. | documentación requerida para ingresar la solicitud de trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad B. |

### III.1.1.1 . Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)[14]

De acuerdo con lo establecido en el artículo 1°, las disposiciones de la presente Ley tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; así como para definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, entre otras.

**Tabla III.5.- Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 15**.- Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:<br>(…)<br>IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o | El proyecto cumple con el presente artículo, en virtud de que se han considerado acciones y/o medidas para la prevención y mitigación de los posibles impactos ambientales que pudiera ocasionar el desarrollo del proyecto, tal y como se puede ver en los Capítulos V y VII del presente DTU.<br><br>Asimismo, y a efecto de dar cumplimiento a la presente disposición, una vez que se |

[14] Publicada en el DOF el 28 de enero de 1988; última reforma publicada DOF 11/04/2022.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales; (…) | obtenga la autorización en materia de impacto ambiental para el proyecto, se llevarán a cabo todas las medidas de mitigación, prevención y/o compensación que requiera la autoridad ambiental correspondiente, además de las consideradas por el promovente, con el propósito de minimizar, prevenir o reparar los daños que pueda causar el mismo. |
| **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:<br>I.- (…)<br>VII.- Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas; (…)<br>IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;<br>X.– Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. (…)<br>XI.- Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación; (…) | El proyecto se someterá al procedimiento de evaluación de Impacto Ambiental, previo a su desarrollo, toda vez que se ubicará en ecosistema costero, en un sitio donde existe vegetación de manglar y dentro de un ANP, y que requerirá el cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación forestal, principalmente palmar de chit.<br>Por lo que el promovente se compromete a dar cabal cumplimiento a lo establecido en éste y demás ordenamientos jurídicos aplicables. |
| **Artículo 30.-** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. (…) | En cumplimiento al presente artículo, se presenta el DTU-BR para su evaluación y resolución correspondiente, en el cual, contiene la descripción de los posibles efectos que el proyecto pudiera ocasionar en los ecosistemas, así como las medidas preventivas y de mitigación necesarias para minimizar las afectaciones por el desarrollo del proyecto. |
| **Artículo 35 BIS 1**.- Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías | Con el DTU-BR se presenta la carta bajo protesta de decir verdad, signada por el representante legal del promovente y por el responsable técnico de la elaboración de dicho DTU, en consecuencia, el |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas. (…) | promovente se somete a lo establecido en este artículo. |
| **Artículo 46**.- Se consideran áreas naturales protegidas:<br>I.- Reservas de la biosfera;<br>(…)<br>III. Parques nacionales;<br>IV.- Monumentos naturales;<br>(…)<br>VI.- Áreas de protección de recursos naturales;<br>VII.- Áreas de protección de flora y fauna;<br>VIII.- Santuarios**;**<br>IX. Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.<br>X.- Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales, y<br>XI. Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.<br>Para efectos de lo establecido en el presente Capítulo, son de competencia de la Federación las áreas naturales protegidas comprendidas en las fracciones I a VIII y XI anteriormente señaladas.<br>(…)<br>En las áreas naturales protegidas no podrá autorizarse la fundación de nuevos centros de población.<br>En las áreas naturales protegidas queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras. | El proyecto se refiere a un conjunto residencial con pretendida ubicación en un sitio dentro del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, que no contempla la fundación de un nuevo centro de población, como tampoco la introducción de especies exóticas invasoras, por lo que el desarrollo del proyecto no contraviene con lo establecido con este artículo. |

III.1.4.2 . Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)[15].

De acuerdo con lo dispuesto en su artículo 1º, este instrumento normativo tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

**Tabla III.6.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental**

| Instrumento / Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 5º**.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:<br>(…) | En cumplimiento a lo señalado en este reglamento, el promovente se sujetará a lo establecido por el mismo para la ejecución del proyecto. |

[15] Publicado en el DOF el 30 de mayo de 2000; última reforma publicada DOF 31/10/2014.

| Instrumento / Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:<br><br>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 (…)<br><br>Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:<br><br>Construcción y operación de hoteles, condominios, casas, desarrollos habitacionales y urbanos, (…) muelles, (…) infraestructura turística o urbana (…) que afecte ecosistemas costeros; (…)<br><br>R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:<br><br>I. Cualquier tipo de obra civil, (…), y<br>II. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales,<br><br>S) OBRAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS:<br><br>Cualquier tipo de obra o instalación dentro de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación; (…) | Es así, que el proyecto requiere ser evaluado en Materia de Impacto Ambiental, previo a su desarrollo, toda vez que se ubicará en ecosistema costero, en un sitio donde existe vegetación de manglar y dentro de un ANP, y que requerirá el cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación forestal, principalmente de selva con palma chit.<br><br>Por ello, en cumplimiento a este precepto legal, se presenta este DTU en su modalidad B-Regional ante la SEMARNAT por ser la autoridad competente para su evaluación y resolución. |
| **Artículo 9º.-** Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.<br><br>**La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.** (…) | Se cumple con lo estipulado en estos artículos, ya que el promovente ha presentado ante la SEMARNAT, el DTU-BR correspondiente al proyecto, considerando que éste se pretende ubicar en el ANP Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an donde los impactos ambientales, si bien no se prevé que puedan ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, sí podrían tener efectos acumulativos y sinérgicos. |
| **Artículo 10.**- Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:<br><br>I. Regional, o<br>II. II. Particular. | |
| **Artículo 11.-** Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:<br><br>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; | |

| Instrumento / Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 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;<br><br>III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y<br><br>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.<br><br>En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular. | |
| **Artículo 13.**- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:<br><br>I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;<br>II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;<br>III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;<br>IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;<br>V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;<br>VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;<br>VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y<br>VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental. | El contenido del DTU-BR cumple con lo establecido en este artículo, tal y como lo dispone el lineamiento Séptimo del Acuerdo. |
| **Artículo 17.-** El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:<br><br>I. La manifestación de impacto ambiental;<br>II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y | El promovente presenta la documentación requerida para ingresar la solicitud de trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad B. |

| Instrumento / Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.<br><br>Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo. | |
| **Artículo 36.-** Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales.<br><br>La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley, sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas. | La elaboración de este DTU cumple con lo dispuesto en la legislación aplicable, y en su contenido se detallan las metodologías y técnicas empleadas para su desarrollo, así como las medidas de prevención y mitigación que se consideran más efectivas para atenuar los impactos ambientales que pudiera generar la realización del proyecto; por lo que se da cumplimiento a lo establecido en este artículo.<br><br>Por lo que, con el DTU se presenta la carta bajo protesta de decir verdad, signada por el representante legal del promovente y por el responsable técnico de la elaboración de dicho DTU. |

### III.1.4.3 . Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (REANP)[16]

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo relativo al establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, conforme a lo dispuesto en su artículo 1o.

**Tabla III.7.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 49.- Para el cumplimiento de los objetivos previstos en la Ley, en relación al establecimiento y manejo de las áreas naturales protegidas, se realizará una subdivisión que permita identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, los cuales constituyen un esquema integral** | En cumplimiento a lo señalado en este reglamento, el promovente se sujetará a lo dispuesto por el mismo para la ejecución del proyecto.<br><br>En este sentido, el proyecto cumple con lo dispuesto en el Decreto y Programa de |

[16] Publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2000; última reforma publicada DOF 21-05-2014.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **y dinámico, por lo que cuando se realice la delimitación territorial de las actividades en las áreas naturales protegidas, ésta se llevará a cabo a través de las siguientes zonas y sus respectivas subzonas, de acuerdo a su categoría de manejo:**<br><br>**I.- Las zonas núcleo, que tendrán como principal objetivo la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo (…)**<br>**II.- Las zonas de amortiguamiento, tendrán como función principal orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas de ésta a largo plazo, y podrán estar conformadas básicamente por las siguientes subzonas:**<br>**a) (…);**<br>**b) De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales: Aquellas superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados, y que, por motivos de uso y conservación de sus ecosistemas a largo plazo, es necesario que todas las actividades productivas se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable;**<br>**(…)**<br>**d) De aprovechamiento especial: Aquellas superficies generalmente de extensión reducida, con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social, y que deben ser explotadas sin deteriorar el ecosistema, modificar el paisaje de forma sustancial, ni causar impactos ambientales irreversibles en los elementos naturales que conforman;**<br>**(…)** | Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, mismos que establece la subdivisión que permite identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, tal y como se evidencia más adelante en este Capítulo. |
| **Artículo 51.- En las reservas de la biosfera, en las áreas de protección de recursos naturales y en las áreas de protección de flora y fauna, se podrán establecer todas las subzonas.** | El proyecto cumple con lo dispuesto en el Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, mismos que establece la subdivisión que permite identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, tal y como se evidencia más adelante en este Capítulo. |
| **Artículo 74**.- El programa de manejo de cada área natural protegida, deberá contener lo señalado por el artículo 66 de la Ley, así como la especificación de las densidades, intensidades, condicionantes y modalidades a que se sujetarán las obras y actividades que se vienen realizando en las mismas, en términos de lo establecido en la Ley, el presente Reglamento, el decreto de creación del área natural protegida de que se trate, y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. En dicho programa se deberá determinar la extensión y delimitación de la zona de influencia del área protegida respectiva.<br><br>Además, el programa de manejo contendrá la delimitación, extensión y ubicación de las subzonas que se señalen en la | |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| declaratoria. La Secretaría deberá promover que las actividades que realicen los particulares se ajusten a los objetivos de dichas subzonas. | |
| **Artículo 82.**- El uso turístico y recreativo dentro de las áreas naturales protegidas, se podrá llevar a cabo bajo los términos que se establezcan en el programa de manejo de cada área natural protegida, y siempre que:<br>I.- No se provoque una afectación significativa a los ecosistemas;<br>II.- Preferentemente tengan un beneficio directo para los pobladores locales;<br>III.- Promueva la educación ambiental, y<br>IV.- La infraestructura requerida sea acorde con el entorno natural del área protegida. | El proyecto cumple con lo dispuesto en el Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, tal y como se evidencia más adelante en este Capítulo. |

### III.1.4.4 . Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)[17]

Esta Ley tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, tal y como se establece en su artículo 1.

**Tabla III.8.- Disposiciones de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 7**. Para efectos de esta Ley se entenderá por:<br>(…)<br>VI. Cambio del uso en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales;<br>(…)<br>XII. Compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales: Las obras y actividades de restauración de suelos, reforestación, protección y mantenimiento, que se realizan con el fin de rehabilitar ecosistemas forestales deteriorados, de controlar o evitar los procesos de degradación de los mismos y de recuperar parcial o totalmente las condiciones que propicien su persistencia y evolución;<br>(…)<br>LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal y produce bienes y servicios forestales;<br>LXXI Bis. Terreno forestal arbolado: Terreno forestal que se extiende por más de 1,500 metros cuadrados dotado de árboles de | En cumplimiento a lo señalado en esta ley, el promovente se sujetará a lo dispuesto por la misma para la ejecución del proyecto. |

[17] Publicada en el DOF el 5 de junio de 2018; última reforma publicada DOF 28-04-2022.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al diez por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. Incluye todos los tipos de bosques y selvas de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía que cumplan estas características;<br>(…) | |
| **Artículo 93.** La Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento los cuales demuestren que 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. (…)<br><br>Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de 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 ordenamiento ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. (…) | El proyecto requiere de la autorización en materia de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, derivado de la remoción de vegetación forestal, principalmente de selva con palmar de chit, y para dar demostrar su viabilidad, en el Capítulo VI de este DTU se analizan las hipótesis planteadas en este artículo; además, el proyecto contempla la ejecución del Programa de Manejo integral de Flora, que a su vez incluye un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, y el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, tal y como se menciona en los Capítulos II y VII, por lo que se da cabal cumplimiento a este artículo. |
| **Artículo 94.** Las autorizaciones de cambio de uso del suelo deberán inscribirse en el Registro [Nacional Forestal]. | Una vez evaluado este DTU por la autoridad correspondiente y en caso de ser autorizado, la autoridad procederá a realizar la inscripción en el Registro Nacional Forestal de esta autorización. |
| **Artículo 98.** Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento. | En caso de que así lo requiera la autoridad, el promovente realizará el depósito correspondiente al Fondo Forestal Mexicano y presentará la evidencia del mismo para dar cumplimiento a lo establecido en el presente artículo. |

### III.1.4.5 . Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)[18]

Conforme a lo dispuesto en su artículo 1, el presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en

[18] Publicade en el DOF el 09 de diciembre de 2020; última reforma publicada DOF 19/12/2020.

materia de conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento sustentables de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

**Tabla III.9.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 139.** Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente:<br>I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante;<br>II. Lugar y fecha;<br>III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y<br>IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.<br>A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente:<br>I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante;<br>II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo;<br>III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo;<br>IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y<br>V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital. Para efectos previstos en el inciso c) del presente artículo, cuando se trate de las instalaciones, actividades y proyectos del Sector Hidrocarburos, los interesados deberán acreditar la propiedad, posesión o derecho para su realización, con la documentación señalada en el artículo 31 del presente Reglamento. | Mediante este DTU el promovente presenta la documentación requerida para ingresar la solicitud de trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad B ante la SEMARNAT, autoridad competente para evaluar y resolver el proyecto. |
| **Artículo 141.** Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:<br>I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno;<br>II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georeferenciados y expresados en coordenadas UTM; | El contenido del DTU-BR cumple con lo establecido en este artículo, tal y como lo dispone el lineamiento Séptimo del Acuerdo. |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos;<br>IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;<br>V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales;<br>VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal;<br>VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo;<br>VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo;<br>IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo;<br>X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo;<br>XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto;<br>XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga;<br>XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo;<br>XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y<br>XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento. | |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 144.** La Secretaría o la ASEA determinarán el monto económico de Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 152 de este Reglamento y notificará al solicitante para que realice el Depósito respectivo ante el Fondo, en un plazo que no exceda de treinta días hábiles siguientes a que surta efectos dicha notificación.<br><br>Una vez que el solicitante haya comprobado que realizó el Depósito a que se refiere el párrafo anterior, mediante copia simple de la ficha de depósito o del comprobante de transferencia electrónica, la Secretaría o la ASEA, expedirán la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que se expida la autorización, esta se entenderá concedida.<br><br>La solicitud de autorización será negada en caso de que el interesado no acredite ante la Secretaría o la ASEA haber realizado el Depósito en los términos previstos en el presente artículo. | Para dar cumplimiento al presente artículo, el promovente realizará el depósito correspondiente al Fondo Forestal Mexicano y presentará la evidencia del mismo, en caso de que así lo requiera la autoridad. |
| **Artículo 145.** La autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales amparará el aprovechamiento de las Materias primas forestales derivadas y, para su transporte, se deberá acreditar la legal procedencia con las remisiones forestales respectivas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley y el presente Reglamento.<br><br>La Secretaría o la ASEA asignarán el Código de identificación y lo informarán al particular en el mismo oficio de autorización del Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales. | El promovente se sujetará a lo establecido por el presente artículo para la ejecución del proyecto. |
| **Artículo 149.** Conforme a lo establecido en el artículo 96 de la Ley, los titulares de las autorizaciones de Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales deberán presentar:<br><br>I. Dentro de los primeros treinta días hábiles posteriores al inicio de ejecución de la autorización, un aviso en el cual informen sobre el inicio de la ejecución del Cambio de uso de suelos que les fue autorizado, con relación a lo establecido en la fracción VIII del artículo 141 de este Reglamento, y<br>II. Dentro de los primeros treinta días hábiles posteriores a su conclusión, un informe que contenga la ejecución y desarrollo del Cambio de uso de suelo, de conformidad con lo establecido en la autorización y con relación al contenido de las fracciones VIII, IX y X del artículo 141 de este Reglamento.<br><br>Sin perjuicio de lo anterior, en los casos en que la vigencia de las autorizaciones sea superior a un año, los titulares deberán presentar informes semestrales sobre la ejecución y desarrollo de lo dispuesto en dichas autorizaciones, con relación al contenido de las fracciones VIII, IX y X del artículo 141 de este Reglamento.<br><br>Dentro del término de treinta días hábiles siguientes a que se concluya la totalidad de la remoción de la Vegetación forestal presentará el informe de conclusión. | De ser el caso que el proyecto sea autorizado, el promovente se compromete a cumplir en tiempo y forma con lo dispuesto en este artículo, así como con lo establecido en la resolución correspondiente. |

### III.1.4.6 . Ley General de Vida Silvestre[19]

El objeto de esta Ley es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas 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 la Tabla III.8, se realiza la vinculación del Proyecto con las disposiciones de esta Ley.

Derivado de su ámbito de aplicación, a continuación, se vincula con el proyecto los artículos que se han considerado guardan relación con el mismo:

**Tabla III.10.- Disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 4º.** Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.<br><br>Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables.<br><br>Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia. | Dando cumplimiento a lo dispuesto en esta ley, previo al inicio de las obras y actividades del proyecto, se sujeta a lo establecido con el fin de que dichas actividades coadyuven a la conservación de la vida silvestre y su hábitat, por lo que se considera jurídicamente viable la ejecución de las actividades del proyecto.<br><br>El promovente no pretende realizar aprovechamiento alguno de los ejemplares de flora y fauna; durante el desarrollo del proyecto se implementarán medidas y acciones ambientales adecuadas con la finalidad de reducir los impactos sobre las diferentes especies localizadas en el sitio y conservar las mismas, principalmente aquéllas que se encuentran listadas bajo alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales se incluyen en los Programas de Manejo Integral de Flora y de Rescate y Reubicación de Fauna, tal y como se refiere en el Capítulo VII del DTU. |
| **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.<br><br>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. | |
| **Artículo 27 Bis**. – No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. (…) | El proyecto se refiere a un conjunto residencial con pretendida ubicación en un sitio dentro del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, que no contempla liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas |

[19] Publicada en el DOF el 3 de julio de 2000; última reforma publicada DOF 20-05-2021.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | invasoras, por lo que el desarrollo del proyecto no contraviene con lo establecido en este artículo. |
| **Artículo 31**. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características. | Para dar cumplimiento a lo establecido en el presente artículo, en este DTU se plantea la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, conforme a lo indicado en los Capítulos II y VII, con la finalidad de conservar los ecosistemas y evitar la afectación a la biodiversidad de la zona. por lo que se evitará y disminuirá la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características. |
| **Artículo 58.** Entre las especies y poblaciones en riesgo estarán comprendidas las que se identifiquen como:<br>a) En peligro de extinción, aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.<br>b) Amenazadas, aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.<br>c) Sujetas a protección especial, aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. | Para el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo monitoreos en campo, a través de los cuales se identificaron las especies bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales se detallan en el apartado correspondiente de este DTU, así como las medidas establecidas para su protección. |
| **Artículo 60 Bis 1**.- Ningún ejemplar de tortuga marina, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, incluyendo sus partes y derivados. | Las actividades a realizar en el proyecto no contemplan el aprovechamiento extractivo de ningún ejemplar de tortuga marina, por lo que la ejecución del proyecto no incumple con lo establecido en este artículo. |
| **Artículo 60 ter**[20]. Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, 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, | El proyecto no contempla obra o actividad alguna en áreas con vegetación de manglar, ni alguna otra que afecte su estructura y funcionalidad, pues en el Área del proyecto no existe este tipo de vegetación, tal y como se describe en los Capítulos II y IV de este DTU. Asimismo, y |

[20] Artículo adicionado, publicado en el DOF 01-02-2007.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 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.<br><br>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. | considerando que en los lotes aledaños sí existe manglar, se observará lo establecido en este artículo para la ejecución del proyecto mediante acciones de buenas prácticas ambientales, dando cumplimiento al mismo. |
| **Artículo 73.** Queda prohibido el uso de cercos u otros métodos, de conformidad con lo establecido en el reglamento, para retener o atraer ejemplares de la fauna silvestre nativa que de otro modo se desarrollarían en varios predios. La Secretaría aprobará el establecimiento de cercos no permeables y otros métodos como medida de manejo para ejemplares y poblaciones de especies nativas, cuando así se requiera para proyectos de recuperación y actividades de reproducción, repoblación, reintroducción, traslocación o preliberación. | El proyecto no guarda relación con actividades establecidas en el presente artículo, por lo que se da cumplimiento al mismo. |
| **Artículo 106**. Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona que cause daños a la vida silvestre o su hábitat, en contravención de lo establecido en la presente Ley o en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, estará obligada a repararlos en los términos del Código Civil para el Distrito Federal hoy Ciudad de México en materia del Fuero Común y para toda la República en materia del Fuero Federal, así como en lo particularmente previsto por la presente Ley y el reglamento.<br><br>Los propietarios y legítimos poseedores de los 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. …" | El proyecto contempla estrategias ambientales cuyas acciones están orientadas a la protección y conservación de las especies de flora y fauna en riesgo o prioritarias, comprendidas dentro del sitio del proyecto, dichas acciones consideran medidas de prevención, mitigación y/o compensación a fin de atenuar los impactos adversos que pudieran presentarse. |

### III.1.4.7 . Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)[21]

Las disposiciones de esta Ley, conforme a lo establecido en su artículo 1°, tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable 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; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

[21] Publicada en el DOF el 08 de octubre de 2003; última reforma publicada DOF 18/01/2021

**Tabla III.11.- Disposiciones de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 16.-** La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo. | |
| **Artículo 18.**- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables. | |
| **Artículo 19.-** Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:<br>(…)<br>V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;<br>(…)<br>VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;<br>(…) | Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos, mismos que serán manejados mediante los Subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos, tal y como se refiere en los Capítulos II y VII de este DTU.<br>Asimismo, y de ser el caso que se requiera de un plan de manejo, el promovente se sujetará a las disposiciones de esta Ley. |
| **Artículo 31.-** Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:<br>I. Aceites lubricantes usados;<br>II. Disolventes orgánicos usados;<br>III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;<br>IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;<br>V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio;<br>VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio;<br>VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo;<br>VIII. Fármacos;<br>IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;<br>X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados;<br>XI. Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos;<br>(…) | |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 33.-** Las empresas o establecimientos responsables de los planes de manejo presentarán, para su registro a la Secretaría, los relativos a los residuos peligrosos; y para efectos de su conocimiento a las autoridades estatales los residuos de manejo especial, y a las municipales para el mismo efecto los residuos sólidos urbanos, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y según lo determinen su Reglamento y demás ordenamientos que de ella deriven.<br><br>En caso de que los planes de manejo planteen formas de manejo contrarias a esta Ley y a la normatividad aplicable, el plan de manejo no deberá aplicarse. | |
| **Artículo 40**.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven… | Dentro de las acciones ambientales, el proyecto contempla un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que el manejo de los residuos peligrosos se realizará en apego a la normatividad y legislación aplicable, a fin de prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente (véase Capítulo VII). |
| **Artículo 41**.- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley. | El promovente como generador de residuos peligrosos es responsable de un manejo adecuado y ambientalmente seguro conforme a lo establecido en la legislación aplicable, por lo que se contempla un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que el manejo adecuado de los residuos peligrosos prevendrá y controlará la contaminación del medio ambiente. |
| **Artículo 42**.- Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.<br><br>La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. | A través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el proyecto contempla la contratación de empresas prestadoras de servicios para la recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos peligrosos, para ello dichas empresas deberán contar con las autorizaciones respectivas por las autoridades competentes. |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo. | |
| **Artículo 43.**- Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven. | En cumplimiento a lo señalado en este artículo, el promovente notificará ante la autoridad competente, el manejo de los residuos peligrosos que llegaran a ser producto de las actividades de la ejecución del proyecto. |
| **Artículo 45**.- Los generadores de residuos peligrosos, deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría… | El promovente como generador de residuos peligrosos es responsable de un manejo adecuado y ambientalmente seguro conforme a lo establecido en la legislación aplicable. Se da cumplimiento a lo establecido en este artículo. |
| **Artículo 48**.- Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables… | En cumplimiento a lo señalado en este artículo, el promovente solicitará todos los registros correspondientes y cumplirá con los términos y requisitos que correspondan para el desarrollo de las actividades del proyecto, ante la autoridad que resulte competente, conforme a las disposiciones legalmente aplicables y vigentes. |
| **Artículo 54.-** Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo. | La identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo acorde a la normatividad aplicable. |

### III.1.4.8 . Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (RELGPGIR)[22]

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación

[22] Publicado en el DOF 30 de noviembre de 2006; última reforma publicada DOF 31/10/2014.

ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tal y como se establece en su artículo 1.

**Tabla III.12.- Disposiciones del Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 17**.- Los sujetos obligados a formular y ejecutar un plan de manejo podrán realizarlo en los términos previstos en el presente Reglamento o las normas oficiales mexicanas correspondientes, o bien adherirse a los planes de manejo establecidos.<br>La adhesión a un plan de manejo establecido se realizará de acuerdo a los mecanismos previstos en el propio plan de manejo, siempre que los interesados asuman expresamente todas las obligaciones previstas en él. | Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán manejados mediante los Subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.<br><br>Asimismo, y de ser el caso que se requiera de un plan de manejo, el promovente se sujetará a las disposiciones de este Reglamento. |
| **Artículo 83.-** El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente:<br>I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios;<br>II. En lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y<br>III. Se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la microgeneración de residuos peligrosos. | En el diseño del proyecto se ha destinado el área de almacenamiento temporal conforme a las características y especificaciones establecidas en los artículos señalados por este Reglamento. |
| **Artículo 84.-** Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses. | Para dar cumplimiento al presente artículo y no contravenir, el promovente se compromete a remitir los residuos peligrosos al almacén adecuado en el tiempo establecido por medio de una empresa prestadora de servicios autorizada. |

### III.1.4.9 . Ley General de Cambio Climático (LGCC)[23]

Conforme a lo dispuesto en el artículo 2, esta ley tiene por objeto regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenos peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2º de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno, y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono, entre otros.

La Ley General de Cambio Climático, establece la creación de diversos instrumentos de política pública, entre ellos, el Registro Nacional de Emisiones (RENE) que permitirá compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases Efecto Invernadero (CyGEI) de los diferentes sectores productivos del país para dar trazabilidad, evaluar tendencias y establecer estrategias nacionales de reducción de emisiones. Un registro de emisiones les permitirá a las empresas identificar sus fuentes de emisión con el objetivo de reducir su huella de carbono, generar oportunidades de negocio y ser más competitivos. En observancia de la citada Ley, se ha vinculado el proyecto con las disposiciones legales siguientes.

**Tabla III.13.- Disposiciones de la Ley General de Cambio Climático**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 3º.** Para efectos de esta Ley se entenderá por:<br>I.-Acuerdo de París: Convenio adoptado mediante la decisión 1/CP.21 durante el 21er período de sesiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.<br>II. Adaptación: Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos.<br>(…)<br>IV. Cambio climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.<br>(…)<br>IX. Contaminantes climáticos de vida corta: Llamados también forzadores climáticos de vida corta, son aquellos compuestos | En cumplimiento a lo señalado en este reglamento, el promovente se sujetará a lo establecido por la misma para la ejecución del proyecto. |

[23] Publicada en el DOF el 06 de junio de 2012; última reforma publicada DOF 11/05/2022

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| de efecto invernadero, gases, aerosoles o partículas de carbono negro, cuya vida media en la atmósfera después de ser emitidos se estima en semanas o hasta décadas, en un rango siempre inferior a la vida media del bióxido de carbono, estimada ésta última en 100 o más años. (…) | |
| **Artículo 26.** En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:<br>I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;<br>II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;<br>III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático;<br>IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;<br>V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono;<br>VI. Integralidad y transversalidad, adoptando un enfoque de coordinación y cooperación entre órdenes de gobierno, así como con los sectores social y privado para asegurar la instrumentación de la política nacional de cambio climático;<br>VII. Participación ciudadana, en la formulación, ejecución, monitoreo y evaluación de la Estrategia Nacional, planes y programas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático;<br>VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;<br>IX. El uso de instrumentos económicos en la mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático incentiva la protección, preservación y restauración del ambiente; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de | El proyecto se ajustará a la política nacional y estatal en materia de cambio climático, a las normas oficiales mexicanas e instrumentos jurídicos en materia de emisiones a la atmósfera durante todas sus etapas, implementando a su vez, las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir al cambio climático. |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| generar beneficios económicos a quienes los implementan;<br>X. Transparencia, acceso a la información y a la justicia, considerando que los distintos órdenes de gobierno deben facilitar y fomentar la concientización de la población, poniendo a su disposición la información relativa al cambio climático y proporcionando acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos pertinentes atendiendo a las disposiciones jurídicas aplicables;<br>XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad;<br>XII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales, y<br>XIII. Progresividad, las metas para el cumplimiento de esta Ley deberán presentar una progresión y gradualidad a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales, y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza; asimismo, se deberá considerar la necesidad de recibir apoyos de los países desarrollados para lograr la aplicación efectiva de las medidas que se requieran para su cumplimiento; sin que represente un retroceso respecto a metas anteriores, considerando, la mejor información científica disponible y los avances tecnológicos, todo ello en el contexto del desarrollo sostenible.(…) | |
| **Artículo 28.** La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos:<br>…<br>IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;<br>… | Como se observa en la disposición legal en cita, corresponde a las autoridades en el ámbito de su competencia llevar a cabo las acciones necesarias para la adaptación de la política nacional frente al cambio climático por cuanto hace a ecosistemas y biodiversidad.<br><br>No obstante, el proyecto implementará las mejores prácticas, donde la mayoría de los equipos y materiales de trabajo son manuales, lo cual per se minimiza las emisiones de gases a la atmósfera. Asimismo, implementará una serie de medidas para preservar el ecosistema en el que incide. |

### III.1.4.10 . Ley de Aguas Nacionales (LAN)[24]

La presente Ley tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable, según lo dispuesto en el artículo 1.

**Tabla III.14.- Disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 20.** De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento 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.<br>Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión".<br>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.<br>(…)<br>Las concesiones y asignaciones crearán derechos y obligaciones a favor de los beneficiarios en los términos de la presente Ley. (…) | Con la finalidad de dar cumplimiento a esta ley, donde uno de sus objetivos es regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable, el promovente se compromete a solicitar en su momento oportuno las autorizaciones necesarias establecidas en esta ley, para llevar a cabo la perforación de pozos y el aprovechamiento de agua del subsuelo. |
| **Artículo 21**. La solicitud de concesión o asignación deberá contener al menos:<br>I.- Nombre y domicilio del solicitante;<br>II. La cuenca hidrológica, acuífero en su caso, región hidrológica, municipio y localidad a que se refiere la solicitud;<br>III. El punto de extracción de las aguas nacionales que se soliciten;<br>IV. El volumen de extracción y consumo requeridos;<br>V.- El uso inicial que se le dará al agua, sin perjuicio de lo dispuesto en el Párrafo Quinto del Artículo 25 de la presente Ley; cuando dicho volumen se pretenda destinar a diferentes usos, se efectuará el desglose correspondiente para cada uno de ellos;<br>VI. El punto de descarga de las aguas residuales con las condiciones de cantidad y calidad; | |

[24] Publicada en el DOF el 1º de diciembre de 1992; última reforma publicada DOF 11/05/2022.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| VII.- El proyecto de las obras a realizar o las características de las obras existentes para su extracción y aprovechamiento, así como las respectivas para su descarga, incluyendo tratamiento de las aguas residuales y los procesos y medidas para el reúso del agua, en su caso, y restauración del recurso hídrico; en adición deberá presentarse el costo económico y ambiental de las obras proyectadas, esto último conforme a lo dispuesto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y<br>VII.- La duración de la concesión o asignación que se solicita.<br>Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, se solicitará el permiso de descarga de aguas residuales y el permiso para la realización de las obras que se requieran para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas y el tratamiento y descarga de las aguas residuales respectivas. La solicitud especificará la aceptación plena del beneficiario sobre su obligación de pagar regularmente y en su totalidad las contribuciones fiscales que se deriven de la expedición del título respectivo y que pudieren derivarse de la extracción, consumo y descarga de las aguas concesionadas o asignadas, así como los servicios ambientales que correspondan. El beneficiario conocerá y deberá aceptar en forma expresa las consecuencias fiscales y de vigencia del título respectivo que se expida en su caso, derivadas del incumplimiento de las obligaciones de pago referidas.<br>Tratándose de solicitudes de concesión para el uso agrícola a que se refiere el Capítulo II, del Título Sexto, de esta Ley, no se requerirá solicitar conjuntamente con la concesión el permiso de descarga de aguas residuales, siempre que en la solicitud se asuma la obligación de sujetarse a las Normas Oficiales Mexicanas o a las condiciones particulares de descarga que correspondan, y a lo dispuesto en el Artículo 96 de esta Ley. | |
| **Artículo 21 BIS**. El promovente deberá adjuntar a la solicitud a que se refiere el Artículo anterior, al menos los documentos siguientes:<br>I.- Los que acrediten la propiedad o posesión del inmueble en el que se localizará la extracción de aguas, así como los relativos a la propiedad o posesión de las superficies a beneficiar;<br>II. El documento que acredite la constitución de las servidumbres que se requieran;<br>III. La manifestación de impacto ambiental, cuando así se requiera conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente;<br>IV. El proyecto de las obras a realizar o las características de las obras existentes para la extracción, aprovechamiento y descarga de las aguas motivo de la solicitud;<br>V.- La memoria técnica con los planos correspondientes que contengan la descripción y características de las obras a realizar, para efectuar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas a las cuales se refiere | El promovente se compromete a solicitar en su momento oportuno las autorizaciones con los requisitos necesarios establecidas en esta ley, para llevar a cabo la perforación de pozos y el aprovechamiento de agua del subsuelo. |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| la solicitud, así como la disposición y tratamiento de las aguas residuales resultantes y las demás medidas para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores, a efecto de cumplir con lo dispuesto en la Ley;<br>VI. La documentación técnica que soporte la solicitud en términos del volumen de consumo requerido, el uso inicial que se le dará al agua y las condiciones de cantidad y calidad de la descarga de aguas residuales respectivas, y<br>VII.- Un croquis que indique la ubicación del predio, con los puntos de referencia que permitan su localización y la del sitio donde se realizará la extracción de las aguas nacionales; así como los puntos donde efectuará la descarga.<br>Los estudios y proyectos a que se refiere este Artículo, se sujetarán a las normas y especificaciones técnicas que en su caso emita "la Comisión". | |
| **Artículo 42.** Para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo en las zonas reglamentadas o de veda decretadas por el Ejecutivo Federal, incluso las que hayan sido libremente alumbradas, requerirán de:<br>I.- Concesión o asignación para su explotación, uso o aprovechamiento;<br>II. Un programa integral de manejo por cuenca y acuíferos a explotar, y<br>III. Permisos para las obras de perforación, reposición o relocalización de pozos, o demás modificaciones a las condiciones de aprovechamiento, que se realicen a partir del decreto de veda o reglamentación.<br>Las concesiones o asignaciones se sujetarán a los requisitos que establecen los Artículos 21 y 21 BIS de esta Ley y se otorgarán de acuerdo con los estudios de disponibilidad respectivos, teniendo en cuenta el volumen de agua usada o aprovechada como promedio en el último año inmediato anterior al decreto respectivo, y que se hubieran inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua. (…) | De ser el caso, el promovente se compromete a solicitar en su momento oportuno las autorizaciones necesarias establecidas en esta ley, para llevar a cabo la perforación de pozos y el aprovechamiento de agua del subsuelo. |
| **Artículo 86 Bis 2.** Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición. | El proyecto contempla medidas para evitar la contaminación de los cuerpos de agua, a través de la ejecución de un Programa de Manejo Integral de Residuos, entre las que se consideran contenedores para los residuos sólidos, el uso de biodigestores para el tratamiento de las aguas residuales, así como las recomendaciones para evitar la afectación de los cuerpos de agua. Además, se contemplan acciones de buenas prácticas ambientales, dando cumplimiento a lo establecido en este artículo. |
| **ARTÍCULO 119.** "La Autoridad del Agua" sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, las siguientes faltas: | Se observará lo establecido en esté artículo para la ejecución del proyecto |

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| (…)<br>XIV. Arrojar o depositar cualquier contaminante, en contravención a las disposiciones legales, en ríos, cauces, vasos, lagos, lagunas, esteros, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, o infiltrar materiales y sustancias que contaminen las aguas del subsuelo;<br>(…)<br>Ocasionar daños ambientales considerables o que generen desequilibrios, en materia de recursos hídricos de conformidad con las disposiciones en la materia;<br>(…)<br>XX. Modificar o desviar los cauces, vasos o corrientes cuando sean propiedad nacional, sin el permiso correspondiente; cuando se dañe o destruya una obra hidráulica de propiedad nacional; | mediante acciones de buenas prácticas ambientales, dando cumplimiento a lo dispuesto en este artículo. |

### III.1.4.11 . Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RELAN)[25]

Conforme a lo dispuesto en su artículo 1º, el presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales.

**Tabla III.15.- Disposiciones del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Articulo 29**.- Las solicitudes de concesiones o asignaciones podrán ser presentadas tanto por personas físicas como por personas morales, debiendo acreditar estas últimas su existencia legal, así como la personalidad jurídica del promovente. | Con la finalidad de dar cumplimiento a lo dispuesto en este reglamento, el promovente se compromete a solicitar en su momento oportuno las autorizaciones necesarias para llevar a cabo la perforación de pozos y el aprovechamiento de agua del subsuelo. |
| **Articulo 30**.- Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión". | |

[25] Publicado en el DOF 12 de enero de 1994; última reforma publicada DOF 25/08/2014.

### III.1.4.12 . Ley General de Bienes Nacionales (LGBN)[26]

El objeto de esta Ley, según lo dispuesto en su artículo 1, es establecer los bienes que constituyen el patrimonio de la Nación.

**Tabla III.16.- Disposiciones de la Ley de Bienes Nacionales.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 20**.- Las concesiones sobre bienes de dominio público no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de terceros, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el acto o título de la concesión. | Las actividades propuestas para la realización del proyecto no consideran actividades en Zona Federal, por lo que no será necesario solicitar un permiso de concesión para llevarlas a cabo, de lo anterior, esta ley no es vinculante con el proyecto. |

### III.1.4.13 . Ley Federal de Responsabilidad Ambiental[27]

La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños. Si bien las disposiciones legales de la presente Ley, regulan las obligaciones derivadas de los daños ocasionado al ambiente, es imprescindible señalar que, se han adoptados acciones y medidas que prevendrán o mitigarán los efectos negativos que puedan ocasionarse, evitando daños graves al ambiente.

En este sentido, según lo establecido en el artículo 2º, se entiende por daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan (Fracción III).

Ahora bien, la misma Ley prevé en su artículo 6º, que no se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría (Fracción I).

[26] Publicada en el DOF el 20 de mayo de 2004; última reforma publicada DOF 14/09/2021.
[27] Publicada en el DOF el 07 de junio de 2013; última reforma publicada DOF 20/05/2021.

Es así que, en caso de ser autorizado, para el proyecto se asume el compromiso de cumplir a cabalidad con lo dispuesto en los términos y condicionantes de la autorización expedida por la autoridad.

**Tabla III.17.- Disposiciones de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 10.** Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.<br><br>De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente." | En el Capítulo V de este DTU, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales previsibles que potencialmente puede generar el proyecto, para los cuales se contemplan con anticipación las medidas necesarias para prevenir, mitigar, o compensar, según sea el caso, tal y como se indica en el Capítulo VII, por lo que no se prevé que el proyecto pueda generar daños al ambiente. |
| **Artículo 11.** La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título. | |

## III.2 . Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET)

### III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC).[28]

El Área Sujeta a Ordenamiento (ASO), conforme la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), está integrada por los siguientes componentes:

- Área Marina, que comprende las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo zonas federales adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe. También incluye 26 Áreas Naturales Protegidas, de competencia Federal con parte de su extensión en la zona marina. Cabe señalar, que en dichas áreas aplica el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente, así como las acciones generales y específicas que, de acuerdo a su ubicación, establece este Programa. En términos del Artículo 20 BIS 6 de la LGEEPA, la SEMARNAT tiene la atribución de formular y expedir, en coordinación con las Dependencias competentes, el componente marino de este Ordenamiento Ecológico.

- El Área Regional abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera (SEMARNAT-INE, 2007) de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas). En esta área se incluyen 3 ANP de

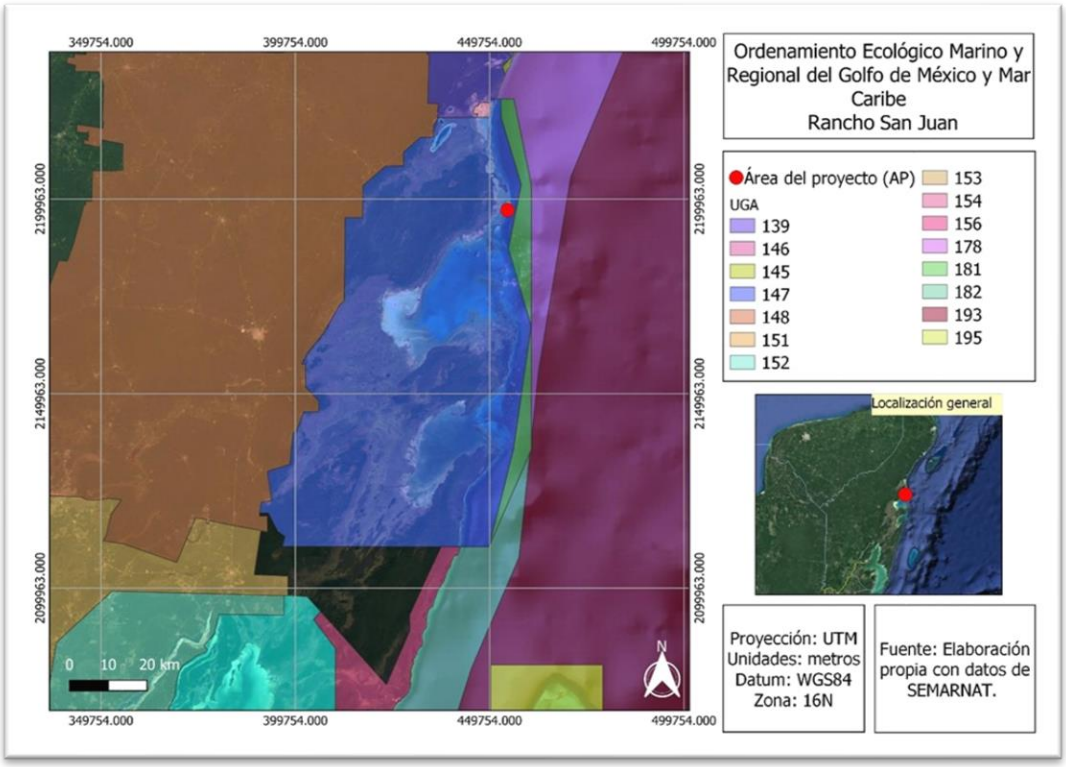
[28] Publicado en el DOF el 24 de noviembre de 2012.

competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 ANP Estatales.

En términos del Artículo 20 BIS 2 de la LGEEPA, en esta área, los Gobiernos de los Estados, en los términos de las leyes locales aplicables, tienen la atribución de formular y expedir los programas de ordenamiento ecológico regional, que abarcaron la totalidad o una parte del territorio de una entidad federativa. Dado que se trata de una región ecológica ubicada en el territorio de dos o más entidades federativas, y que incluye ANPs de competencia federal, el Gobierno Federal y los Gobiernos de los Estados, en el ámbito de sus competencias, formularon conjuntamente el componente Regional de este Ordenamiento Ecológico.

En conjunto, toda el ASO tienen una extensión de 995,486.2 km2, correspondientes a 168,462.4 km2 del componente Regional y 827,023.8 km2 del componente Marino, que incluye parte del Golfo de México (GM) y del Mar Caribe (MC)

De acuerdo con el modelo de ordenamiento de este programa, el Área del Proyecto incide en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 147, tal y como se observa en el Mapa III.1; asimismo, los lineamientos aplicables a dicha UGA y su vinculación con el proyecto, se analiza en la Tabla III.21, los cuales se presentan a continuación:




**Mapa III.2.- Ubicación del proyecto en el Modelo del OEMRGMMC.**

**Tabla III.18.- Acciones y Criterios de la UGA 147.**

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Acciones Generales** | |
| **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. | El proyecto contempla la instalación y el debido mantenimiento de equipos de ahorro de agua en las Casas que se pretende construir, así como en las albercas y piletas, las cuales contarán con un sistema de filtración que permita tener el agua siempre limpia y en buenas condiciones para reutilizarse. |
| **G002**.- Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes. | |
| **G003**.- Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción. | Se contempla la ejecución del Programa de Manejo Integral de Flora, que a su vez incluye un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, así como del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, y derivado de las dimensiones del proyecto, no se considera necesaria la creación de una UMA.<br><br>Sin embargo, durante la ejecución del proyecto se implementarán medidas y acciones ambientales adecuadas con la finalidad de reducir los impactos sobre las diferentes especies localizadas en el sitio y conservar las mismas, principalmente aquéllas que se encuentran listadas bajo alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales se incluyen en el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, tal y como se refiere en el Capítulo VII del DTU. |
| **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). | |
| **G005**.- Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable. | En el Programa de Manejo Integral de Flora, se considera la instalación de un Vivero Temporal, donde se reproducirán ejemplares de flora para las acciones de reforestación en caso de que sean necesarias, con lo que se dará cumplimiento a este criterio. |
| **G006**.- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero. | El proyecto se ajustará a la política nacional y estatal en materia de cambio climático, a las normas oficiales mexicanas e instrumentos jurídicos en materia de emisiones a la atmósfera durante todas sus etapas, implementando a su vez, las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir al cambio climático. Además, no se considera |
| **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. | |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | dentro del proyecto el comercio de bonos de carbono. |
| **G008**.- El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente. | El proyecto no guarda relación con los organismos genéticamente modificados, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G009**.- Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, por lo que en el Capítulo II de este DTU se pueden observar todas las acciones de construcción de infraestructura que se llevarán a cabo, con las cuales se plantea conservar y evitar la fragmentación del hábitat. |
| **G010**.- Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales. | El proyecto no guarda relación con actividades agropecuarias, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G011**.- Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, derivado de lo anterior, se tomarán todas las medidas necesarias para dar cumplimiento al presente criterio. |
| **G012.- Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.** | En el Área del Proyecto no se localizan parques industriales, por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del proyecto. |
| **G013**.- Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas. | Para llevar a cabo las actividades del proyecto, no se pretende introducir especies potencialmente invasora en ninguna de sus etapas, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **G014**.- Promover la reforestación en los márgenes de los ríos. | En el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional no existen ríos; no obstante, se llevarán a cabo acciones de reforestación con especies nativas, y se cumple a lo estipulado en este criterio. |
| **G015**.- Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos. | Este criterio no es aplicable, ya que en el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional no existen ríos. |
| **G016**.- Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región. | Si bien en el Área del Proyecto no se presenta un relieve montañoso, se llevarán a cabo acciones de reforestación con especies nativas, con la finalidad de dar cumplimiento al presente criterio. |
| **G017**.- Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%. | El proyecto no guarda relación con actividades agrícolas, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G018**.- Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo | En el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional no existen ríos o cauces naturales importantes; no obstante, se llevarán a |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables. | cabo acciones de reforestación con especies nativas, y se cumple a lo estipulado en este criterio. |
| **G019**.- 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. | Si bien el proyecto no corresponde a un plan o programa de desarrollo urbano, ha tomado en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, tal y como se observa en este apartado, por lo que se da cumplimiento a lo establecido. |
| **G020**.- Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos. | Este criterio no es aplicable ya que en el Área del Proyecto ni en el Sistema Ambiental Regional no existen ríos. |
| **G021**.- Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas. | El proyecto no es de tipo productivo, por lo que no es aplicable para el proyecto. |
| **G022**.- Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas. | |
| **G023**.- Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas. | El promovente se ajustará a lo establecido en el presente criterio. |
| **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. | El promovente implementara las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir al cambio climático. |
| **G025**.- Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas. | El proyecto no es de tipo productivo, por lo que no es aplicable para el proyecto. |
| **G026**.- Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación). | El sitio del proyecto no presenta variaciones importantes en gradientes altitudinales, sin embargo, se va a garantizar la conectividad entre los ecosistemas existentes en el Área del Proyecto para dar cumplimiento al presente criterio. |
| **G027**.- Promover el uso de combustibles de no origen fósil. | En los casos que sea posible, el promovente se ajustará a lo establecido al presente criterio. |
| **G028**.- Promover el uso de energías renovables. | El proyecto tiene como uno de sus objetivos, satisfacer las necesidades y demandas de energía eléctrica y uso eficiente de la misma, a través de la transformación de recursos renovables (energía solar y eólica), por lo que se da cumplimiento al presente criterio. |
| **G029**.- Promover un aprovechamiento sustentable de la energía. | |
| **G030**.- Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes. | |
| **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 promovente se ajustará al presente criterio en la medida de lo posible. |
| **G032**.- Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno. | El proyecto no contempla el uso de hidrógeno, pero sí de otro tipo de energías renovables para la ejecución del proyecto. |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **G033**.- Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias. | El promovente se ajustará a los presentes criterios con el uso de energías renovables, de ecotecnias y la aplicación de medidas adecuadas para tal fin. |
| **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. | |
| **G035**.- Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes. | |
| **G036**.- Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes. | El proyecto no contempla instalaciones industriales existentes, por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del proyecto. |
| **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. | El proyecto no guarda relación con actividades agrícolas, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G038**.- Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono. | El promovente se ajustará a lo establecido en los presentes criterios. |
| **G039**.- Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO. | |
| **G040**.- Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental. | El proyecto no guarda relación con industrias, por lo que no le aplica el presente criterio. |
| **G041**.- Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios. | De ser el caso que la autoridad competente promueva la elaboración del Programa de Desarrollo Urbano en el sitio del proyecto, el promovente realizará las acciones pertinentes para dar cumplimiento a este criterio. |
| **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. | El proyecto no guarda relación con industrias, por lo que no le aplica el presente criterio. |
| **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 Acuacultura Sustentable. | El proyecto en ninguna de sus etapas no guarda relación con actividades de pesca ni marítimas por lo que estos criterios no son aplicables. |
| **G044**.- Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras. | |
| **G045**.- Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales. | Las acciones propuestas a realizar para la ejecución del proyecto no consideran la |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **G046**.- Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte. | construcción de infraestructuras para el transporte público, sin embargo, el promovente tomará en cuenta estos criterios en caso de ser necesario. |
| **G047**.- Impulsar la diversificación de actividades productivas. | El proyecto no corresponde con una actividad productiva, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G048.- Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.** | El promovente tomará en cuenta las medidas de prevención necesarias para enfrentar y atender los desastres naturales, con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en estos criterios. |
| **G049**.- Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil. | |
| **G050**.- Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos. | |
| **G051**.- Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos. | El proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, que a su vez incluye un Subprograma de manejo de residuos sólidos, por lo que se da cumplimiento a estos criterios. |
| **G052**.- Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.). | |
| **G053**.- Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas. | Para dar cumplimiento al presente criterio, el proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, que a su vez incluye un Subprograma de manejo de residuos líquidos por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **G054**.- Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas. | El proyecto no tiene relación con actividades industriales, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **G055**.- La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables. | El promovente presenta este DTU para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales para el proyecto, en los términos que establece la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás instrumentos 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. | El proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **G057**.- Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático. | De ser el caso que la autoridad competente promueva la elaboración de este tipo de estudios en el sitio del proyecto, el promovente realizará las acciones pertinentes para dar cumplimiento a este criterio. |
| **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. | El proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, conforme a las disposiciones legalmente aplicables y vigentes por lo que se da cumplimiento a este criterio. |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **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 se ajusta a lo dispuesto en la legislación aplicable, tal y como se evidencia a lo largo de este Capítulo, por lo que se da cumplimiento a lo establecido en este criterio y se considera jurídicamente viable para su ejecución. |
| **G060**.- Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida. | Los presentes criterios no son aplicables, ya que el proyecto no contempla la construcción de infraestructura costera que pudiera afectar a la vegetación acuática ni generar contaminación del ambiente marino. |
| **G061**.- La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino. | |
| **G062**.- Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo. | No aplica, el proyecto no es de tipo agropecuario. |
| **G063**.- Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos. | No aplica, el proyecto no es de tipo pesquero ni acuícola. |
| **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. | No aplica, el proyecto no pretende la construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas. |
| **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. | En caso de ser solicitado por la autoridad, el promovente se ajustará al presente criterio. |
| **Acciones Específicas** | |
| **A001**.- Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas. | El proyecto no pretende comercializar o usar agroquímicos ni pesticidas, por lo que este criterio no aplica |
| **A002**.- Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas. | Durante las actividades de reforestación y de mantenimiento de áreas verdes, se utilizarán fertilizantes, fungicidas o insecticidas (orgánicos), cuyo manejo se hará de forma adecuada por personal capacitado, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **A003.-** Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales. | Este criterio no es aplicable ya que el proyecto no contempla actividades agrícolas ni forestales. |
| **A005**.- Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma. | El promovente tomará las medidas necesarias para reducir la pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma durante todas las etapas del proyecto. |
| **A006**.- Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises. | El promovente se sujetará a lo establecido en el presente criterio, promoviendo la captación de agua pluvial y su inyección al subsuelo a través |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | de pozos de absorción, así como el tratamiento y reúso de las aguas residuales. |
| **A007**.- Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales. | El Área del Proyecto se localiza dentro del ANP Reserva de la Biósfera de Sian Ka´an, y no se contempla proponer la creación de un ADVC. Sin embargo, durante todas las etapas de la ejecución del proyecto se sujetará a lo establecido en el Programa de Manejo del ANP con la finalidad de conservar los ecosistemas naturales. |
| **A008**.- Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación. | El promovente se sujetará a lo establecido en el presente criterio, en caso de ser necesario, el promovente solicitará las autorizaciones necesarias para los programas de conservación. |
| **A009**.- Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas. | |
| **A010**.- Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas. | |
| **A011**.- Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria. | El proyecto no guarda relación con actividades agropecuarias, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **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. | No se contraviene en lo estipulado a este criterio, ya que la construcción del proyecto se llevará a cabo fuera del cordón de dunas costeras. |
| **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 Navegación y Comercio Marítimo. | Este criterio no es aplicable ya que el proyecto no contempla actividades marítimas. |
| **A014**.- Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica. | La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera de zonas con manglares y otros humedales, y su desarrollo no afectará la estructura y funcionalidad del manglar aledaño al Área del Proyecto, por lo que no se contraviene este criterio. |
| **A015**.- Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO. | La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera del cordón de dunas costeras, por lo que no se contraviene lo estipulado en este criterio. |
| **A016**.- Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO. | El desarrollo del proyecto no contempla establecer corredores biológicos, pero permitirá el libre tránsito de la fauna en todas sus etapas, por lo que no contraviene el presente criterio. |
| **A017**.- Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas. | El desarrollo del proyecto contempla la ejecución de un Programa de Manejo Integral de Flora, que su vez incluye un Subprograma de reforestación, como una medida compensatoria por la pérdida de cobertura vegetal en el área el CUSTF del |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | proyecto, considerando así lo establecido en el presente criterio. |
| **A018**.- Promover acciones de 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). | El desarrollo del proyecto contempla la ejecución del Programa de Manejo Integral de Flora, que a su vez incluye el Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora y el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, con énfasis en las especies catalogadas en la NOM-059 SEMARNAT-2010. |
| **A019**.- 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. | El proyecto no realizará actividad alguna que conlleve la ejecución de un programa de remediación, por lo que no le aplica lo establecido en el presente criterio. |
| **A020**.- Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra. | El proyecto no contempla el manejo de caña por lo que este criterio no es aplicable. |
| **A021**.- 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. | El Área del Proyecto no se localiza en ninguna zona industrial o urbana; no obstante, contempla las medidas adecuadas para el control de emisiones y descargas, por lo que no se contraviene a lo estipulado en este criterio. |
| **A022**.- Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos. | Este criterio no es aplicable para la ejecución del proyecto, ya que no contempla obras o actividades que pudieran implicar el derrame de hidrocarburos en zonas y aguas costeras. |
| **A023**.- Fomentar la aplicación de 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 remediación in situ, en términos de la legislación aplicable. | El promovente aplicará las medidas adecuadas para evitar la contaminación del suelo, tal y como se indica en el Capítulo VII de este DTU, cumpliendo así lo establecido en este criterio. |
| **A024**.- 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 cuando ello sea técnicamente viable. | El promovente implementara las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles impactos ambientales y que pudieran contribuir al cambio climático, para dar cumplimiento al presente criterio. |
| **A025**.- Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación. | El proyecto no considera actividades de tipo industrial, por lo que la ejecución del proyecto no contraviene al presente criterio. |
| **A026**.- 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. | |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **A027**.- Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación. | El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo la construcción de viviendas sustentables, de bajo impacto ambiental, que permitan a sus ocupantes la convivencia con la naturaleza y el medio ambiente; además, no se contempla la instalación de infraestructura alguna en las playas, que pudiera perturbarlas, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **A028**.- Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica. | No se contraviene en lo estipulado a este criterio ya que la construcción del proyecto se llevará a cabo fuera del cordón de dunas costeras. |
| **A029**.- 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. | El proyecto no contempla obras en zona marina, ni alguna otra que pudiera afectar la línea de costa y los patrones de circulación de las corrientes marinas. Este criterio no es aplicable. |
| **A030**.- Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras. | |
| **A031**.- Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros. | El proyecto no contempla ninguna obra o actividad que pueda impactar sobre la laguna cercana al mismo, por lo que se sujeta a lo establecido en el presente criterio. |
| **A032**.- Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras. | El promovente se sujetará a lo establecido en el presente criterio. |
| **A033**.- Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias. | Como se puede observar en el Capítulo II del presente DTU, se utilizarán aerogeneradores para complementar la producción de energía eléctrica en cada casa habitación. |
| **A034**.- Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz. | |
| **A037**.- Promover la generación energética por medio de energía solar. | Se da cumplimiento a lo estipulado en este criterio ya que, durante la etapa de operación la generación de energía se llevará a cabo con la transformación de energía solar y eólica a eléctrica en corriente alterna, a través de paneles solares |
| **A038**.- Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas. | El proyecto no considera actividades agrícolas en ninguna de sus etapas por lo que este criterio no es aplicable. |
| **A039**.- Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos. | El promovente se sujetará a lo establecido en este criterio. |
| **A040**.- Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies | Estos criterios no son aplicables al proyecto ya que las actividades a realizar en la ejecución del |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 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. | mismo no guardan relación con las actividades establecidas en los mismos. |
| **A041**.- Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación. | |
| **A042**.- Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia de las actividades extractivas de especies marinas de captura comercial, especialmente aquellas que se encuentran en las categorías en deterioro o en su límite máximo de explotación. | |
| **A044**.- Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías. | |
| **A047**.- Monitorear las comunidades planctónicas y áreas de mayor productividad marina para ligar los programas de manejo de pesquerías de manera predictiva con estos elementos. | |
| **A048**.- Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación. | |
| **A050**.- 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. | El promovente se ajustará a lo establecido en estos criterios. |
| **A051**.- Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación. | |
| **A052**.- 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. | |
| **A053**.- Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas. | Estos criterios no son aplicables al proyecto ya que las actividades a realizar en la ejecución del mismo no guardan relación. |
| **A054**.- Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental. | |
| **A055**.- Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa. | |
| **A056**.- Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes. | |
| **A057**.- Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares. | El proyecto no realizará actividades urbanas por lo que este criterio no es aplicable. |
| **A058**.- Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo. | El promovente se ajustará a lo establecido por este criterio. |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **A059**.- Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable. | Durante todas las etapas de proyecto se llevarán a cabo estrategias necesarias para la conservación y desarrollo sustentable. |
| **A060**.- Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos. | El promovente se ajustará a lo establecido por estos criterios. |
| **A061**.- Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación. | |
| **A062**.- 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. | El proyecto contará con un Programa Integral de Manejo de Residuos conforme a las disposiciones legalmente aplicables y vigentes por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **A063**.- Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes. | El proyecto contará con un sistema de alcantarillado y drenaje interno en el que las aguas grises y negras se procesarán en biodigestores para su tratamiento y posterior reabsorción o reúso, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **A064**.- Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento. | |
| **A065**.- Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales. | La propuesta de instalaciones sanitarias que tiene el proyecto, tiene como objetivo, proporcionar un sistema eficiente para la recolección de las aguas negras para enviarlas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales tipo biodigestor, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **A068**.- Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera. | Para dar cumplimiento a lo establecido en los presentes criterios, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos |
| **A069**.- Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar. | |
| **A070**.- Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final. | |
| **A071**.- 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. | El proyecto no guarda relación con actividades ni desarrollos turísticos por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del mismo. |

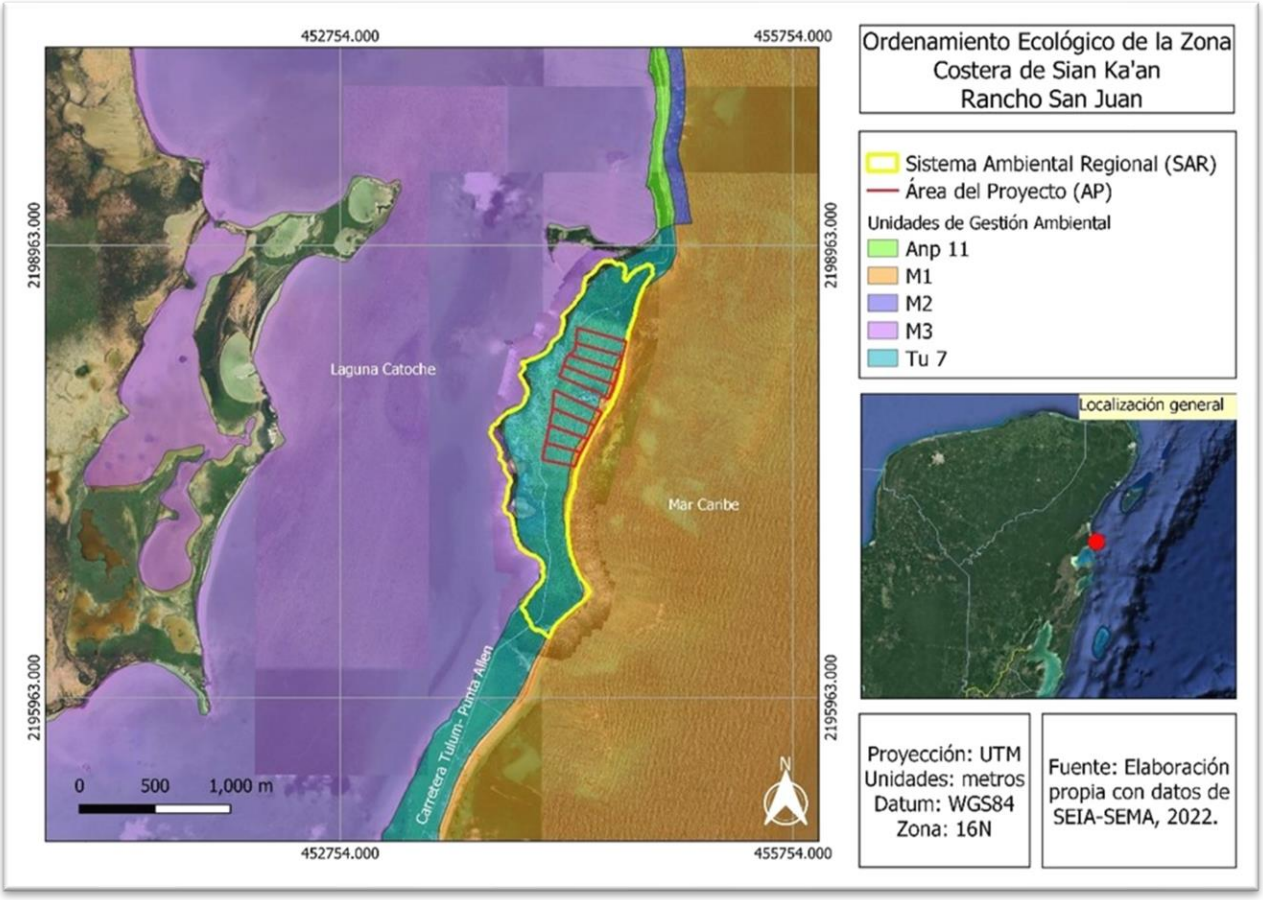
| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **A072**.- Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos. | El proyecto no guarda relación con actividades ni desarrollos turísticos por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del mismo. |
| **Criterios Islas y ANP** | |
| **IS -01**.- Se deberá evitar la sobrepoblación en la Isla. | Este criterio no es aplicable para la ejecución del proyecto, ya que este no se ubica en una isla. |
| **IS -02**.- Se promoverá la constitución o construcción de refugios anticiclónicos suficientes para la totalidad de la población residente en la Isla. | |
| **IS -03**.- Se deberá promover la inversión para el uso de sistemas de potabilización de agua in situ mediante técnicas de desalinización de agua de mar. | Este criterio no aplica ya que para la ejecución del proyecto no se utilizará agua de mar. |
| **IS -04**.- La construcción de marinas y muelles de gran tamaño y de servicio público o particular, deberá evitar los efectos negativos sobre la estructura y función de los ecosistemas costeros. | No aplica, el proyecto no contempla la construcción de marinas ni muelles. |
| **IS -05**.- Inducir la reglamentación y mecanismos de control, vigilancia y monitoreo sobre el uso de productos químicos, así como inducir a la supervisión y control de los depósitos de combustible incluyendo a la transportación marítima y terrestre. | El promovente se ajustará a lo establecido en este criterio, en lo referente al manejo de productos químicos y combustibles que se utilicen durante el desarrollo del proyecto. |
| **IS -06**.- En los arrecifes tanto naturales como artificiales no se deberá arrojar o verter ningún tipo de desecho sólido o líquido y, en su caso, el aprovechamiento extractivo de organismos vivos, muertos o materiales naturales o culturales sólo se realizará bajo los supuestos que señala la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables. | El proyecto no contempla actividades relacionadas con arrecifes, por lo que no se contraviene a lo estipulado en este criterio. |
| **IS -07**.- Los prestadores de servicios acuáticos deben respetar los reglamentos que la autoridad establezca para fomentar el cuidado y preservación de la flora y fauna marinas. | El proyecto no contempla la prestación de servicios acuáticos, por lo que no se contraviene a lo estipulado en este criterio |
| **IS -08**.- Las actividades de buceo autónomo y buceo libre deben sujetarse a los reglamentos vigentes para dicha actividad en la zona en cuanto a: profundidad de buceo, distancia para video y fotografía submarina, zonas de ascenso y descenso, pruebas de flotabilidad, equipos de seguridad, número de usuarios por guía, zonas de buceo diurno y nocturno, medidas para el anclaje, respeto a las señalizaciones y a la normatividad de uso de la Zona Federal Marítimo Terrestre. | La ejecución del proyecto no guarda relación con actividades de buceo. |
| **IS -09**.- El anclaje de embarcaciones sólo se permitirá en zonas arenosas libres de corales y/u otras comunidades vegetales o animales, mediante anclas para arena. | Este criterio no es aplicable ya que la ejecución del proyecto no contempla anclaje de embarcaciones en ninguna de sus etapas. |
| **IS -10**.- En las colonias reproductivas de aves costeras o marinas de las islas, se deberán evitar el desarrollo de actividades o infraestructura que alteren las condiciones | Si bien el proyecto no se ubica en una isla, el promovente se sujetará a lo establecido en el presente criterio, para no afectar áreas de reproducción de aves. |

| Acción / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| necesarias para mantener la viabilidad ecológica y/o la restauración de dichas colonias de anidación. | |
| **IS -11**.- Las construcción u operación de obras o desarrollo de actividades que requieran llevar a cabo el vertimiento de desechos u otros materiales en aguas marinas mexicanas, deberán contar con los permisos que para el efecto otorga la Secretaría de Marina y en su caso, las demás autoridades competentes. | No aplica, el proyecto no contempla el vertimiento de desechos o de cualquier otro material en aguas marinas. |
| **IS-12**.- Se deberá evitar la introducción de especies no nativas de la isla y procurar la erradicación de aquellas que ya han sido introducidas. | No aplica, el proyecto no se ubica en una isla, como tampoco se pretende la introducción de especies no nativas. |
| **IS-13**.- Se deberá mantener la cobertura vegetal nativa de la isla al menos en un 60%. | No aplica, el proyecto no se ubica en una isla. |
| **IS-14**.- En Islas con población residente menor a 50 habitantes sólo se autorizarán obras destinadas a señalización por parte de la SEMAR y la SCT así como obras destinadas a investigación debidamente concertadas con la SEMARNAT, la SCT y la SEMAR. | |
| **IS-15**.- Toda actividad que se vaya a llevar a cabo en islas que se encuentren dentro de un ANP deberá llevarse a cabo conforme a la normatividad aplicable, así como contar con consentimiento por escrito de la Dirección del ANP y la SEMAR. | El proyecto no se ubica en una isla, aunque sí se ubica dentro del ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, por lo que, de ser el caso, se tramitarán los permisos que se requieran para su ejecución ante las autoridades competentes. |
| **IS-16**.- Se recomienda que las instituciones gubernamentales y académicas apoyen la actualización de los estudios poblacionales que permitan definir las especies, volúmenes de captura y artes permitidas para la actividad pesquera tanto deportiva como comercial, así como las temporadas de veda. | En ninguna etapa del proyecto se contemplarán actividades pesqueras, por lo que no se contraviene a lo estipulado en este criterio. |
| **ANP.**- Aplicar Decreto y Programa de Manejo del ANP | El proyecto cumple con lo dispuesto en el Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, tal y como se evidencia más adelante en este Capítulo. |

### III.2.2 . Programa de Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de Sian Ka'an (OEZCSK)[29]

Este Programa de Ordenamiento Ecológico regula y reglamenta el desarrollo de la Zona Costera de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka´an, ubicada en los municipios de Felipe Carrillo Puerto Tulum, Bacalar y Othón P.Blanco, Estado de Quintana Roo. De acuerdo con el modelo de ordenamiento de este programa, el Área del Proyecto incide en las Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) Tu7 y M1, como se muestra en el siguiente Mapa:

[29] Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 14 de mayo del 2002.




**Mapa III.3.- Ubicación del proyecto en el Modelo del OEZCSK.**

Los lineamientos aplicables a dichas UGA's se indican en la Tabla que se presenta a continuación:

**Tabla III.19.- Características de las UGA's.**

| Concepto | Descripción | |
|---|---|---|
| **Clave UGA** | Tu7 | M1 |
| **Política** | Conservación | Conservación |
| **Uso Predominante** | Turismo de bajo impacto | Actividades marinas |
| **Usos Compatibles** | Flora y fauna | Investigación |
| **Usos Condicionados** | Infraestructura<br>Asentamientos humanos<br>Pecuario | Flora y fauna<br>Pesca<br>Turismo |
| **Usos Incompatibles** | Industria<br>Centro de población<br>Minería<br>Agricultura | Industria<br>Minería<br>Agricultura |

| Concepto | Descripción | |
|---|---|---|
| **Criterios** | **AC** 2, 3<br>**AG** 2,3<br>**Ah** 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18<br>**C** 4, 5, 6, 7, 8, 9 ,10, 11<br>**EI** 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 ,9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38<br>**Ff** 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22<br>**FO** 1, 2, 3, 4, 5<br>I 1, 2<br>**MAE** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 ,20, 21, 22, 24, 26<br>**P** 1, 2, 3, 4<br>**Tu** 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30 | **M** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36 |

De lo anterior, cabe señalar que en los documentos disponibles en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Quintana Roo (SEMAQROO), no se encontró la descripción de los criterios aplicables a la UGA M1, inclusive en el portal del Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE (semarnat.gob.mx), se indica que no existe, como se muestra en la siguiente captura de pantalla de fecha 21 de agosto de 2023:

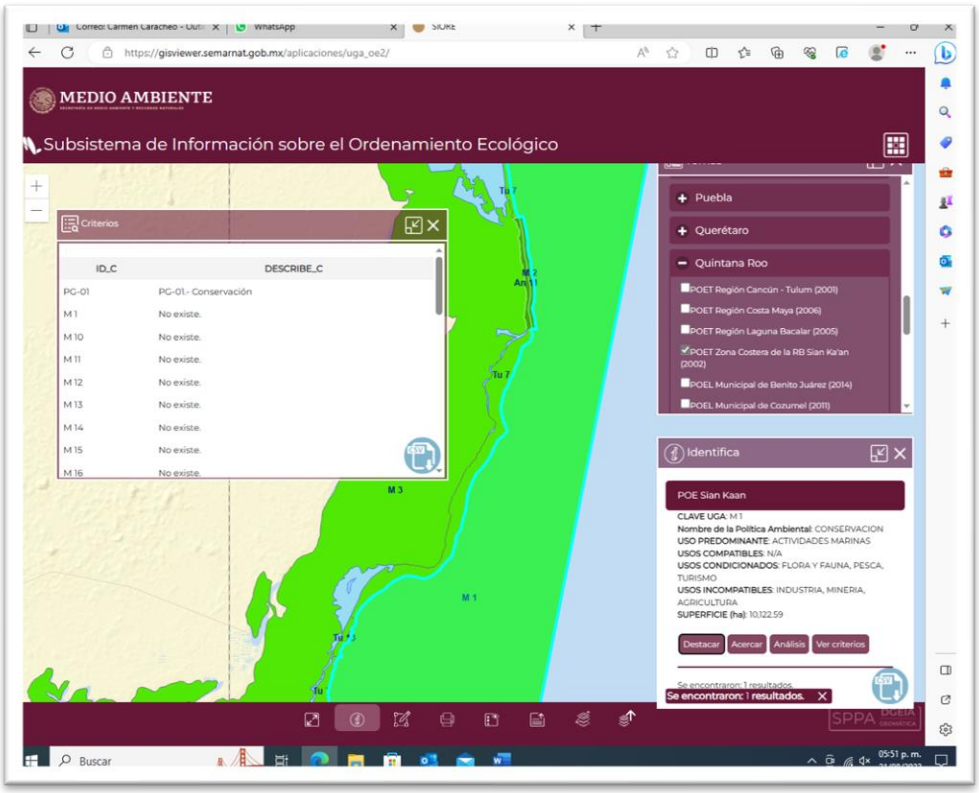



**Figura III.1.- Captura de pantalla UGA M1 del OEZCSK.**

Por lo anterior, no fue posible realizar la vinculación del proyecto con los criterios aplicables a la UGA M1, y únicamente se analizan los correspondientes a la UGA Tu7, donde incide la mayor parte del Área del Proyecto, tal y como se presenta a continuación:

**Tabla III.20.- Criterios de las UGA's.**

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **AC ACUACULTURA** | |
| **AC 2** Sólo se permiten instalaciones de apoyo a proyectos de acuacultura con especies nativas, estos requerirán la presentación de un estudio de impacto ambiental en modalidad específica | No aplica, el proyecto no incluye actividades de acuacultura. |
| **AC 3** La superficie de aguas nacionales utilizada para acuacultura por el promovente, no podrá superar la superficie de su(s) predio(s). En caso que se opte por este uso, los predios no podrán usar servidumbres voluntarias para ejercer densidades de construcción en tanto ocupen la superficie acuática en acuacultura. | |
| **AG AGRICULTURA** | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **AG 2** Sólo se permite la producción de hortalizas para consumo dentro del mismo predio. | No aplica, el proyecto no incluye actividades agrícolas. |
| **AG 3** El uso de fertilizantes y plaguicidas deberá ajustarse a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas, además de la autorización de la CONANP. El uso de plaguicidas al interior de las viviendas, deberán de ser de baja permanencia en el ambiente. | |
| **Ah ASENTAMIENTOS HUMANOS** | |
| **Ah 5** En los predios de menos de 50 m de frente al Mar Caribe, aquéllos que no tengan frente a este o aquéllos con menos de media hectárea, se podrá construir una casa habitación de hasta 75 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 1.5 baños. | Las dimensiones de los lotes del Área del Proyecto no corresponden con las indicadas en estos criterios, por lo que estos criterios no son aplicables al proyecto. |
| **Ah 6** Los predios de propiedad privada con un frente de playa de 50 m o mayor, y más de media hectárea sólo podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 100 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 2.5 baños y una cocina. | |
| **Ah 7** Los predios de propiedad privada con un frente de playa menor a 100 m y al menos una hectárea podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 200 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 2.5 baños y una cocina. | |
| **Ah 8** Los predios de propiedad privada con un frente de playa de 100 m o más y con menos de 1 ha podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 200 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 3.5 baños y una cocina. | |
| **Ah 9** Los predios de propiedad privada con un frente de playa de 100 m o más y entre 1 a 2 has podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 300 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 4.5 baños y una cocina. | |
| **Ah 10** Los predios de propiedad privada con un frente de playa de 100 m o más y con más de 2 has. podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 400 $m^2$ de superficie construida y un máximo de 4.5 baños y una cocina. | Todos los lotes del Área del Proyecto cuentan con un frente de playa de 100 m y una superficie mayor de 2 ha, y en cada uno se llevará a cabo una Casa unifamiliar de 396.93 m² de superficie construida, cumpliendo así con lo dispuesto en este criterio. |
| **Ah 11** No se permitirán construcciones adicionales para servicio y resguardo de instalaciones (encargado o velador). En su caso, estas instalaciones deberán estar adosadas a la casa o construcción principal y sumarse en la superficie de construcción autorizada. | Las instalaciones para servicio están integradas a la construcción principal de cada Casa y su superficie está incluida en los 396.93 m² de construcción que se permiten, por lo que se da cumplimiento a este criterio |
| **Ah 12** La superficie de los predios libre de construcción, será destinada a la conservación de las condiciones | Para dar cumplimiento a este criterio, se considera que la superficie libre de construcción de cada lote |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| naturales del sitio, para lo cual, previo a la autorización de la SEMARNAT para el desarrollo, el propietario firmará un contrato transaccional notarizado en la que autoriza a la SEMARNAT o al Municipio correspondiente a demoler a costo del propietario, las construcciones que sobrepasen la densidad de construcción establecida. O bien podrá establecerse una servidumbre voluntaria en favor de la Reserva que favorezca la obtención de dicho objetivo. | permanezca en su estado original, y de ser el caso que se requiera hacer algún trámite al respecto, el promovente se sujetará a lo establecido en el mismo. |
| **Ah 13** Queda prohibida la subdivisión de predios de propiedad privada cuando, por lo menos un lote resultante de esta división, no cuente con un mínimo de 100 m de frente al Mar Caribe. | Todos los lotes del Área del Proyecto cuentan con un frente de playa de 100 m, por lo que se da cumplimiento a este precepto. |
| **Ah 14** No se autorizará construcción alguna en lotes subdivididos con fecha posterior a la entrada en vigor del presente instrumento, que no cuenten con las características arriba establecidas. | Los lotes a desarrollar durante todas las etapas del proyecto cuentan con las características establecidas en el criterio Ah10 de este POET. |
| **Ah15** Sólo se permite la subdivisión de lotes menores de 100 metros de frente de playa, cuando la(s) superficie(s) menores de 100 m de frente de playa resultantes de la división, sea con fines de donación al patrimonio de la Reserva. | Este criterio no es aplicable al proyecto, ya que no se pretende la subdivisión de lotes con esas dimensiones. |
| **Ah 16** Las donaciones de superficies en favor del patrimonio de la Reserva, no afectarán las densidades o derechos de casa habitación, servicios o infraestructura turística otorgados a los predios en sus superficies originales. | El proyecto consiste en la construcción y operación de 8 Casas unifamiliares con las dimensiones y características permitidas, y no contempla donaciones de superficies en favor de la Reserva no afectarán las densidades o derechos de ésta. |
| **Ah 17** Se permite la fusión entre predios de propiedad privada | El proyecto no pretende la fusión de predios, por lo que este criterio no es vinculante jurídicamente. |
| **Ah 18** No se permite la construcción de viviendas, ni infraestructura permanente para hospedaje o servicios en la zona comprendida entre el litoral y el parteaguas de la duna ni entre el borde del sistema acuático y el límite de distribución de los manglares. | Para dar cumplimiento a este criterio, el proyecto no contempla la construcción de obra alguna en estas zonas de restricción. |
| **C CONSTRUCCIÓN** | |
| **C 4** No se permite la utilización de explosivos. | No se contempla el uso de explosivos en ninguna de las etapas del proyecto, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **C 5** Al finalizar la obra deberá removerse toda la infraestructura asociada al campamento y deberá presentar un programa de restauración de sitio. | El promovente se ajustará a lo establecido en este criterio, retirando la infraestructura asociada y ejecutando el Subprograma de reforestación en las zonas afectadas, de ser necesario. |
| **C 6** No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa. | El promovente se compromete a dar cumplimiento a este criterio ya que no se dispondrá ningún material sobre la vegetación nativa y se aplicarán las medidas |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | necesarias para evitar afectaciones a la misma durante las etapas de preparación del sitio y construcción, tal y como se indica en el Capítulo VII de este DTU. |
| **C 7** Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruido provenientes de la maquinaria en uso en las etapas de preparación de sitio, construcción y operación. | El promovente se ajustará a lo establecido en este criterio, tal y como se indica en el apartado de Normas Oficiales Mexicanas aplicables de este Capítulo, así como en el Capítulo VII correspondiente a las Estrategias de prevención y mitigación que se plantean. |
| **C 8** El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos. | |
| **C 9** Los permisos de construcción se otorgarán en dos fases. La primera será para las instalaciones dedicadas al manejo sanitario de las aguas servidas y solo una vez supervisado el cumplimiento de la normativa establecida por los criterios específicos se otorgará la autorización para iniciar la edificación de la construcción habitacional o de servicios. | Para cumplir con este criterio, el promovente tramitará los permisos de construcción ante la autoridad municipal correspondiente y se estará a lo dispuesto en estos. |
| **C 10** Toda obra pública o privada (incluyendo excavación, cimentación, demolición o construcción) en predios que cuenten con vestigios arqueológicos o adyacentes a estos, requieren adicionalmente la autorización del INAH. | Dentro del Área del Proyecto no se tiene registros de ningún vestigio arqueológicos o adyacentes a estos, por lo que estos criterios no aplican para el proyecto. |
| **C 11** En el caso de las estructuras arqueológicas aisladas en predios de propiedad privada, las construcciones u obras autorizadas deberán contemplar una distancia de radio mínima de 10 m con centro alrededor de cada estructura. | |
| **EI EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA** | |
| **EI 1** La SEMARNAT y los municipios promoverán y asesorarán a los particulares sobre el uso de ecotécnias apropiadas para los desarrollos turísticos y residenciales e infraestructura de apoyo. | El promovente se sujetará a lo establecido en el presente criterio. |
| **EI 2** Toda obra pública o privada que se realice en la Reserva, requerirá autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental y de la Licencia de Construcción que otorgue la autoridad Municipal correspondiente. | Con el presente DTU el promovente solicitará la autorización correspondiente ante la SEMARNAT, y en su momento tramitará la Licencia de Construcción ante la autoridad municipal, así como los demás permisos que se requieran para la ejecución de proyecto. |
| **EI 4** Los asentamientos humanos y desarrollos turísticos deberán contar con un programa integral de reducción, separación y disposición final de desechos sólidos. | Para dar cumplimiento a lo establecido en los presentes criterios, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos. |
| **EI 5** Las casas vacacionales, los asentamientos humanos y los desarrollos turísticos deberán contar con un programa integral de reducción, separación y disposición final de desechos sólidos inorgánicos fuera de la Reserva. | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **EI 6** Las casas vacacionales, los desarrollos turísticos de hospedaje y servicios y los asentamientos humanos y en general cualquier edificación que genere aguas negras y grises, deberán contar con sistemas integrales de minimización, colecta, manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales. | Para dar cumplimiento al presente criterio, el proyecto contará con un Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL). |
| **EI 7** Deberá incorporarse el uso de sistemas secos para el manejo y disposición final de excretas, con composteo y reaprovechamiento; o bien sistemas húmedos como los humedales artificiales, que cumplan con remociones mínimas del 90% tanto de Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO5) como de Sólidos Suspendidos Totales (SST). En el caso de humedales o procesos de biofiltración, deberá contarse con un sistema de impermeabilización a base de geomembranas de manera que se garantice que no habrá percolación hacia el terreno o a los cuerpos de agua naturales aledaños. La superficie del terreno que requiera la instalación de humedales no se contabilizará en los metros cuadrados de construcción autorizados en los criterios Ah. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, para lo cual se considera el uso de energías renovables, ecotecnias y la aplicación de otras medidas que permitan proteger al medio ambiente de los impactos que pueda causar su ejecución y garantizar el buen desempeño ambiental del proyecto. |
| **EI 8** Toda emisión de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-ECOL-001-1996, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. | El promovente se apegará a lo establecido por este criterio. |
| **EI 9** Sólo en condiciones extraordinarias por razones de limitaciones de espacio, se permitirá el uso de fosas sépticas y cuando estas sean de tipo mejorado de concreto armado, de tres cámaras, con filtro inverso en la última cámara y pozo sellado hasta el manto salino de cuando menos 20 mts. de profundidad. El agua proveniente de la fosa deberá mezclarse con un volumen de agua salina de mínimo el doble del volumen de agua dulce proveniente de la fosa, con el objeto de disminuir la flotabilidad del agua dulce dentro de la capa de agua salina en donde será descargada. Debido a la inestabilidad del terreno, no se permiten aquellas fosas construidas con tabique o block. | No aplica, el proyecto no contempla la instalación de fosas sépticas |
| **EI 10** Las plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que permita, que el peso seco de los lodos que ahí se generen, sean menores a 180 gr/m3 de agua tratada. Además, deberán contar con un programa operativo que considere la estabilización de los lodos, así como su disposición final fuera de la reserva. | La propuesta de instalaciones sanitarias tiene como objetivo, proporcionar un sistema eficiente para la recolección de las aguas negras para enviarlas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales tipo biodigestor, por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **EI 11** En caso de instalar sistemas de riego, deberán estar articulados a los sistemas de tratamiento de aguas residuales. | El promovente se apegará a lo establecido por este criterio. |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **EI 12** Se prohíbe la disposición de desechos en cualquier cuerpo de agua natural. | En cumplimiento a este criterio, el proyecto no contempla el vertimiento de desechos o de cualquier otro material en cuerpos de agua |
| **EI 13** Debido a la dirección de las corrientes subterráneas de agua dulce en la zona norte de la reserva, las instalaciones para el manejo de las aguas servidas serán instaladas al oriente del predio desde la entrada de la Reserva hasta el inicio de la laguna Xamach y al poniente del mismo a partir de la laguna Xamach hasta Punta Allen, esto con el fin de evitar su contaminación. | Se observará lo estipulado en este criterio para dar cumplimiento. |
| **EI 15** No se permite la pavimentación de los caminos costeros existentes. Se permite la construcción de 1 camino de acceso no pavimentado a cada 100 m a los predios de propiedad privada, con una amplitud máxima de 4 m. Si los caminos caen en manglares, se deberán hacer puentes. | Se construirá de un camino de acceso en cada uno de los lotes, a partir de la Carretera Federal, en promedio a cada 100 m; los cuales no estarían pavimentados, respetando la normatividad aplicable |
| **EI 16** Cualquier modificación al trazo actual de los caminos requerirá la autorización de impacto ambiental de la SEMARNAT y del Gobierno del Estado. | El promovente se compromete a solicitar las autorizaciones necesarias en caso de ser necesarios. |
| **EI 17** Todos los carteles deberán contar con la autorización de la Dirección de la Reserva y de las autoridades municipales correspondientes. | El proyecto no contempla el uso de carteles publicitarios por lo que este criterio no es aplicable, pero en caso de ser necesario, en su momento, el promovente se apegará a lo establecido por estos criterios. |
| **EI 18** Sólo se permitirá un cartel publicitario por predio con una dimensión máxima de 1.2 x 0.6 m, que indique la razón social o el nombre comercial y los servicios que se ofrecen dentro del propio predio. | |
| **EI 19** Los carteles deberán estar pintados con un fondo color café (o el color propio de la madera natural) y el texto o logotipos con letras amarillas | |
| **EI 20** Los predios de propiedad privada y los desarrollos turísticos permitirán el acceso a playas (servidumbre de paso) al menos cada 1,000 m en promedio con una amplitud mínima de 2.00 m y máxima de 3.00 m. Los propietarios en coordinación con las autoridades competentes evaluarán y determinarán la ubicación de los mismos. En la realización de cualquier obra o actividad deberá evitarse la obstrucción de los accesos actuales a dicha zona. | En caso de requerirse por la autoridad competente, el promovente se sujetará a lo dispuesto por el presente criterio. |
| **EI 21** No se permitirá el estacionamiento de vehículos en los accesos a las playas. | Se observará lo establecido en este criterio para dar cumplimiento. |
| **EI 22** No se permite la instalación de pistas aéreas, ni la reactivación o reinstalación de aquellas clausuradas o en desuso. | No aplica, el proyecto no contempla la instalación de pistas aéreas, como tampoco actividades de acuatizaje. |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **EI 23** No se permite la utilización de lagunas costeras, bahías o lagunas arrecifales para el acuatizaje de hidroaviones. | |
| **EI 24** No se permite la instalación de marinas. | No aplica, el proyecto no contempla la instalación de marinas. |
| **EI 26** La instalación de muelles o embarcaderos rústicos en las lagunas costeras, deberán guardar una distancia mínima de 300 metros entre ellos en la costa norte y 900 m en la costa centro y no incluirán la construcción de rampas o accesos para vehículos terrestres, por lo que el acceso será peatonal sobre la prolongación del muelle sobre pilotes hasta tierra firme y afectando al manglar en un ancho máximo de 2 m. Los propietarios de los predios en los que debido a esta restricción no se pueda construir un muelle, tendrán derecho (mediante servidumbres de paso u otros mecanismos) a usar el muelle más cercano a la construcción principal del predio, siempre y cuando apoyen al dueño del predio en donde está construido el muelle en su mantenimiento. | El proyecto no contempla instalación de muelles o embarcaderos rústicos por lo que no son jurídicamente vinculantes estos criterios. |
| **EI 27** La construcción de muelles o embarcaderos rústicos deberá garantizar el mantenimiento de los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina. | |
| **EI 28** Se prohíbe el uso de creosota y otras substancias tóxicas en el tratamiento de la madera para los embarcaderos rústicos. | |
| **EI 29** La construcción de rampas para maniobras de remolques de lanchas en la zona lagunar, se podrán instalar de la siguiente forma: una en la laguna Caapechén, una en la Laguna Boca Paila, una en San Miguel - Xamach y dos en el río con una distancia promedio de 8 km entre ellas, y una en Laguna Pájaros. Los propietarios de los predios en los que debido a esta restricción no se pueda construir una rampa, tendrán derecho (mediante servidumbres de paso u otros mecanismos) a usar la rampa más cercana a la construcción principal del predio, siempre y cuando apoyen al dueño en su mantenimiento. | El proyecto no contempla la construcción de rampas para maniobras de remolques de lanchas en la zona lagunar, por lo que no es jurídicamente vinculante este criterio. |
| **EI 31** La instalación de líneas de conducción de energía eléctrica y telefónica será subterránea, incluyendo al interior de los predios. Se recomienda el uso de telefonía por microondas. | El proyecto se ajustará a lo establecido en estos criterios, como se indica en el Capítulo II de este DTU. |
| **EI 33** Se promoverá la instalación de fuentes alternativas de energía. Los generadores de combustión interna, deberán estar protegidos del ambiente y cumplir con la Norma Oficial Mexicana de ruido. | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **EI 34** La instalación de infraestructura telefónica y energía se debe hacer preferentemente sobre el derecho de vía de los caminos. | |
| **EI 35** No se permitirán las instalaciones de infraestructura o almacenamiento de combustibles mayores a 2,000 l. (gas y diésel) y NOM. | El proyecto no contempla el almacenamiento de combustibles, por lo que no se contraviene este criterio. |
| **EI 36** Se prohíben los campos de golf. | El proyecto no contempla la construcción de campos de Golf, por lo que no se contraviene a los establecido en el presente criterio |
| **EI 37** La disposición de baterías y acumuladores, insecticidas, así como sus empaques y envase, deberá cumplir con lo dispuesto en la LEGEEPA en materia de recursos peligrosos. | El promovente se sujetará a lo establecido por la LGEEPA para la ejecución del proyecto. |
| **EI 38** Solo se permite el establecimiento de infraestructura destinada a la conservación, manejo y rescate de las zonas arqueológicas. | Dentro del Área del Proyecto no se localizan rastros de zonas arqueológicas, por lo que este criterio no aplica. |
| **FLORA Y FAUNA** | |
| **Ff 1** El aprovechamiento de leña para uso doméstico deberá sujetarse a lo establecido en la NOM-RECNAT-012-1996 y se requerirá permiso de la Dirección de la Reserva. | No aplica este criterio ya que el proyecto no contempla el aprovechamiento de leña para uso doméstico. |
| **Ff 3** No se permite el dragado ni la remoción de pastos marinos. | Para dar cumplimiento al presente criterio, el proyecto no contempla obras ni actividades en zona marina. |
| **Ff 4** Los usos del suelo en las áreas adyacentes a las playas de anidación de tortugas estarán sujetos a autorización de Impacto Ambiental que demuestre la no afectación de las nidadas. | En el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional, no se identificaron playas de anidación de tortugas, pero de ser el caso que se presentaran individuos de estas especies, se procederá a tomar las medidas necesarias para su protección y conservación. |
| **Ff 6** Durante el periodo de anidación de tortugas, se controlará el acceso a las playas tortugueras. | |
| **Ff 7** En playas tortugueras se prohíbe la iluminación directa al mar y la playa. | |
| **Ff 8** En las áreas adyacentes a las playas tortugueras se manejará la inclinación y los colores de la iluminación artificial (preferentemente roja o amarilla), que garantice la arribazón de las tortugas. | |
| **Ff 9** Se prohíbe el tránsito vehicular sobre la playa y dunas, con la excepción a los previstos en el programa de manejo de tortugas y de los programas de vigilancia de la SEDENA, SEDEMAR y la SEMARNAT. | |
| **Ff 10** Se prohíbe la introducción de animales domésticos en las playas tortugueras durante la temporada de anidación (abril a septiembre). | |
| **Ff 11** Se prohíbe encender fogatas en la Zona Federal Marítimo Terrestre y en las playas de anidación de tortugas. | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Ff 12** Se prohíbe el tránsito de ganado caballar y cualquier otra fauna doméstica o domesticada para transporte o recreación en las playas y dunas de la Reserva. | El promovente se sujetará a lo establecido en este criterio. |
| **Ff 13** El establecimiento de viveros, invernaderos y criaderos de especies nativas, así como de Unidades de Manejo de Vida Silvestre requieren autorización de la SEMARNAT. | El proyecto sólo contempla el establecimiento de un vivero temporal, y no de viveros permanentes, invernaderos y criaderos de especies nativas, ni de Unidades de Manejo de Vida Silvestre, sin embargo, de ser requerido por la autoridad, el promovente realizará las solicitudes necesarias. |
| **Ff 14** Se requiere permiso de la SEMARNAT para el aprovechamiento de las hojas de las palmas *Trinax radiata y Cocotrinax readii*. | En ninguna de las etapas del proyecto se realizará el aprovechamiento de las hojas de las palmas *Trinax radiata y Cocotrinax readii*, por lo que este criterio no se considera aplicable para el proyecto. |
| **Ff 16** Se prohíbe la introducción y manutención de gatos domésticos (*Felis catus*). | El promovente se sujetará a lo establecido en estos criterios, promoviendo el uso de especies nativas en las actividades de reforestación, y evitando la introducción de especies exóticas de flora y fauna. |
| **Ff 17** Se promoverá la erradicación del pino de mar *Casuarina equisetifolia* y el reestablecimiento de la flora nativa. | |
| **Ff 18** En las áreas jardinadas se emplearán preferentemente plantas nativas y el uso de especies exóticas se restringirá a aquellas especies cuya capacidad de propagación esté suprimida. | |
| **Ff 19** La recolección de plantas para uso ornamental y sus subproductos (semillas, esquejes, acodos, brotes, yemas, propágulos, etc.), podrá realizarse por el propietario dentro del mismo predio en donde serán utilizadas, o en otros predios mediante permiso de la Dirección de la Reserva. | |
| **Ff 20** Se prohíbe la construcción de arrecifes artificiales promotores de playa. | El proyecto no contempla la construcción de arrecifes artificiales, por lo que el promovente cumple con este criterio. |
| **Ff 21** Se prohíben los dragados, apertura de canales, bocas y cualquier obra o acción que afecte a la comunidad coralina. | No aplica, el proyecto no contempla ninguna de estas obras y actividades. |
| **Ff 22** No se permite la desecación de humedales, tala y relleno del manglar, con la excepción de las podas autorizadas por la SEMARNAT para la instalación de infraestructura menor que se requiera tales como accesos peatonales, senderos y muelles rústicos. | El Área del Proyecto se ubica en la zona costera, dentro del Área Natural Protegida denominada Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, donde existen humedales costeros; no obstante, en dicha Área del Proyecto no existe vegetación de manglar, pero sí en zonas aledañas, siendo que las obras y actividades propuestas para realizar el proyecto, no afectarán este tipo de vegetación |
| **FO FORESTALES** | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **FO 1** Se permite la reforestación con palma de coco hasta en un 50% del frente de mar de cada predio sin seccionarse. | El promovente se sujetará a lo establecido en estos criterios. |
| **FO 2** En las áreas con presencia de palma de coco no podrá eliminarse la vegetación herbácea y arbustiva. | |
| **FO 3** Queda prohibido el uso del fuego para desmontes, para la quema de basura y para la reducción de desechos vegetales y para el manejo de las áreas de crecimiento de palma de coco. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no contemplan el uso de fuego para desmontes por lo que este criterio se da por cumplido. |
| **FO 4** No se permite el uso de maquinaria pesada para desmontes. | En los casos que sean posibles el promovente se ajustará a lo establecido al presente criterio. |
| **FO 5** Queda prohibida la reforestación o plantación de las especies: Casuarina o Pino de Playa (*Casuarina* sp.), Pirul Brasileño (*Schinus terebinthifolius*), Meleleuca (*Meleleuca quininervia*), Almendro (*Terminalia* sp) y Columbrina (*Columbrina asiática*), Eucaliptos (*Eucalipto sp*) y flamboyan *(Delonix regia).* | El promovente se sujetará a lo establecido en estos criterios. |
| **I INDUSTRIA** | |
| **I 1** No se permite la instalación de industrias. | No aplica, el proyecto no es de tipo industrial. |
| **I 2** Sólo se permitirá la instalación de talleres para la actividad artesanal de bajo impacto que no genere humos, niveles elevados de ruidos, desechos químicos, polvos ni olores, de bajo consumo de agua, altamente eficiente en el consumo de energía. | No aplica, el proyecto no contempla la instalación de talleres para actividad artesanal. |
| **MAE MANEJO DE ECOSISTEMAS** | |
| **MAE 1** Los estudios o manifestaciones de impacto ambiental que se requieran, deberán poner especial atención al recurso agua y presentar las medidas de prevención de contaminación al manto freático. | En cumplimiento de este artículo, se presenta el DTU para su evaluación y resolución correspondiente, el cual contiene la descripción de los posibles efectos que el proyecto pudiera ocasionar en los ecosistemas, así como las medidas preventivas y de mitigación necesarias para minimizar las afectaciones por el desarrollo del proyecto. |
| **MAE 2** No se permite que el agua obtenida de acuíferos superficiales y subterráneos ubicados en esta Unidad de Gestión Ambiental sea canalizada y trasladada fuera de ella. | El promovente se sujetará a los presentes criterios, tramitando los permisos necesarios para la perforación de pozos y aprovechamiento de aguas del subsuelo, y acatando en su momento, las condiciones de dichos permisos. |
| **MAE 3** Las obras de acceso a los cuerpos de agua deberán ser evaluadas y aprobadas por la correspondiente manifestación de impacto ambiental. | |
| **MAE 4** Sólo se permitirá un pozo por predio con vivienda unifamiliar. | |
| **MAE 5** La autorización para la construcción de pozos y su funcionamiento, requiere de autorización de la CNA y el visto bueno de la Dirección de la Reserva, así como | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| de la factibilidad derivada de estudios específicos y monitoreo constante de la conductividad del agua para evitar la sobreexplotación (intrusión salina). | |
| **MAE 6** El aprovechamiento de aguas subterráneas, no deberá rebasar el 15% del volumen de recarga del acuífero y garantizar la no intrusión salina. | |
| **MAE 7** Se promoverá la instalación de sistemas domésticos de captación de agua de lluvia *in situ*. | El proyecto contempla instalaciones para la captación y conducción de agua pluvial, como se describe en el Capítulo II. |
| **MAE 8** Se prohíbe la obstrucción y modificación de escurrimientos pluviales. | |
| **MAE 9** Se prohíbe la extracción de agua de cenotes. | Dentro del Área del Proyecto no se localizan cenotes, por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del proyecto. |
| **MAE 10** No se permite modificar o alterar física y/o escénicamente dolinas, cenotes y cavernas. | |
| **MAE 11** No se permitirá el dragado, relleno, excavaciones, ampliaciones de los cenotes ni la remoción de la vegetación acuática. | |
| **MAE 12** Se prohíbe el desmonte, despalme y modificaciones a la topografía en un radio no menor de 50 m., alrededor de los cenotes, dolinas y/o cavernas. | |
| **MAE 13** Los desechos orgánicos podrán procesarse dentro de los propios predios en la Reserva, siempre y cuando se garantice que los lixiviados no tengan contacto con los cuerpos de agua naturales. | El proyecto contempla la ejecución de un Programa de Manejo Integral de residuos, como se indica en los Capítulos II y VII, donde se considera el manejo adecuado de los residuos orgánicos. |
| **MAE 14** Quedan prohibidas las quemas de vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes para el desmonte y mantenimiento de derechos de vía. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no contemplan la quema de vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes para el desmonte y mantenimiento de derechos de vía, por lo que este criterio se da por cumplido. |
| **MAE 15** No se permite la quema de corral o de traspatio de desechos sólidos. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no contemplan la quema de corral o de traspatio de desechos sólidos, por lo que este criterio se da por cumplido. |
| **MAE 16** Los senderos o accesos peatonales que se autoricen sobre manglares deberán de realizarse de forma elevada sobre pilotes o tocones. | La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera de zonas con manglar por lo que este criterio no es aplicable. |
| **MAE 17** Al interior de los predios, no se permite la remoción de la vegetación natural en el cordón de duna, con la excepción de la apertura de senderos peatonales menores de 1.5 m de ancho, paralelos a la costa, o en forma de zig zag si son perpendiculares a la costa. Se permiten los andadores elevados. | La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera de del cordón de duna, por lo que no se contraviene este criterio. |
| **MAE 18** Solo se permitirá desmontar la cobertura vegetal necesaria para la restauración y mantenimiento de los sitios arqueológicos. | Dentro del Área del Proyecto no se tiene registro de ningún sitio arqueológicos, por lo que este criterio no aplica para el proyecto. |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **MAE 19** El desarrollo de la infraestructura turística o habitacional solamente podrá efectuarse en el tercio medio del predio del sentido norte - sur, dejando los extremos o colindancias con otros predios sin construir. Asimismo, se conservarán los elementos más importantes de la vegetación. | El promovente se apega al presente criterio, tal y como se menciona en el Capítulo II de este DTU. |
| **MAE 20** Solo la superficie de construcción y hasta 10 metros perimetrales, podrá ser despalmada totalmente. | El proyecto considera lo establecido en estos criterios, tal y como se describe en el Capítulo II. |
| **MAE 21** Durante las actividades de construcción sólo podrá removerse suelo en el sitio del desplante del predio. | |
| **MAE 22** Con la excepción de la palma de coco (*Cocus nucifera*), no se permite la utilización de los troncos de otras especies de palma como material de construcción. | El promovente se ajustará al presente criterio para su cumplimiento. |
| **MAE 24** La edificación de cercas y los proyectos a desarrollar deberán garantizar la conectividad de la vegetación natural entre predios colindantes para la movilización de la fauna silvestre. Con el objeto de evitar diferencias en la interpretación, los interesados deberán contar con el visto bueno del tipo de cercado de la CONANP. | El proyecto no contempla la edificación de cercas, y se va a garantizar la conectividad entre los ecosistemas existentes en el Área del Proyecto para dar cumplimiento al presente criterio. |
| **MAE 26** En las playas arenosas solo se permite la construcción de estructuras temporales como palapas de madera de un poste y hoja de palma o pasto, siempre y cuando no sea un área de anidación de tortugas. | La ejecución del proyecto no contempla ninguna construcción en la playa por lo que se da cumplimiento a este criterio. |
| **P PECUARIO** | |
| **P 1** No se permite la ganadería de Traspatio. | El proyecto no contempla actividades de ningún tipo de ganadería por lo que no se considera jurídicamente vinculante. |
| **P 2** Se permite la avicultura de traspatio siempre y cuando esta se encuentre en encierro permanente. | |
| **P 3** Solo se permite la ganadería vacuna y caballar de tipo estabulado con una superficie máxima de ocupación del predio del 10%, en la cual se dé un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos, a través de su depositación en sitios autorizados o el uso de biodigestores. | |
| **P 4** No se permite la ganadería ovina, caprina ni porcícola. | |
| **Tu TURISMO** | |
| **Tu 1** La prestación de servicios recreativos basados en el uso de recursos naturales al interior de los predios de propiedad privada, requieren permiso de la SEMARNAT y en el caso de zonas arqueológicas, adicionalmente del INAH. | El proyecto no guarda relación con la prestación de servicios recreativos por lo que este criterio no es aplicable para la ejecución del mismo. |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Tu 2** La prestación de servicios recreativos al interior de la Reserva que requieran del uso de vehículos o artefactos terrestres o acuáticos, en aguas nacionales, terrenos federales estará en función de la capacidad de carga de los ecosistemas y requiere permiso expreso de la SEMARNAT. | |
| **Tu 3** Los predios de propiedad privada que cuenten con más de 100 m de frente de playa y menos de 600 podrán ejercer una densidad de 0.5 cuartos tipo hotelero/ha, en otros predios de la misma región, mediante el uso de servidumbres voluntarias. | La construcción del proyecto no pretende obtener densidades para cuartos tipo hotelero, por lo que este criterio no es aplicable. |
| **Tu 5** El lote mínimo para instalar y ofertar servicios comerciales de playa o de campamento es de 350 m de frente de playa. | Estos criterios no aplican a la ejecución del proyecto ya que no se pretende instalar ni ofertar servicios comerciales de playa o campamento. |
| **Tu 6** Los predios que desarrollen servicios comerciales o de playa, no podrán ejercer densidades de cuartos tipo hotelero mediante el uso de servidumbres voluntarias, ni instalar en el predio infraestructura habitacional, con la excepción de una casa habitación para la permanencia de personal asignado a la vigilancia. | |
| **Tu 7** Sólo los predios con un frente de playa mayor de 150 m podrán instalar y ofertar el uso comercial de servicios de playa o de campamento cuando, al establecer servidumbres voluntarias, estos resulten los predios dominantes donde se ubicarán las construcciones, y los predios sirvientes que queden libres de construcciones tengan un mínimo de 250 m de frente de playa, estén ubicados en la misma región y en su totalidad en una UGA de Protección o Restauración. | |
| **Tu 8** El lote mínimo para instalar y ofertar servicios comerciales de cuartos tipo hotelero es de 600 m de frente de playa. | Para la construcción del proyecto no se contempla instalar y ofertar servicios comerciales de cuartos tipo hotelero, por lo que estos criterios no se consideran aplicables. |
| **Tu 9** Los predios que desarrollen servicios comerciales de cuartos tipo hotelero, no podrán instalar de forma adicional o separada servicios de playa o de campamento, o instalar infraestructura habitacional, con la excepción de las instalaciones necesarias para el servicio del personal. | |
| **Tu 10** Sólo los predios con un frente de playa mayor de 200 m podrán instalar y ofertar el uso comercial de cuartos tipo hotelero cuando, al establecer servidumbres voluntarias estos resulten los predios dominantes en los que se ubicarán las construcciones, y los predios sirvientes que queden libres de construcciones tengan un mínimo de 500 m de frente de playa, estén ubicados | |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| en su totalidad en la misma región y en una UGA de Protección o Restauración. | |
| **Tu 11** Los predios con 600 m de frente de playa pueden instalar y ofertar servicios comerciales de cuartos tipo hotelero en función de 0.5 ctos. /ha. | |
| **Tu 13** Los predios con 600 m de playa podrán incrementar su densidad de cuartos tipo hotelero, mediante el uso de servidumbres voluntarias con predios de la misma región o mediante la fusión con predios vecinos. | La construcción del proyecto no pretende obtener densidades para cuartos tipo hotelero, por lo que estos criterios no son aplicables. |
| **Tu 14** Los predios de propiedad privada que cuenten con 600 m de frente de playa o más y cuenten con 10 has. o más se les asignará de forma adicional 0.2 cuartos tipo hotelero por hectárea a partir de la undécima. | |
| **Tu 15** En el uso de servidumbres voluntarias, los predios dominantes podrán instalar hasta 3 veces más su densidad original permitida.<br>Se exceptuarán aquellos predios dominantes que reciban la densidad total de los predios sirvientes cuando estos últimos se ubiquen en una UGA de Protección o Restauración. | Estos criterios no son aplicables a la ejecución del proyecto, ya que no se pretende el uso de servidumbres voluntarias. |
| **Tu 20** El Municipio correspondiente y la CONANP a través de la Dirección de la Reserva, en el ámbito de sus respectivas competencias instalarán el registro y control de las servidumbres que con motivo del POET se lleven a cabo entre los particulares que voluntariamente así lo determinen. Dichas servidumbres deberán constar por escrito y se establecerán *ad perpetum* y de manera irrevocable. En el registro de servidumbres se especificarán los datos correspondientes a la inscripción del gravamen en los Registros Públicos de la Propiedad, así como las demás características, medidas y colindancias de los predios destinados para tal fin. | |
| **Tu 21** Una vez establecida la servidumbre voluntaria, la autoridad Municipal otorgará la Licencia de Uso del Suelo resultante y definitiva, tanto al predio dominante como al predio sirviente, misma que será inscrita en el registro de servidumbres. Este trámite deberá ser realizado previo a la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental y el trámite de la Licencia de Construcción. | |
| **Tu 22** Se permite la instalación de infraestructura de apoyo para actividades de turismo contemplativo, tales como senderos de interpretación de la naturaleza, miradores, torres para observación de aves, etc. | El proyecto no guarda relación con actividades de turismo contemplativo, por lo que no se contraviene a lo estipulado en este criterio. |

| Tema / Criterio | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Tu 23** Se permite la instalación de servicios públicos, que requiera la administración de la Reserva. | El promovente se ajustará a lo establecido en estos criterios para su cabal cumplimiento |
| **Tu 24** Las casas habitación e infraestructura para hospedaje turístico, no excederán los 2 niveles hasta 8 m de altura. | El proyecto cumple con la altura máxima de 8 m, tal y como se indica en el Capítulo II. |
| **Tu 26** No se permite el uso de plataformas flotantes, uso de embarcaciones fijas para recreación, la instalación de palafitos o embarcaciones para la prestación de servicios de hospedaje en toda la zona lagunar, bahías y zona marina de la Reserva. | El proyecto no contempla la instalación de obra alguna en la zona lagunar, por lo que no se contraviene este criterio. |
| **Tu 27** El uso de áreas de campamento temporal de tipo recreativo o educativo fuera de las propiedades privadas, o en las UGA's a las que se asignó una política ecológica de protección, requerirán el permiso expedido por la Dirección de la Reserva, previo análisis de su viabilidad y condicionantes a las que habrán de sujetarse. | Dentro de las actividades que contempla el proyecto no se consideran las relacionadas con áreas para acampar, por lo que este criterio no aplica. |
| **Tu 28** Todo proyecto de desarrollo turístico deberá contar con accesos públicos a la zona federal marítimo terrestre. | El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo la construcción de casas unifamiliares sustentables, de bajo impacto, por lo que las actividades a realizar no tienen relación con los desarrollos turísticos y no se contraviene con este criterio. |
| **Tu 29** La utilización de cavernas y cenotes para uso recreativo, estará sujeto a una evaluación de impacto ambiental y estudios ecológicos que permitan generar medidas que garanticen el mantenimiento de la diversidad biológica. | La ejecución del proyecto no contempla la utilización de cavernas y cenotes para uso recreativo, por lo que este criterio no aplica. |
| **Tu 30** El uso y aplicación de otros instrumentos jurídicos o administrativos que promuevan la equidad social en la y la distribución de los costos y beneficios asociados a la conservación de los recursos naturales y al aprovechamiento del valor inmobiliario deberá ser aprobado previamente por el Comité Técnico del POET de la Zona Costera de Sian Ka'an. | El promovente se ajustará al presente criterio para su cumplimiento. |

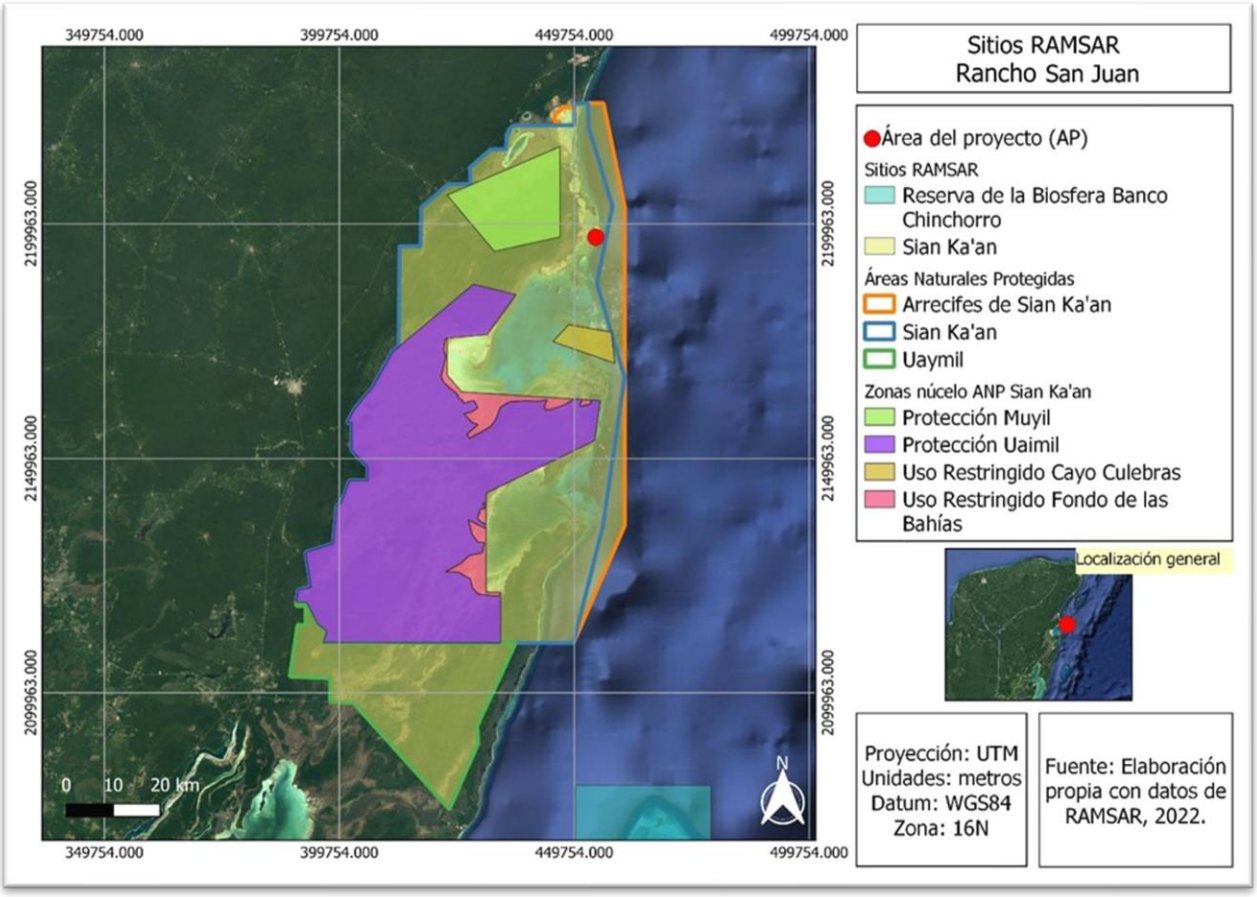
## III.3 . Sitios RAMSAR

### III.3.1 . Sitio 1329 Sian Ka'an[30]

Particularmente el Área del Proyecto se encuentra dentro del área de aplicación del sitio Sian Ka'an, registrado con el número 1329, el cual corresponde con el polígono del Complejo Sian Ka'an, que incluye a la Reserva de la biósfera del mismo nombre, así como a la Reserva de la

[30] Designado el 27 de noviembre de 2003.

biosfera Arrecifes de Sian Ka'an y al Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil, lo cual se observa en la siguiente figura:




**Mapa III.4.- Ubicación del proyecto en el Sitio RAMSAR Sian Ka'an.**

En la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar ("FIR") correspondiente a Sian Ka'an se establece que los Criterios de Ramsar aplicables a este sitio son 1, 2 y 3, conforme a lo siguiente:

**Criterio 1:** La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) en colaboración con la UNESCO, concluyó en 1997 la revisión de los sitios de Patrimonio Mundial Natural de la Humanidad que se refieren a las áreas marinas y costeras. Este estudio incluyó a 77 sitios alrededor del mundo, representando a 50 países con dos objetivos: por una parte, el estudio provee una idea de la actual "cobertura" y segundo, la localización de los humedales y las áreas marinas de las diversas regiones del mundo con potencial para ser consideradas en la lista de Sitios de Patrimonio Mundial. Con estos criterios, el estudio ubicó a la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, entre los 39 sitios con mayor valor en recursos de humedales y zonas marinas, por contener 4 de las 6 categorías evaluadas las cuales se refieren a:

- Por contener valores en humedales de agua dulce.
- Por contener el componente de recursos marino-costeros.
- Por contener recursos de manglares.
- Por contener arrecifes de coral.

A estos resultados de este análisis habría que añadir el significado en la superficie terrestre de la Reserva de las selvas bajas inundables endémicas a la Península de Yucatán y los "Petenes", como asociaciones vegetales exclusivas de las Penínsulas de Florida y Yucatán.

**Criterio 2:** Sian ka'an contiene los hábitats naturales de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad in situ, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción con valor excepcional universal desde el punto de vista de la ciencia o la conservación, las cuales se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla III.20-Bis.- Especies amenazadas o en peligro de extinción**

| Plantas | | Animales | |
|---|---|---|---|
| Nombre común | Nombre científico | Nombre común | Nombre científico |
| | | **Aves:** | |
| | | Pelícano café | *Pelecanus occidentalis* |
| | | Espátula rosa | *Ajaia ajaja* |
| | | Flamenco rosa | *Phoeniconterus ruber* |
| | | Bobo | *Sula leucogaster* |
| | | Jabirú | *Jabiru mycteria* |
| | | **Reptiles:** | |
| | | Tortuga blanca | *Chelonia mydas* |
| | | Tortuga laúd | *Dermochelys coriacea* |
| | | Tortuga caguama | *Caretta caretta* |
| Palma chit | *Thrinax radiata* | Tortuga carey | *Eretmochelys imbricata* |
| Nnakax | *Coccothrinax readii* | Cocodrilo de pantano | *Crocodylus moreletii* |
| Tasiste | *Acoelorraphe wrightii* | Cocodrilo de río | *Crocodylus acutus* |
| Kuka | *Pseudophoenix sargentii* | **Mamíferos:** | |
| Despeinada | *Beaucarnea ameliae* | Jaguar | *Panthera onca* |
| | | Puma | *Felis concolor* |
| | | Ocelote | *F. pardalis* |
| | | Tigrillo | *F. weidii* |
| | | Leoncillo | *F. yagouaroundi* |
| | | Tapir | *Tapirus bardii* |
| | | Mono saraguato | *Alouatta pigra* |
| | | Jabalí de labios blancos | *Tayassu pecari* |
| | | Manatí | *Trichechus manatus* |
| | | Cachalote | *Physeter catodon* |

**Criterio 3: Importancia para la conservación de la diversidad biológica.** Los inventarios de flora y fauna resaltan por sí solos el valor biológico, así como también los recientes descubrimientos de más de 20 especies de insectos nuevos para la ciencia, dos de ellos llevan ya el nombre de Sian Ka'an.

Asimismo, en la FIR se indican los factores adversos (pasados, presentes o potenciales) que afectan a las características ecológicas del sitio, incluidos cambios en el uso del suelo (comprendido el aprovechamiento del agua) y de proyectos de desarrollo, siendo los siguientes:

**Tabla III.21.- Factores adversos dentro del sitio Ramsar**

| Ecosistemas / Procesos | Usos Socioeconómicos | Amenazas Antropogénicas | Principales Acciones de Manejo |
|---|---|---|---|
| **Ambientes Marinos y Lacustres** | Pesca Comercial | Sobreexplotación de especies comerciales | • Vigilancia<br>• **Educación Ambiental**<br>• Investigación pesquera |
| | Pesca Deportiva<br>Turismo y Recreación | Disminución Poblaciones de especies de importancia turística.<br>Impactos Ambientales | • **Registros Estadísticos**<br>• Regularización de actividades Turísticas<br>• **Monitoreo y Capacidad de Carga**<br>• **Educación Ambiental** |
| **Playas/Dunas Costeras** | Turismo<br>Vivienda | Incremento de actividad y desarrollo turístico sin regulación.<br>Irregularidad en la tenencia de la tierra y falta de seguridad jurídica sobre bienes nacionales. | • Control de accesos<br>• Actividades de Inspección<br>• Regularización del Uso Público<br>• Ordenamiento Ecológico<br>• **Monitoreo y Capacidad de Carga**<br>• **Difusión**<br>• Regularización Tenencia de la Tierra<br>• **Dotación de Infraestructura Turística**. |
| **Playas/Dunas Costeras** | | Invasión de especies vegetales exóticas. | • **Combate**<br>• **Difusión**<br>• **Educación Ambiental** |
| **Pantanos, marismas, manglares** | Turismo | Incremento de actividades turísticas sin regulación.<br>Invasión especies vegetales exóticas. | • **Vigilancia**<br>• **Planeación y Capacidad de Carga**<br>• **Monitoreo de Impactos**<br>• **Especies exóticas (idem ant.)** |
| **Selvas bajas inundables y sistemas kársticos** | Caza furtiva y Extracción de Recursos forestales | Incendios forestales.<br>Disminución de la población de especies de interés de autoconsumo y comercial. | • Vigilancia<br>• Prevención y Combate Incendios Forestales<br>• Educación Ambiental<br>• Investigación y promoción de alternativas de desarrollo de la población Local |

| Ecosistemas / Procesos | Usos Socioeconómicos | Amenazas Antropogénicas | Principales Acciones de Manejo |
|---|---|---|---|
| | Indefinición de límites ejidales y terrenos nacionales | Aprovechamientos forestales | • Deslinde y Amojonamiento<br>• Irregularidad en la Tenencia de la tierra |

Al respecto, y derivado de la revisión y análisis de los criterios de la Convención que cumple el Sitio Sian Ka'an, así como de las condiciones ambientales del mismo y de la problemática que presenta, se tiene que, para llevar a cabo las obras y actividades para el desarrollo del proyecto, se ha considerado desde su diseño lo siguiente:

- Que el Sitio es uno de los que cuenta con mayor valor en recursos de humedales y zonas marinas a nivel mundial.
- Que el Sitio contiene los hábitats naturales de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad in situ, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción con valor excepcional universal, y que su amplio inventario de especies de flora y fauna resaltan su valor biológico.
- Que existen una serie de factores adversos que afectan las condiciones ambientales del Sitio, entre ellos el incremento de la actividad y desarrollo turístico sin regulación.

Por lo anterior, se plantean las estrategias de prevención y mitigación adecuadas para los impactos ambientales que pudiera generar el desarrollo del proyecto, tal y con se indica en los Capítulos V y VII de este DTU.

## III.4 Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

### III.4.1 Decreto por el que se declara como área que requiere la protección, mejoramiento, conservación y restauración de sus condiciones ambientales la superficie denominada Reserva de la Biósfera Sian Ka´ann, ubicada en los Municipios de Cozumel y Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo.[31]

El ANP de Sian Ka'an se ubica al este del estado de Quintana Roo, en la porción oriental de la Península de Yucatán, en los municipios de Tulum, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, y cuenta con una superficie total de 528,147.66 ha, de la cual 375,011.87 ha corresponde a la superficie terrestre y/o aguas continentales y 153,135.79 ha a la superficie marina.

[31] Publicado en el DOF el 20 de enero de 1986.

Este decreto tiene como finalidad la protección, mejoramiento, conservación y restauración de las condiciones ambientales de la zona conocida como Sian Ka´an.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 1°, por ser de orden e interés público se declara como área que requiere la protección, mejoramiento, conservación y restauración de sus condiciones ambientales la superficie de 528,147-66-80 hectáreas, ubicadas en los municipios de Cozumel y Felipe Carrillo Puerto, Estado de Quintana Roo, cuya descripción topográfica-analítica se especifica en el considerando penúltimo del presente Decreto. A esta área ecológica protegida se le identificará como "Reserva de la Biósfera Sian Ka'an".

**Tabla III.22.- Disposiciones del Decreto del ANP vinculantes al proyecto.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **ARTICULO TERCERO**. - Dentro de la citada reserva, se establece una zona de amortiguamiento, con superficie de 248,443-66-80 hectáreas, para los fines que se precisan en este Decreto. | El proyecto se encuentra dentro del área de amortiguamiento de la Reserva, por lo que el promovente se sujetará a lo establecido en este decreto. |
| **ARTICULO SEPTIMO**. - La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología no autorizará ni permitirá la ejecución de obras públicas o privadas dentro de las zonas núcleo de la "Reserva de la Biósfera Sian Ka´an". | |
| **ARTICULO OCTAVO**. - Todo proyecto de obra pública o privada que pretenda realizarse dentro del área considerada como zona de amortiguamiento deberá contar con autorización expresa de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. | Previo al desarrollo del proyecto, se presenta este DTU-BR para para su evaluación, resolución y autorización correspondiente ante la autoridad competente. |

### III.4.2 . Programa de Manejo del Área Natural Protegida (ANP) con carácter de Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK)[32]

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, comprende porciones marinas y terrestres, entre las que sobresalen las zonas oceánicas someras y arrecifes coralinos; ocupa, además, una planicie calcárea parcialmente emergida que desciende gradualmente hacia el mar, formando un gradiente que va de sitios secos hasta inundables. En este gradiente se desarrollan selvas medianas, bajas e inundables, marismas y manglares. También existen lagunas de agua dulce y salobre, cenotes, petenes, cayos y ojos de agua. Todo ello conforma un intrincado sistema hidrológico con una notable diversidad de ambientes y, en consecuencia, de vida silvestre.

Este Programa de manejo tiene como objetivo la planeación y regulación de las actividades, acciones, lineamientos básicos para el manejo y administración del área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera de Sian Ka´an.

[32] Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera Sian Ka´an publicado en el DOF el 23 de enero de 2015.

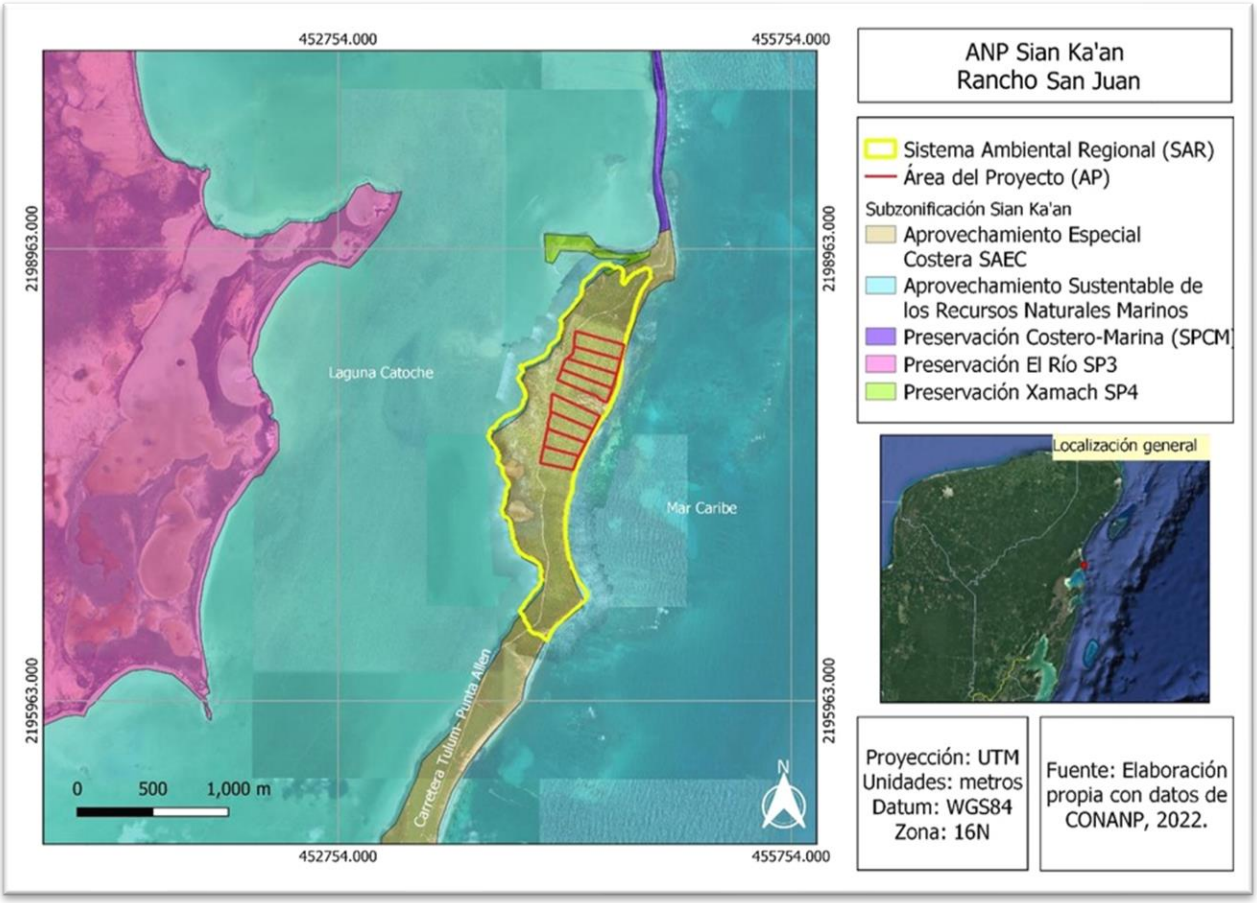
Conforme al Programa de Manejo del ANP, el Área del Proyecto incide en la siguiente subzona:

**Tabla III.23.- Zonificación de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.**

| Zonificación | Nombre de la Zona | Subzonificación | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|
| **Zona de Amortiguamiento** | Subzona de Aprovechamiento Especial Costero (SAEC) | Aprovechamiento Especial Costera SAEC | 24.31 |

En esta subzona existen porciones considerables de vegetación de duna costera en un continuo proceso de sucesión, derivado de que en los años 60 estos sitios fueron ocupados por campos copreros. Sin embargo, también se encuentran especies catalogadas dentro de 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, como la palma de chit (Thrinax radiata) con categoría de amenazada, reptiles endémicos de la zona costera de Quintana Roo como la lagartija escamosa de Cozumel (Sceloporus cozumelae) especie sujeta a protección especial, la cual sólo se encuentra en zonas de duna costera en buen estado de conservación. Existen además, en las playas adyacentes a esta subzona, sitios de anidación de golondrina marina menor, charrán mínimo, gaviotín, también conocido como gallito de mar (Sterna antillarum) especie sujeta a protección especial, por lo que si bien el sitio es apto para el desarrollo de actividades de bajo impacto ambiental éstas requieren ser reguladas de manera estricta para conservar el hábitat de dichas especies.

La LGEEPA, que dispone que las subzonas de Aprovechamiento Especial son aquellas superficies generalmente de extensión reducida, con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social, y que deben ser explotadas sin deteriorar el ecosistema, modificar el paisaje de forma sustancial, ni causar impactos ambientales irreversibles en los elementos naturales que conformen; y en donde se podrán ejecutar obras públicas o privadas para la instalación de infraestructura o explotación de recursos naturales, que generen beneficios públicos, que guarden armonía con el paisaje, que no provoquen desequilibrio ecológico grave y que estén sujetos a estrictas regulaciones de uso sustentable de los recursos naturales, con apego estricto a los programas de manejo emitidos por la Secretaría




Mapa III.5.- Ubicación del proyecto en la Zonificación de la RBSK.

**Tabla III.24.- Actividades permitidas y no permitidas en la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC).**

| Actividades permitidas | Actividades no permitidas |
|---|---|
| 1. Acuacultura[1]<br>2. Apertura de senderos, brechas o caminos<br>3. Colecta científica[2]<br>4. Colecta científica[3]<br>5. Construcción de instalaciones de apoyo para la investigación científica, monitoreo del ambiente y administración de la Reserva[4]<br>6. Construir infraestructura temporal en las playas arenosas[5]<br>7. Construir rampas para maniobras de remolques de lanchas en la zona lagunar[6] | 1. Actividades que impliquen la fragmentación del hábitat<br>2. Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de las especies silvestres<br>3. Apertura de bancos de material<br>4. Aprovechamiento forestal, salvo colecta científica<br>5. Agricultura<br>6. Extracción de corales, esponjas o cualquier otra especie o elemento vivo o muerto depositados en las playas por efecto del oleaje[8]<br>7. Hacer marcas permanentes en árboles plantas<br>8. Interrumpir, dragar, rellenar, desecar o desviar los flujos hidrológicos en cuencas, cenotes y ríos subterráneos, así como remover, rellenar, transplantar, podar o realizar 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 |

| Actividades permitidas | Actividades no permitidas |
|---|---|
| 8. Construcción, instalación y operación de establecimientos de servicios recreativos y de hospedaje<br>9. Construcción, instalación y operación de vivienda rural<br>10. Desembarco<br>11. Educación ambiental<br>12. Establecimiento de UMA<br>13. Filmaciones, fotografías, la captura de imágenes y sonidos<br>14. Instalar infraestructura de apoyo para actividades de turismo de bajo impacto ambiental, tales como senderos interpretativos, peatonales, andadores elevados miradores, torres para observación de aves<br>15. Investigación científica y monitoreo ambiental<br>16. Turismo de bajo impacto ambiental[7] | natural del ecosistema para las interacciones entre el manglar, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos, salvo las actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar[9]. Introducir ejemplares o poblaciones exóticas invasoras[9]<br>10. Limpiar, procesar o tirar productos o residuos provenientes de actividades pesqueras<br>11. Molestar, capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre, salvo para colecta científica<br>12. Pesca en cenotes<br>13. Usar cualquier tipo de red en cualquier cuerpo de agua<br>14. Utilizar artes de pesca no selectivas[10]<br>15. Utilizar vehículos todo terreno o tipo Jeep® en grupos de más de cinco unidades, en los caminos de la Reserva. Asimismo, durante los recorridos queda prohibido perturbar el entorno o dañar la biodiversidad, o rebasar el límite de los 40 kilómetros por hora<br>16. La construcción de infraestructura para hospedaje, vivienda rural o servicios en la zona comprendida entre el litoral y el parteaguas de la duna ni entre el borde del sistema acuático y el límite de distribución de los manglares, excepto andadores elevados<br>17. No se permite la pavimentación de los caminos costeros o senderos existentes<br>18. Remover la vegetación natural en el cordón de la duna, con excepción de la apertura de senderos peatonales no pavimentados<br>19. Cualquier actividad que requiera la instalación y anclaje en el lecho de los cuerpos de agua, de infraestructura flotante o de infraestructura fija piloteada en el lecho de los cuerpos de agua |

**1** Únicamente con especies nativas y que no requieran instalaciones, que no alteren flujos hídricos y que no impliquen la remoción o afectación del manglar.
**2** Conforme a lo previsto por el Artículo 2, fracción VI, del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.
**3** Conforme a lo previsto por el Artículo 2, fracción VII, del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
**4** Siempre que no implique remoción de manglar.
**5** De un poste y hoja de palma o pasto, y exclusivamente en las playas arenosas y fuera de los sitios de anidación de tortugas.
**6** Exclusivamente una en la Laguna Caapechén, una en la Laguna Boca Paila, una en San Miguel-Xamach, una en Laguna Pájaros y dos en el Río Temporal, con una distancia promedio de ocho kilómetros entre ellas, y que no afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar o su remoción.
**7** Tales como acampar, ciclismo, observación de flora y fauna y senderismo interpretativo.
**8** Incluida la recolección de aquello que se deposita en la arena por efecto del oleaje.
**9** Conforme a lo establecido en las fracciones XIV y XVIII del Artículo 3°, de la Ley General de Vida Silvestre
**10** De conformidad con las Reglas Administrativas 82 y 84.

Para vincular este Programa de Manejo con el proyecto, se considera que las actividades propuestas para su desarrollo no contemplan la realización de ninguna de las actividades no permitidas en la SAEC, por lo que se considera jurídicamente viable, además, durante todas las

etapas del mismo se llevarán a cabo las medidas que sean necesarias para prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales que éste pudiera generar.

Al respecto, este Plan de Manejo contempla Reglas administrativas que son de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas físicas o morales que realicen obras o actividades dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, ubicada en los municipios de Tulum, Felipe Carrillo Puerto y Bacalar, Estado de Quintana Roo, la cual incluye una superficie de 528,147-66-80 hectáreas, tal y como lo establece en la Regla 1.

Para entender y vincular las Reglas Administrativas de este Programa, y con las definiciones vinculadas con el proyecto enlistadas en la Regla 3 se entiende por:

**Regla 3.** Para efectos de lo previsto en las presentes reglas, se estará a las definiciones que se contienen en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas, así como a las siguientes:

**I.** Bajo impacto ambiental. Que no implica modificaciones sustanciales de las características o condiciones naturales originales. (…)

**V.** Casa habitación: Infraestructura sin fines comerciales, destinada a albergar a una familia de manera permanente o temporal con un máximo de una cocina y un número variable de habitaciones y baños de conformidad con el tamaño del predio. (…)

Derivado de lo anterior, a continuación, se vincula con el proyecto las reglas que se han considerado guardan relación con el mismo:

**Tabla III.25.- Reglas Administrativas subzona de aprovechamiento especial costera (SAEC).**

| Regla administrativa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Sección III.<br>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA VIVIENDA RURAL Y ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS RECREATIVOS Y DE HOSPEDAJE EN LA SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL COSTERA (SAEC) Y DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES COSTERO-MARINA BOCA PAILA (SASRN-CMBP)** | |
| **Regla 24.** La edificación en predios particulares con un frente de playa de 100 metros o más y con más de dos hectáreas, solo podrán desarrollar una casa habitación de tipo unifamiliar de hasta 400 metros cuadrados de superficie construida. | Para cumplir cabalmente con esta regla, los 8 lotes del Área del Proyecto tienen un frente de playa de 100 m y cuentan con una superficie de más de 2 ha cada uno; asimismo, se construirá únicamente una Casa unifamiliar de menos de 400 $m^2$ en cada lote, tal y como se indicó previamente en este Capítulo. |

| Regla administrativa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Sección III.<br>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA VIVIENDA RURAL Y ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS RECREATIVOS Y DE HOSPEDAJE EN LA SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL COSTERA (SAEC) Y DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES COSTERO-MARINA BOCA PAILA (SASRN-CMBP)** | |
| **Regla 25**. Las edificaciones no excederán los dos niveles y los ocho metros de altura. | Todas las edificaciones del proyecto no excederán de dos niveles ni los 8 m de altura, como se indicó previamente en este mismo Capítulo, así como en el Capítulo II de este DTU |
| **Regla 26**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) se podrá construir infraestructura turística o de vivienda rural, la cual solamente podrá efectuarse en el tercio medio del predio del sentido norte-sur, dejando los extremos o colindancias con otros predios sin construir, conservando los elementos más importantes de la vegetación que en ellos se encuentren. | Esta regla se da por cumplida, ya que el proyecto no contempla la construcción de infraestructura turística o de vivienda rural, sin embargo, la construcción de las casas se llevará a cabo en el tercio medio de cada lote, tal y como se explicó previamente en este Capítulo. |
| **Regla 27**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) solo se permite la construcción de un camino de acceso no pavimentado a cada 100 metros, a los predios de propiedad privada, con una amplitud máxima de cuatro metros. | Cada Casa contará con un camino de acceso no pavimentado cada 100 m con una amplitud máxima de 4 m por lo que se cumple con esta regla. |
| **Regla 28**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) se prohíbe contar con más de un pozo por predio con vivienda unifamiliar. | Se cumple, ya que el proyecto contempla la construcción de un solo pozo por lote. |
| **Regla 29**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) no se podrán instalar y ofrecer servicios públicos de playa o de campamento en lotes menores de 350 metros de frente de playa, con la finalidad de evitar la fragmentación del hábitat. | No aplica, el proyecto no contempla la instalación ni oferta de servicios públicos de playa ni de campamento. |
| **Regla 30**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) no se podrán instalar y ofrecer servicios comerciales de cuartos tipo hotelero en lotes menores de 600 metros de frente de playa, con la finalidad de evitar la fragmentación del hábitat. | Para la construcción del proyecto no se contempla instalar y ofertar servicios comerciales de cuartos tipo hotelero, esta regla no se considera aplicable. |
| **Regla 31**. En la Subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) los servicios de hospedaje y otros complementarios para la recreación y turismo solo podrán ser instalados en los predios de propiedad privada que cuenten con una longitud de frente de playa igual o mayor a 600 metros. En dichos predios se podrán instalar un máximo de 20 cuartos tipo hotelero. En el caso de que la longitud de frente de playa sea mayor se podrán instalar cuartos adicionales en función de un máximo de cuatro cuartos por cada 100 metros o su equivalencia si la longitud es intermedia. | El proyecto no pretende llevar a cabo actividades de servicios de hospedaje y otros complementarios para la recreación y turismo, por lo que no se contraviene en lo estipulado en esta regla. |
| **Regla 32**. En las Subzonas de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) y de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Costero-Marina Boca Paila (SASRN-CMBP) no se podrán subdividir con fines de construcción de predios de propiedad privada cuando, por lo menos un lote resultante de esta división, no cuente | Esta regla no se considera aplicable ya que la ejecución del proyecto no pretende subdividir con fines de construcción los predios, sin embargo, los 8 lotes correspondientes al área del proyecto |

| Regla administrativa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Sección III.<br>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA VIVIENDA RURAL Y ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS RECREATIVOS Y DE HOSPEDAJE EN LA SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL COSTERA (SAEC) Y DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES COSTERO-MARINA BOCA PAILA (SASRN-CMBP)** | |
| con un mínimo de 100 metros de frente al Mar Caribe, para evitar la fragmentación del hábitat. | cuentan con cuentan con un frente de playa de 100 m. |
| **Regla 33.** En las Subzonas de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) y de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Costero-Marina Boca Paila (SASRN-CMBP):<br>a) No se podrán construir viviendas e infraestructura permanente de cuartos tipo hotelero o de vivienda rural o servicios en la zona comprendida entre el litoral y el parteaguas de la duna y entre el borde del sistema acuático y el límite de distribución de los manglares.<br>b) No se podrán realizar obras y actividades que obstruyan los accesos a las playas.<br>c) No se podrá remover la vegetación natural en el cordón de duna, con la excepción de andadores elevados o la apertura de senderos peatonales menores de 1.5 metros de ancho, paralelos a la costa, o en forma de zigzag si son perpendiculares a la costa.<br>d) No se podrán usar plataformas flotantes, embarcaciones fijas para recreación, la instalación de palafitos o embarcaciones para la prestación de servicios de hospedaje en toda la zona lagunar, bahías y zona marina de la Reserva.<br>e) La superficie de los predios libre de construcción será destinada exclusivamente a la conservación de las condiciones naturales del sitio.<br>f) Las casas habitacionales, viviendas rurales, los asentamientos humanos y los desarrollos turísticos deberán contar con un programa integral de reducción, separación y disposición final de residuos sólidos inorgánicos fuera de la Reserva.<br>g) Las casas habitacionales, viviendas rurales, los desarrollos turísticos de hospedaje, los servicios y en general cualquier edificación que genere aguas residuales deberán contar con sistemas integrales de minimización, colecta, manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales.<br>h) Las aguas residuales deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo y deberá cumplir con la 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 o las condiciones | La ejecución del proyecto se vincula de la siguiente manera conforme a lo enlistado en esta regla:<br>a) El proyecto no contempla la construcción de obra alguna en estas zonas de restricción.<br>b) El proyecto no contempla la construcción de obra alguna que pudiera obstruir los accesos a la playa.<br>c) La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera del cordón de dunas costeras.<br>d) La ejecución del proyecto no contempla el uso plataformas flotantes, embarcaciones fijas para recreación, la instalación de palafitos o embarcaciones para la prestación de servicios de hospedaje en toda la zona lagunar, bahías y zona marina de la Reserva en ninguna de sus etapas.<br>e) El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo la construcción y operación de 8 Casas unifamiliares sustentables, de bajo impacto, por lo que las áreas libres de construcción permanecerán en sus condiciones originales.<br>f) Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos, mismos que serán manejados mediante los Subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos. Este programa |

| Regla administrativa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Sección III.**<br>**INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA VIVIENDA RURAL Y ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS RECREATIVOS Y DE HOSPEDAJE EN LA SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL COSTERA (SAEC) Y DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES COSTERO-MARINA BOCA PAILA (SASRN-CMBP)** | |
| particulares de descarga de conformidad con la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.<br>i) Las plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que permita, que el peso seco de los lodos que ahí se generen sean menores a 180 gramos por metro cúbico de agua tratada. Además, deberán contar con un programa operativo que considere la estabilización de los lodos, así como su disposición final fuera de la Reserva.<br>j) En caso de que se requiera la instalación de sistemas de riego, ésta deberá estar articulada a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.<br>k) No se deberán depositar residuos en cualquier cuerpo de agua natural.<br>l) Debido a la dirección de las corrientes subterráneas de agua dulce en la zona norte de la Reserva, las instalaciones para el manejo de las aguas servidas serán instaladas al oriente del predio desde la entrada de la Reserva hasta el inicio de la Laguna Xamach y al poniente del mismo a partir de la Laguna Xamach hasta Punta Allen, con el fin de evitar su contaminación.<br>m) Los predios de propiedad privada y los desarrollos turísticos permitirán el acceso a playas al menos cada mil metros en promedio, con una amplitud mínima de dos metros y máxima de tres metros.<br>n) No se podrán instalar ni construir pistas aéreas, ni la reactivación o reinstalación de aquellas clausuradas o en desuso. | contempla que los residuos inorgánicos serán depositados en un contenedor rotulado hasta que un prestador de servicios autorizado, realice la recolección y transporte a un Centro de Recolección fuera de la Reserva, tal y como se indica en el Capítulo VII de este DTU.<br>g) En el Capítulo VII de este DTU se contempla el Subprograma de Residuos Líquidos, mismo que establece que las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso, durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.<br>h) Las aguas residuales recibirán tratamiento previo antes de su disposición final en los pozos de absorción.<br>i) La propuesta de instalaciones sanitarias del proyecto, tiene como objetivo, proporcionar un sistema eficiente para la recolección de las aguas negras para enviarlas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales tipo biodigestor.<br>j) En el Capítulo VII de este DTU se establece que las aguas tratadas se utilizarán para riego de áreas verdes dentro del Área del Proyecto.<br>k) La disposición final de los residuos estará a cargo de un prestador de servicios autorizado que se sujete a todas las leyes aplicables y vigentes en la materia.<br>l) Todas las instalaciones del proyecto se ubican en el tercio medio de cada lote y hacia el oriente de los mismos. |

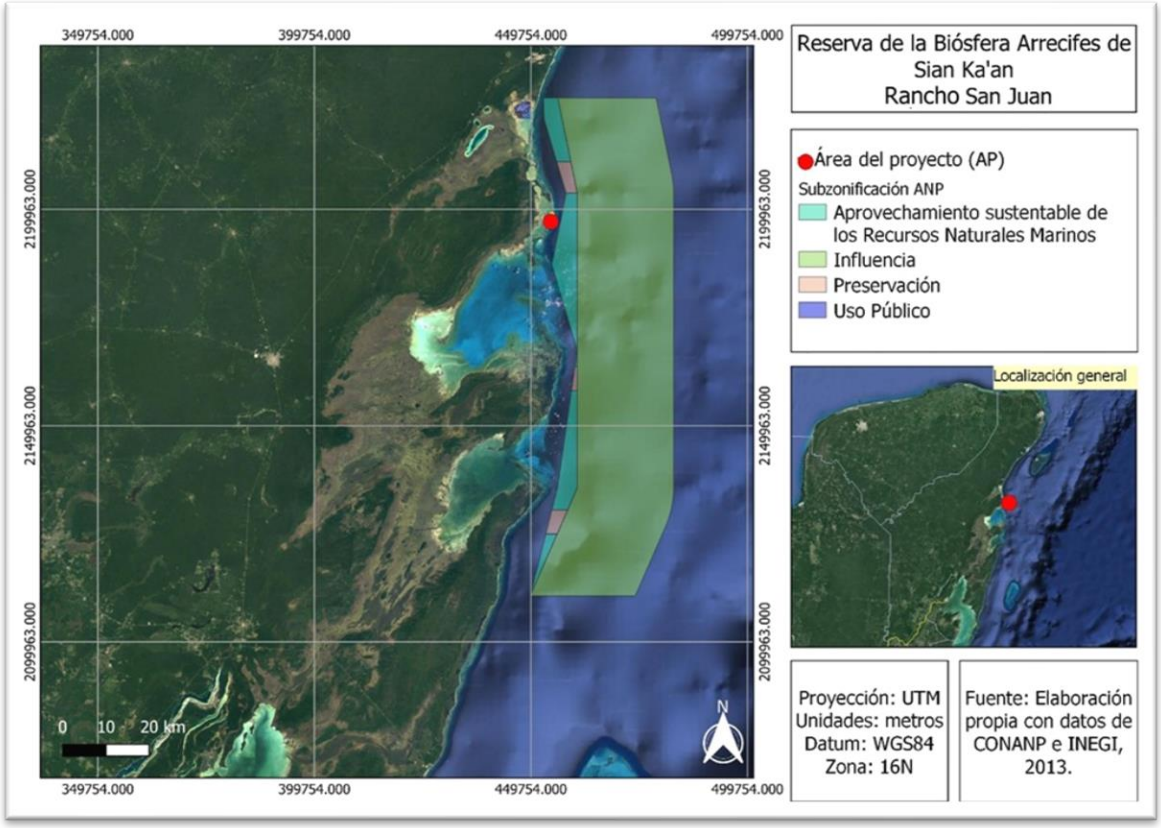
| Regla administrativa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Sección III.<br>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA VIVIENDA RURAL Y ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS RECREATIVOS Y DE HOSPEDAJE EN LA SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL COSTERA (SAEC) Y DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES COSTERO-MARINA BOCA PAILA (SASRN-CMBP)** | |
| | m) El desarrollo del proyecto permitirá el libre acceso y de así requerirlo, se acatará lo dispuesto en este inciso.<br>n) Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto durante todas sus etapas, no consideran la construcción de pistas aéreas, ni la reactivación o reinstalación de aquellas clausuradas o en desuso.<br><br>Derivado de lo anterior, la ejecución del proyecto no contraviene a lo establecido en ninguno de los lineamientos enlistados en la presente regla, por lo que se considera jurídicamente viable. |
| **Regla 37. Se requerirá de autorización por parte de la SEMARNAT a través de sus distintas unidades administrativas para la realización de las siguientes actividades, en términos de las disposiciones legales aplicables:**<br>**(…)**<br>VI. **Obras y actividades que requieren de presentación de una manifestación de impacto ambiental, en todas sus modalidades;**<br>**(…)** | Previo al inicio del proyecto se ingresará para su evaluación ante la autoridad correspondiente, el presente Documento Técnico Unificado en su modalidad B-Regional, el cual se apegará a lo dispuesto en la presente regla. |

### III.4.3 . Decreto y Programa de Manejo del Área Natural Protegida (ANP) Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka’an[33]

La Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an, creada mediante Decreto Presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de febrero de 1998, está ubicada en el Estado de Quinta Roo y comprende una superficie total de 34,927-15-84 hectáreas, en los municipios de Solidaridad y Felipe Carrillo Puerto, frente a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. La Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an incluye parte del segundo sistema arrecifal coralino más grande del mundo. Este sistema está constituido por una plataforma de origen reciente que se eleva del fondo marino y que forma una base para el desarrollo arrecifal. Su frontera natural es un cantil localizado en la isobata de los 60 metros, así como parte de un sistema lagunar costero, asociado a los manglares y ciénagas de la Laguna de Caapechén, hábitat característico de la flora y fauna de los humedales costeros.

Sin embargo, como se puede observar el siguiente mapa, el Área del Proyecto no incide en el ANP Reserva de la Biósfera Arrecifes de Sian Ka´an, por lo que este Programa de Manejo no es aplicable para la ejecución del proyecto.

[33] DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Arrecifes de Sian Kaan, ubicada en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 34,927-15-84 hectáreas, publicado en el DOF el 02 de febrero de 1998.



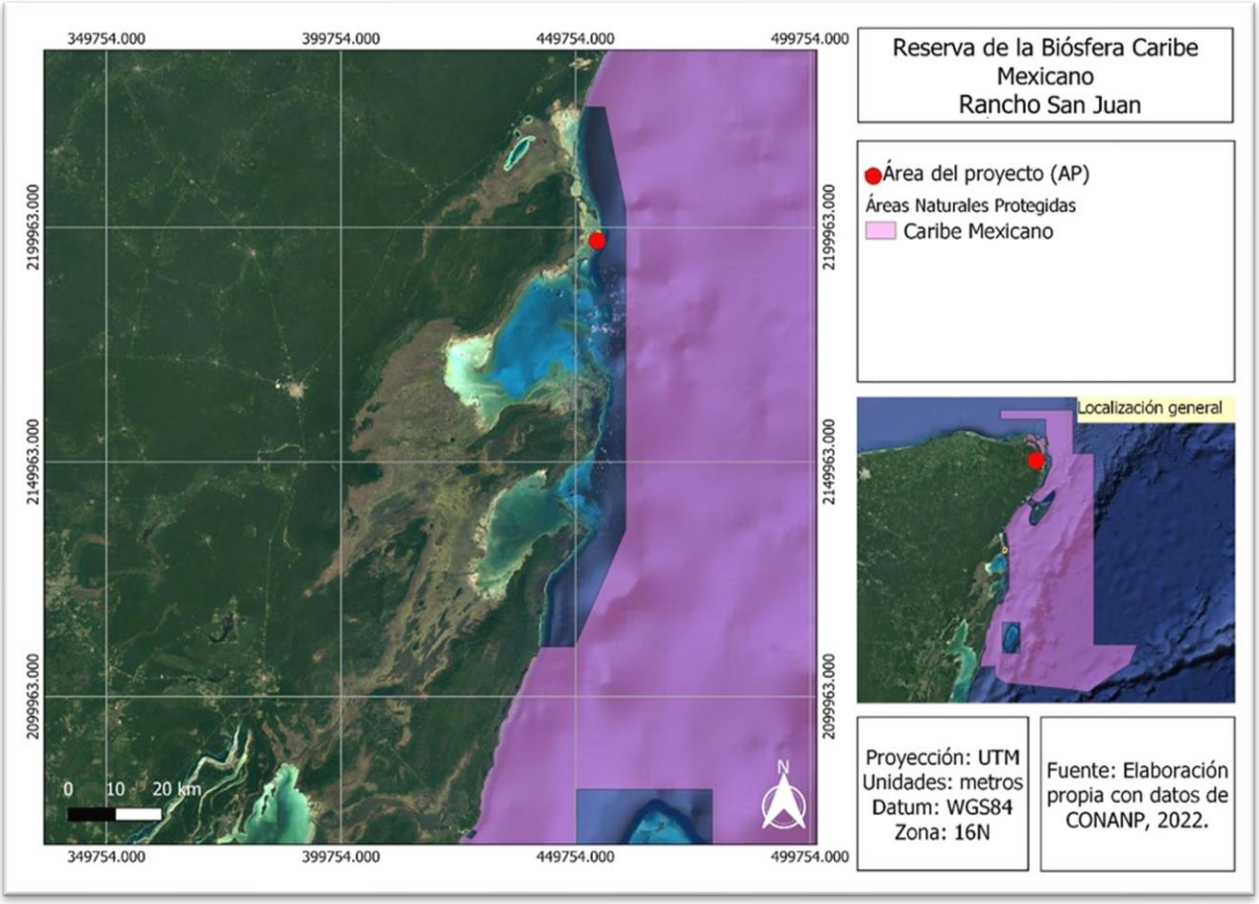

Mapa III.5.- Ubicación del Área Natural Protegida (ANP) Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an.

III.4.4 . Decreto y Programa de Manejo del ANP Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.[34]

El 7 de diciembre de 2016 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano, la cual se localiza al Este de la Península de Yucatán, en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco, en el estado de Quintana Roo, debido a que en ella existe una importante diversidad de ecosistemas acuáticos y terrestres, como son los arrecifes coralinos, pastizales marinos, selvas, manglares, sistemas lagunares de importancia ecológica.

Sin embargo, como se puede observar el siguiente mapa, el Área del Proyecto no incide en el ANP Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano, por lo que este Programa de Manejo no es aplicable para la ejecución del proyecto.

[34] DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano, publicado en el DOF el 07 de diciembre de 2016.




Mapa III.6.- Ubicación del Área Natural Protegida ANP Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.

## III.5 . Normas Oficiales Mexicanas

### III.5.1 . NOM-022-SEMARNAT-2003[35]

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

**Tabla III.26.- Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.**

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **0.1 Que la definición internacional de humedal costero se basa en la integridad del ecosistema, que incluye la unidad fisiográfica inundable y de transición entre aguas continentales, marinas y la comunidad vegetal que se ubica en ellas, así como las regiones marinas de no más de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja.** | El Área del Proyecto se ubica en la zona costera, dentro del Área Natural Protegida denominada Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, donde existen humedales costeros; no obstante, en dicha Área del Proyecto no existe vegetación de manglar, pero sí en zonas |

[35] Publicada en el DOF el 10 de abril de 2003

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | aledañas, siendo que las obras y actividades propuestas para realizar el proyecto, no afectarán este tipo de vegetación |
| **0.2 Que para efecto de esta Norma, se considerará humedal costero a la unidad hidrológica que contenga comunidades vegetales de manglar.** | El Área del Proyecto se ubica en la zona costera, dentro del Área Natural Protegida denominada Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, la cual forma parte del denominado Complejo Sian Ka'an, sin embargo, el Área del Proyecto no presenta comunidades vegetales de manglar. |
| **4.0 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:**<br>• **La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;**<br>• **La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;**<br>• **Su productividad natural;**<br>• **La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;**<br>• **Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;**<br>• **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;**<br>**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 área potencial de aprovechamiento del Área del Proyecto (8 lotes agrupados en dos bloques de 4 lotes cada uno), quedó delimitada fuera de las zonas con vegetación de dunas costeras y de manglar, por lo que éstas no pueden ser afectadas y deberán conservarse.<br><br>Asimismo, el proyecto no contempla obra o actividad alguna que pudiera afectar la estructura y funcionamiento de la vegetación de manglar que se ubica cercana al Área del Proyecto, y se consideran las medidas necesarias y adecuadas para prevenir, mitigar, o compensar los impactos ambientales previsibles conforme a las disposiciones legalmente aplicables y vigentes para su preservación. |
| **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. | La ejecución del proyecto no contempla obras de canalización ni de interrupción de flujo o desvío de agua, por lo que esta especificación no aplica para el mismo. |
| **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. | Las actividades propuestas en el proyecto no contemplan la construcción de canales, en |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **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. | consecuencia, estas especificaciones no son aplicables para la ejecución del mismo. |
| **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. | No aplica, el proyecto no contempla el establecimiento de infraestructura marina. |
| **4.5** Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero. | No aplica, el proyecto no contempla el establecimiento de bordos. |
| **4.6** Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento. | En el área potencial de aprovechamiento del Área del Proyecto (8 lotes agrupados en dos bloques de 4 lotes cada uno) no se localizan zonas de humedales costeros, y la vegetación de manglar cercana al Área del Proyecto, no corre el riesgo de degradarse por contaminación y asolvamiento, por lo que se da cumplimiento a lo establecido en esta 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. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no contemplan utilizar ni verter agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, por lo que esta especificación no es aplicable. |
| **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. | La ejecución del proyecto no considera el vertimiento de agua que contenga algún contaminante establecido en esta especificación, ni ningún otro, a los humedales costeros por lo no es aplicable.<br><br>Además, las actividades contempladas para la ejecución del proyecto no se relacionan con granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y ninguna otra actividad productiva. |
| **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. | En cumplimiento a los señalado en el presente criterio, el promovente se compromete a solicitar las autorizaciones necesarias a la autoridad competente en la materia, en caso de ser requerido para la ejecución del proyecto. |
| **4.10 La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance** | Tal y como se menciona en el Capítulo II de este DTU, se considera que la fuente de abasto |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.** | de agua durante todas las etapas del proyecto será un pozo de aprovechamiento en cada Lote, por lo que el promovente se compromete a realizar los estudios necesarios y a solicitar en su momento oportuno, las autorizaciones necesarias para llevar a cabo la perforación de pozos y el aprovechamiento de agua del subsuelo, así como a cumplir con las condiciones establecidas en las mismas. |
| **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. | Para llevar a cabo las actividades propuestas en el proyecto, no se pretende introducir especies o poblaciones que dañen inminentemente a los humedales costeros en zona de manglar, por lo que se da cumplimiento a esta 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.** | Previo al inicio del proyecto se ingresará para su evaluación ante la autoridad correspondiente, el presente Documento Técnico Unificado en su modalidad B-Regional, el cual se apegará a lo dispuesto en esta 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. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no consideran trazar vías de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, a los humedales costeros por lo que esta especificación no es aplicable. |
| **4.14** La construcción de vías de comunicación aledañas, 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. | |
| **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. | La instalación de los servicios se realizará dentro de las trincheras formadas durante la excavación y posterior a la instalación de los servicios, se procede a realizar los rellenos correspondientes, siendo que el proyecto no contempla instalación alguna sobe manglar. |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **4.16 Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña 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.** | Considerando que existe vegetación de manglar en áreas aledañas al Área del Proyecto, se trazó un buffer de 100 m a partir del límite de la misma, de lo cual cabe destacar que los caminos de acceso que se pretenden construir no libran dicha distancia, por lo que se acatará lo dispuesto en la especificación 4.43 de esta Norma. |
| **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. | Para la etapa de construcción del proyecto, se considera que todos los materiales de construcción serán provenientes de los bancos de préstamo más próximos al Área del Proyecto, por ejemplo, Tulum, Punta Allen o Cancún y una vez que se encuentren en el Área del Proyecto, los materiales se acomodarán en bancos de depósito, localizados en las casetas desmontables que estarán en la zona de desmonte del Módulo Sala-Comedor (véase Capítulo II de este DTU). Asimismo, como ya se mencionó, el Área del Proyecto no cuenta con zonas con manglar, por lo que no se contraviene esta 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.** | Las actividades propuestas para el proyecto no consideran en ninguna de sus etapas el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, por lo que se da cumplimiento a esta 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. | Para dar cumplimiento al presente criterio, el proyecto no contempla obras ni actividades de dragado. |
| **4.20** Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros. | Durante todas las etapas del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos, mismos que serán manejados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos. Estos programas no consideran la disposición de los residuos en humedales costeros, por lo que se da cumplimiento a esta especificación. |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **4.21** Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas 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. | Esta especificación no es aplicable ya que las actividades propuestas para la ejecución del proyecto no contemplan la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas. |
| **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. | Las actividades propuestas en el proyecto no contemplan construcción de infraestructura acuífera, por lo que esta especificación no es aplicable. |
| **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. | Esta especificación se considera no aplicable ya que la ejecución del proyecto no requiere de autorización de canalización. |
| **4.24** Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización. | Las actividades descritas en estas especificaciones no guardan relación con las propuestas en el proyecto, por lo tanto, no son aplicables al mismo. |
| **4.25** La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio. | |
| **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. | |
| **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. | El proyecto no contempla obras o actividades extractivas para la producción de sal, por lo que no es aplicable esta 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.** | Las actividades propuestas con el proyecto no tienen relación con infraestructura turística, por lo que esta especificación no es aplicable. |
| **4.29** Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como | El proyecto no considera realizar actividades de turismo náutico, por lo que estas especificaciones se consideran no aplicables. |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 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. | |
| **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. | |
| **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. | El proyecto no guarda relación con actividades de turismo educativo, ecoturismo y observación de aves, por lo que esta especificación no aplica. |
| **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. | La construcción del proyecto se llevará a cabo fuera de zonas con manglares y otros humedales, y su desarrollo no contempla la fragmentación de humedales. |
| **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 proyecto no guarda relación con la construcción de canales, por lo que esta especificación no es aplicable. |
| **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. | Dentro del Área del Proyecto no se localizan humedales, y no se considera paso de ganado, como tampoco de personas y vehículos sobre estos en áreas cercanas, por lo que esta especificación no aplica. |
| **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 se ubica en áreas de manglar, y no corresponde a actividades de restauración de manglar, pero se consideran las medidas adecuadas para prevenir y mitigar los impactos ambientales que pudiera general. |
| **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. | |
| **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 | El proyecto no contempla obra o actividad alguna dentro de áreas de manglar y/o que pudieran afectar las áreas cercanas con este tipo de vegetación. |

| Especificación | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| 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. | |
| **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 considera programas o proyectos de restauración de manglares. |
| **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. | Las actividades a realizar para la ejecución del proyecto no contemplan la restauración de humedales. |
| **4.40** Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros. | |
| **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. | |
| **4.42** Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros. | En el Capítulo IV de este DTU se incluye la descripción y análisis de la vegetación de manglar cercana al Área del Proyecto y presente en el SAR. |
| **4.43**[36] 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. | Considerando que la ubicación de las obras del proyecto no libra totalmente, la distancia mínima de 100 m a partir del límite de la vegetación de manglar cercana al Área del Proyecto, se plantea llevar a cabo actividades de limpieza en áreas de manglar dentro del ANP. |

III.5.2 . NOM-059-SEMARNAT-2010.[37] 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.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría

[36]Especificación que se adiciona, publicada en el DOF 07/05/2004
[37] Publicada en el DOF el 30 de diciembre de 2010

de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma. Para el proyecto se han identificado las normas que inciden en la regulación de dichas obras o actividades.

Durante la identificación de la flora y fauna existente en las áreas de estudio, mediante muestreos directos y dirigidos, se identificaron las siguientes especies de flora y fauna con alguna categoría de riesgo según el anexo normativo III de la Norma en comento:

**Tabla III.27.- Especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área de Estudio.**

| Forma Biológica | Nombre Científico | Nombre Común | Categoría | SAR | AP |
|---|---|---|---|---|---|
| **Árbol** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | A | X | |
| | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | A | X | |
| | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | A | X | |
| **Arbusto** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | A | X | X |

A= Amenazada

**Tabla III.28.- Especies de fauna silvestre registrados en campo bajo algún estatus de conservación. (NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr).**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ÁP | SAR |
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Pr | | X |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | A | | X |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | A | X | X |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Pr | X | X |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Pr | | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | A | X | X |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Pr | | X |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | A | | X |
| **Aves** | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | A | | X |
| | Laridae | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Pr | | X |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | P | | X |
| | Cathartidae | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Pr | | X |
| | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Pr | | X |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ÁP | SAR |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Pr | X | X |

Pr: Protección Especial, A: Amenazada, P: Peligro de extinción.

Para lo cual, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se implementarán acciones de rescate, manejo temporal y traslado de especies relevantes, de poca movilidad incluidas en esta Norma y que puedan encontrase en el sitio del proyecto. Además, se fomentará la educación ambiental encaminada a propiciar sensibilización de los trabajadores y residentes ante la fauna y flora local.

### III.5.3 . Otras Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) aplicables

**Tabla III.29.- Otras NOM´s aplicables**

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-001-SEMARNAT-2021**[38]<br>Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. | Para el manejo de los residuos líquidos (aguas residuales) del proyecto se implementará un Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL); durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se contratará un prestador de servicios autorizado para la renta de sanitarios portátiles; en cuanto a las aguas residuales generadas en las Casas Tipo durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, serán canalizadas mediante la red de drenaje a los Biodigestores para su tratamiento y reúso, y posteriormente a los pozos de absorción, tal y como se indica en el Capítulo II de este DTU, cumpliendo con los parámetros establecidos por esta NOM. |
| **NOM-003-CONAGUA-1996**[39]<br>Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación acuíferos. | Para el desarrollo del proyecto, se solicitarán los permisos correspondientes para la construcción de los pozos de extracción, y se considerarán los requisitos establecidos en estas NOM´s, con la finalidad de no contaminar y proteger los acuíferos. |
| **NOM-004-CONAGUA-1996**[40]<br>Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general. | |
| **NOM-041-SEMARNAT-2015**[41]<br>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los | El proyecto se ajustará esta NOM e instrumentos jurídicos en materia de emisiones a la atmósfera |

[38] DOF: 11/03/2022
[39] DOF: 03/02/1997
[40] DOF: 08/08/1997
[41] DOF: 10/06/2015

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. | durante todas sus etapas, implementando a su vez, las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir a la contaminación del aire, dado cumplimiento en todo momento a lo establecido en estas NOM´s, tal y como se describe en el Capítulo VII de este DTU. |
| **NOM-044-SEMARNAT-2017**[42]<br>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores. | |
| **NOM-054-SEMARNAT-1993**[43]<br>Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993[44]. | Durante todas las etapas del proyecto, los residuos serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos, mismos que serán manejados mediante los Subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos, considerando y cumpliendo todos los criterios que establecen estas NOM´s para su aplicación. |
| **NOM-052-SEMARNAT-2005**<br>Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. | |
| **NOM-161-SEMARNAT-2011**<br>Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. | |
| **NOM-162-SEMARNAT-2012**[45]<br>**Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.** | En el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional, no se identificaron playas de anidación de tortugas, pero de ser el caso que se presentaran individuos de estas especies, se procederá a tomar las medidas necesarias para su protección y conservación. |
| **NOM-080-SEMARNAT-1994**<br>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición. | Debido al funcionamiento de la maquinaria que realizará los trabajos correspondientes a las etapas de preparación y construcción, se producirán niveles de ruido que podrían afectar a los distintos elementos bióticos en el área del proyecto, sin embargo, se vigilará el cumplimiento de esta NOM, por lo que el contratista deberá demostrar que brinda un |

[42] DOF: 19/02/2018
[43] DOF: 22/oct/1993
[44] Actualmente NOM-052-SEMARNAT-2005.
[45] Publicada en el DOF el 01de febrero de 2013

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | mantenimiento periódico a la maquinaria, para evitar exceder los límites máximos permisibles de emisiones sonoras a la atmósfera. |

## III.6 . Planes o programas de desarrollo urbano (PDU)

No existe ningún Plan o Programa de desarrollo Urbano que regule el uso de suelo en el Área del Proyecto.

## III.7 . Otros instrumentos

### III.7.1 . Leyes y Reglamentos Estatales y Municipales

#### III.7.1.1 . Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.[46]

**Tabla III.30.- Disposiciones de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 7º.-** Son Ley Suprema en el Estado de Quintana Roo, las disposiciones que establezcan la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los Tratados Internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte y esta Constitución. Los ordenamientos que de ellas emanen forman la estructura jurídica de Quintana Roo. | El proyecto se ajustará a la política nacional y estatal, tratados internacionales, a las normas oficiales mexicanas e instrumentos jurídicos vigentes y aplicables durante todas sus etapas, implementando a su vez, las mejores técnicas y prácticas existentes con el fin de prevenir y reducir los posibles efectos adversos y que pudieran contribuir al ambiente para la ejecución del proyecto. |

#### III.1.1.1 . Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022[47]

El Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 establece un orden de la acción pública del gobierno en el corto, mediano y largo plazo; en su estructura se mantiene una relación estratégica entre ciudadanía y gobierno; está integrado por 5 Ejes rectores:

1. Desarrollo y Diversificación Económica con Oportunidades para Todos.
2. Gobernabilidad, Seguridad y Estado de Derecho.
3. Gobierno Moderno, Confiable y Cercano a la Gente.
4. Desarrollo Social y Combate a la Desigualdad.
5. Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad Ambiental.

Cada uno de estos ejes contiene un objetivo general con su respectiva estrategia; está integrado por programas estratégicos, estos a su vez poseen líneas de acción. A continuación, se vinculan los ejes que tienen relación con el proyecto.

[46] Publicada el 12 de enero de 1975 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado (POE), última reforma publicada en el POE el 16 de junio de 2022.
[47] Actualizado y publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado el 17 de enero de 2020.

**Tabla III.31.- Disposiciones del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022**

| Eje/Programa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **1. Desarrollo y Diversificación Económica con Oportunidades para Todos**; Quintana Roo requiere un desarrollo u crecimiento económico de manera sostenida, sustentable y regional, lo que contribuirá a reducir las asimetrías territoriales que afronta la entidad y permitirá a todos los quintanarroenses elevar su calidad de vida.<br>**Objetivo General**<br>Incrementar la competitividad, la innovación u la calidad del capital humano para consolidar el crecimiento y desarrollo económico de Quintana Roo de manera sostenible y sustentable.<br>**Estrategia General**<br>Impulsar a través de la vinculación con los sectores empresarial, educativo y social, el dinamismo de las regiones por medio de la diversificación de las actividades económicas que privilegien las vocaciones productivas con enfoque sustentable u de respeto a dos derechos laborales. | Si bien el PED es un instrumento que establece estrategias, objetivos y acciones a nivel estatal, cuya aplicación y cumplimiento es responsabilidad de las diferentes dependencias del Ejecutivo, con el desarrollo del proyecto, además de contribuir con la reactivación y crecimiento económico de la región, propiciará oportunidades laborales, trayendo bienestar a la población, por ello, la ejecución del proyecto es congruente con las políticas y estrategias establecidas en este Plan. |
| **5. Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad Ambiental**; Quintana Roo requiere de un espacio ordenado bajo una política de sustentabilidad; para ello es necesario articular estrategias integrales que protejan lo más valioso que tienen los quintanarroenses: su entorno natural; por este motivo es prioritario efectuar la regulación del ordenamiento y el control territorial de la entidad, impulsando un sistema de ciudades y comunidades rurales que potencialicen su valor cultural e histórico. Además, garantizar el respeto al medio ambiente y la preservación de los recursos naturales es condición indispensable para conformar un esquema de equilibrio territorial.<br>**Objetivo General**<br>Orientar, bajo una política de sustentabilidad, el ordenamiento y control territoriales de la entidad, impulsando un sistema de ciudades y comunidades rurales que potencialicen su valor natural, cultural e histórico, además de garantizar el respeto al medio ambiente y la preservación de los recursos naturales en un esquema de equilibrio territorial.<br>**Estrategia General**<br>Impulsar un modelo de crecimiento urbano sustentable que considere la vocación turística, las políticas federales y los criterios internacionales de desarrollo humano, así como la dotación de infraestructura y de los equipamientos necesarios, los servicios públicos de calidad y el adecuado manejo de los recursos naturales. | El objetivo principal del proyecto es llevar a cabo la construcción y operación de 8 Casas habitacionales sustentables, de bajo impacto, considerando que este DTU contempla programas de rescate y reubicación de flora y fauna con la finalidad de conservar los ecosistemas y evitar la afectación a la biodiversidad de la zona, de esta manera se relaciona con la potencialización y respeto del valor natural que tiene el Área del Proyecto, por lo que la ejecución del proyecto es congruente con las estrategias establecidas en este plan. |

### III.7.1.2 . Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado (LEEPA)[48]

**Tabla III.32.- Disposiciones de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado (LEEPA)**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 1º**.- La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, y regular las acciones tendentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como las de protección del ambiente del Estado de Quintana Roo, de acuerdo a las siguientes bases:<br>I.- Garantizar el derecho de toda persona, dentro del territorio del Estado de Quintana Roo, a vivir en un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, y establecer las acciones necesarias para exigir y conservar tal derecho; (…)<br>IV.- Establecer el derecho y la obligación corresponsable de las personas dentro del territorio del Estado, en forma individual o colectiva, para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, el desarrollo sustentable y la protección al ambiente; | El proyecto cumplirá con lo dispuesto en esta Ley en caso de requerirse alguna autorización en materia ambiental para su ejecución, que sea competencia Estatal. Asimismo, tal y como se indicó previamente en este Capítulo, el proyecto se plantea como una obra sustentable en todas sus etapas. |

### III.7.1.3 . Ley para la Prevención y la Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo (LEPEGECIR)[49]

**Tabla III.33.- Disposiciones de la Ley para la Prevención y la Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo (LEPEGECIR)**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 1.** Las disposiciones contenidas en la presente Ley son de orden público y observancia obligatoria en todo el territorio y zonas de exclusión del Estado de Quintana Roo, para definir la política pública, los instrumentos de gestión y control ambiental, las infracciones, señalando las competencias del Estado y los Municipios en el marco de los principios y derechos consagrados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en los Tratados Internacionales de los que el Estado mexicano sea parte. | Durante el desarrollo del proyecto se realizará un manejo adecuado de los diferentes tipos de residuos que se generen en todas sus etapas, a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos, mismos que serán manejados mediante los Subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos, cumpliendo con lo dispuesto en esta Ley en lo conducente a los residuos que son competencia Estatal. |
| **Artículo 2.** Esta ley tiene por objeto:<br>a) Regular la gestión integral de los residuos con un enfoque de economía circular y ciclo de vida.<br>b) Fomentar la sustitución por productos retornables, así como la prohibición de aquellos productos que causan un impacto ambiental considerable en el Estado de forma programada y gradual. | |

[48] Publicada el 29 de junio de 2001 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, última reforma publicada en el POE el 28 de abril de 2022.
[49] Publicada el 18 de junio del 2019 en el Periódico Oficial del Estado, última reforma publicada en el POE el 21 de julio de 2022.

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| c) El manejo integral de los Residuos Sólidos Urbanos, Biorresiduos, Residuos de Manejo Especial, y Residuos Peligrosos de competencia local.<br>d) La prevención y evaluación ambiental de sitios de disposición final de residuos.<br>e) La valorización de residuos, principio de responsabilidad compartida y extendida de los distintos sectores. | |

### III.7.1.4 . Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo[50]

**Tabla III.34.- Disposiciones de la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 1.** La presente Ley es de orden público e interés general, sus disposiciones son de observancia obligatoria en todo el Estado de Quintana Roo y tiene por objeto:<br>I. Garantizar el derecho humano a un medio ambiente sano mediante la formulación, conducción y evaluación de la Política Estatal en materia de cambio climático;<br>II. Regular las acciones para un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero, a fin de alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de los mismos, y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono;<br>III. Reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del Estado, así como aumentar la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático;<br>IV. Establecer la competencia del Estado y de los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, así como la coordinación que éstos tendrán con la Federación en el cumplimiento de acciones relativas a la atención del Cambio Climático;<br>V. Prevenir y controlar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de origen antrópico que no sean de competencia federal;<br>VI. Promover la participación de los sectores público y privado en el cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas;<br>VII. Establecer las bases y lineamientos para la elaboración del Programa Estatal de Cambio Climático, la integración del Registro Estatal de Emisiones y el funcionamiento del Sistema de Medición, Reporte y Verificación-Monitoreo y Evaluación como herramientas de implementación de la Política Estatal en materia de cambio climático, y<br>VIII. Asistir y promover el desarrollo de estrategias de mitigación y reducción de gases de efecto invernadero en el Estado, a fin de contribuir con la Federación al cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos en materia de cambio climático. (…) | Como se ha mencionado previamente en este Capítulo, desde el diseño del proyecto y durante todo su desarrollo, se adoptarán las medidas necesarias para hacer frente a los efectos del cambio climático, cumpliendo así con lo dispuesto en esta Ley. |

[50] Publicada el 29 de marzo de 2012 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, última reforma publicada en el POE el 5 de agosto de 2022.

### III.7.1.5 . Ley para el Fomento de la Cultura del Cuidado del Agua en el Estado de Quintana Roo (LFCCA)[51]

La Ley de la Cultura del Agua del Estado de Quintana Roo es de orden público, beneficio social y observancia general.

**Tabla III.35.- Disposiciones de la Ley para el Fomento de la Cultura del Cuidado del Agua en el Estado de Quintana Roo (LFCCA).**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 2.** Las disposiciones de esta ley tienen como objeto establecer una Cultura del Agua que fomente el uso racional de este recurso natural indispensable para la vida, por parte de la población en general, empresas e instituciones sociales, públicas y privadas en el Estado de Quintana Roo. | En el desarrollo del proyecto se promoverá un uso racional del agua durante todas sus etapas, cuidando que se aproveche de forma eficiente, por lo que la ejecución del proyecto se considera jurídicamente viable, dando cumplimiento a esta ley |

### III.7.1.6 . Ley para el Fomento y Aprovechamiento de las Fuentes de Energías Renovables en el Estado de Quintana Roo (LFAFER)[52]

**Tabla III.36.- Disposiciones de la Ley para el Fomento y Aprovechamiento de las Fuentes de Energías Renovables en el Estado de Quintana Roo (LFAFER)**

| Especie | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 1**. La presente ley es de orden público e interés social y tiene por objeto:<br>I. Fomentar el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, y el uso de tecnologías limpias, la eficiencia y la suficiencia energética en el Estado y los Municipios como instrumento de promoción del desarrollo sustentable, la innovación, el desarrollo tecnológico, la competitividad económica, la mejora de la calidad de vida y la protección y preservación del medio ambiente;<br>(…) | El proyecto tiene como uno de sus objetivos, satisfacer las necesidades y demandas de energías y uso eficiente de la mismas, a través de la transformación de recursos renovables (energía solar y eólica), por lo que se da cumplimiento a la presente ley.<br><br>Específicamente, el proyecto considera la instalación de aerogeneradores y de un campo de celdas fotovoltáicas, para dotar de energía eléctrica al desarrollo durante su etapa de operación, fomentando así el uso de fuentes alternativas de energía. |

[51] Publicada el 6 de septiembre de 2013 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, última reforma publicada en el POE el 16 de julio de 2021.
[52] Publicada el 23 de diciembre de 2014 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, última reforma publicada en el POE el 16 de julio de 2021.

### III.7.1.7 . Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Tulum 2021-2024[53]

El Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Tulum 2021-2024 tiene como base la Agenda de Desarrollo 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde desde 2019 México cuenta con una estrategia nacional para alcanzar dichos objetivos mediante el Plan Nacional de Desarrollo, además se encuentra alineado al Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Quintana Roo 2016-2022. Formando así un plan de trabajo sólido entre los 3 órdenes de gobierno y que responda a las verdaderas necesidades de este municipio con una visión de desarrollo global.

Los ejes rectores son: 1. Tranquilidad para ti y tu Familia, 2. Unidos Podemos, 3. Limpio y Mágico, 4. Un Gobierno de todos, Útil para ti, y 5. Municipio de todos, Próspero y Ordenado. Cada eje rector con sus respectivas líneas estratégicas que serán la guía y base del que hacer administrativo.

**Tabla III.37.- Disposiciones del Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Tulum 2021-2024**

| Eje/Programa | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **EJE3: Limpio y Mágico**.<br>**Objetivo General**: Vigilar que la sociedad Tulumnense conviva en armonía con el medio ambiente, donde las actividades económicas y sociales respeten la naturaleza y de esta forma se garantice la sustentabilidad de dichos recursos.<br>**Estrategia General**: Aplicar la normatividad en materia ambiental aplicable a los actos que afecten el medio ambiente dentro del territorio del municipio. | El proyecto pretende ser un desarrollo sustentable durante todas sus etapas, para lo cual se considera el uso de energías renovables, ecotecnias y la aplicación de otras medidas que permitan proteger al medio ambiente de los impactos que pueda causar su ejecución, así como para el desarrollo económico y social la implementación de empleos temporales y permanentes que beneficien la economía de la población local. |

### III.7.1.8 . Reglamento de Construcción para el Municipio de Tulum, Quintana Roo[54]

Este reglamento es de orden público e interés social el cumplimiento y observancia de las disposiciones de este Reglamento, de sus normas técnicas complementarias y establece las directrices para el cumplimiento de las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables en materia de Desarrollo Urbano, Planificación, Seguridad, Estabilidad e Higiene, que regirán las construcciones respetando las limitaciones y modalidades impuestas al uso de los predios, tanto en materia de suelo como de ocupación y restricciones aplicables a las edificaciones de propiedad pública o privada decretadas en los Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población, Programas Parciales o Sectoriales y las declaratorias de uso del suelo correspondientes tal como se estipula en el artículo 1º

[53] Publicado el 26 de febrero de 2022 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado
[54] Publicado el 24 de junio de 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estadol

**Tabla III.38.- Disposiciones DEL Reglamento de Construcción para el Municipio de Tulum, Quintana Roo.**

| Artículo | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 86.-** Se considera proyecto arquitectónico al conjunto de documentos relativos al diseño de espacios para la realización de las diversas actividades públicas o privadas, sean estas, sociales, de trabajo, esparcimiento, recreación, comercio, hospedaje, administración, estacionamiento, vivienda, etc. A nivel de lote, condominio, fraccionamiento, colonia, parques, jardines, centros turísticos o centros urbanos, debiendo respetar y contener la información precisa tomada de los elementos normativos que regulan el crecimiento y desarrollo urbano. La Dirección evaluara las características del proyecto arquitectónico y su congruencia con la normatividad vigente en materia de planeación y desarrollo urbano, los edificios y los lugares en que éstos puedan autorizarse según sus diferentes clases y usos de acuerdo a lo determinado en el Capítulo III, del Título Segundo denominado "Constancia de Uso del Suelo" de este Reglamento, a los Programas Regionales, Planes y Programas, Parciales o Sectoriales de Desarrollo Urbano. Así mismo, la Dirección aprobará o rechazará los proyectos arquitectónicos de acuerdo a la normatividad vigente. | El proyecto consiste en la construcción y operación de 8 Casas unifamiliares, por lo que el promovente solicitará las autorizaciones necesarias en su momento ante la autoridad competente a nivel Municipal. |

## III.8 . Otras áreas de interés ambiental

El Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad.

Para ello, se han considerado los ámbitos terrestre (regiones terrestres prioritarias, RTP), marino (regiones marinas prioritarias, RPM), acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias, RHP) y Áreas de importancia para la conservación de las Aves (AICAS), definiéndose las áreas de mayor relevancia en cuanto a la riqueza de especies, presencia de organismos endémicos y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquéllas con mayores posibilidades de conservación en función a aspectos sociales, económicos y ecológicos.

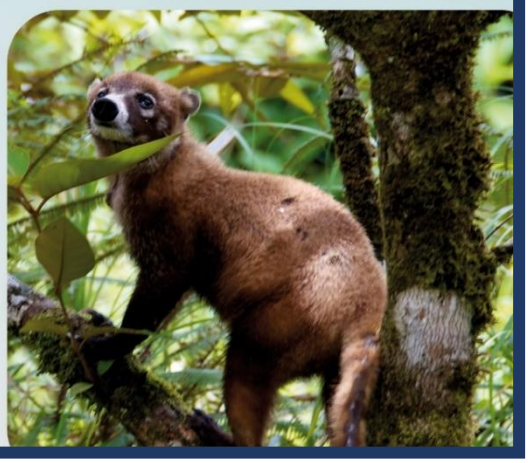
El área del proyecto incide en la Región Terrestre Prioritaria (RTP) 147. Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak, en la Región Marina Prioritaria (RMP) 65. Sian Ka'an, en la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 108. Sian Ka'an, así como en el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) 179. Sian Ka'an, cuyos polígonos coinciden en gran parte con el de la citada ANP. Esta información se detalla en el Capítulo II de este DTU.

# CAPÍTULO IV



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. ..... IV-1

IV.1 . Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto ..... IV-1

IV.1.1 . Definición del Sistema Ambiental Regional (SAR) y objeto de su delimitación ... IV-1

IV.2 . Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR) ..... IV-2

IV.2.1 . Delimitación del Sistema Ambiental Regional ..... IV-2

IV.2.2 . Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR ..... IV-9

IV.3 Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto ..... IV-189

IV.3.1 Provisión de agua en calidad y cantidad ..... IV-190

IV.3.2 Captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales ..... IV-193

IV.3.3 Generación de oxígeno ..... IV-200

IV.3.4 Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida ..... IV-201

IV.3.5 El amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales y la modulación o regulación climática. ..... IV-203

IV.3.6 Protección y recuperación de suelos ..... IV-203

IV.3.7 Paisaje y recreación ..... IV-204

IV.3.8 Conclusión ..... IV-205

IV.4 Diagnóstico ambiental ..... IV-205

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1.- Imágenes satelitales de Google Earth del SAR del proyecto de los años: A) 2003, B) 2004, C) 2010, D) 2019, E) 2023. ..... IV-10

Tabla IV.2.- Temperatura mensual de la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010. ..... IV-12

Tabla IV.3.- Precipitación mensual (mm) en la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010. ..... IV-13

Tabla IV.4.- Fases de los ciclones tropicales de acuerdo con la velocidad de su Viento Máximo Sostenido en superficie (VMS). ..... IV-15

Tabla IV.5.- Escala Saffir-Simpson. ..... IV-16

Tabla IV.6.- Sistemas tropicales por año, punto de entrada, categoría de entrada, presión y vientos máximos. ....IV-17
Tabla IV.7.- Geomorfología del municipio de Tulum, Quintana Roo. ....IV-19
Tabla IV.8.- Volcanes activos en la región sureste de México y norte de Centroamérica y su distancia en kilómetros al municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. ....IV-24
Tabla IV.9.- Tipos de suelo de la región y su grado de vulnerabilidad (Índice de erodabilidad). ....IV-27
Tabla IV.10.- Disponibilidad de agua del acuífero Península de Yucatán. ....IV-33
Tabla IV.11.- Superficies de uso de suelo y vegetación en el municipio de Tulum. ....IV-39
Tabla IV.12.- Usos de suelo y vegetación en el SAR ....IV-41
Tabla IV.13.- Usos de suelo y vegetación en el SAR. ....IV-42
Tabla IV.14.- Usos de Suelo y Vegetación en el Área del Proyecto. ....IV-44
Tabla IV.15.- Especies de flora silvestre de distribución potencial en el SAR y Área del Proyecto. ....IV-49
Tabla IV.16.- Especies potenciales en el SAR listadas en la NOM-059 SEMARNAT-2010. ....IV-54
Tabla IV.17.- Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre. ....IV-55
Tabla IV.18.- Categorías de diversidad de Margalef* ....IV-65
Tabla IV.19.- Categorías de diversidad de Simpson*. ....IV-66
Tabla IV.20.- Categorías de diversidad de Shannon*. ....IV-67
Tabla IV.21.- Número de especies por sitio de muestreo para Manglar del SAR ....IV-69
Tabla IV.22.- Número de especies por sitio de muestreo registradas en Pastizal Inducido del SAR. ....IV-69
Tabla IV.23.- Número de especies por sitio de muestreo en Dunas Costeras del SAR ....IV-70
Tabla IV.24.- Número de especies por sitio de muestreo de selva con palmar de Chit en el SAR ....IV-71
Tabla IV.25.- Número de especies por sitio de muestreo en el Área del Proyecto ....IV-72
Tabla IV.26.- Abundancia total de las especies de flora silvestre en el SAR. ....IV-77
Tabla IV.27.- Abundancia de individuos en la selva con palmar de Chit del SAR. ....IV-79
Tabla IV.28.- Abundancia de individuos en el Manglar del SAR. ....IV-80
Tabla IV.29.- Abundancia de individuos en el Pastizal Inducido ....IV-81
Tabla IV.30.- Abundancia de individuos en Vegetación de Dunas Costeras del SAR. ....IV-82
Tabla IV.31.- Abundancia por especie del Área del Proyecto. ....IV-83
Tabla IV.32.- Abundancia de individuos en Selva con palmar de chit del Área del Proyecto ....IV-84
Tabla IV.33.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del SAR. ....IV-86
Tabla IV.34.- Índice de Simpson para el estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR. ....IV-86
Tabla IV.35.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo del Manglar del SAR ....IV-87
Tabla IV.36.- Índice de Simpson para el estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR ....IV-87
Tabla IV.37.- Índice de Simpson para el estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR. ....IV-88
Tabla IV.38.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. ....IV-88
Tabla IV.39.- Índice de Simpson para el estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. ....IV-89
Tabla IV.40.- Índice de Shannon del estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del SAR ....IV-89
Tabla IV.41.- Índice de Shannon del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR. ....IV-90
Tabla IV.42.- Índice de Shannon del estrato arbóreo del manglar del SAR. ....IV-90
Tabla IV.43.- Índice de Shannon del estrato herbáceo del pastizal Inducido del SAR. ....IV-90

Tabla IV.44.- Índice de Shannon del estrato herbáceo de la vegetación de dunas costeras del SAR. .IV-91
Tabla IV.45.- Índice de Shannon del estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. .....IV-91
Tabla IV.46.- Índice de Shannon del estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. .....IV-92
Tabla IV.47.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del SAR. .....IV-92
Tabla IV.48.- Cálculo del IVI del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR. .....IV-93
Tabla IV.49.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo del manglar del SAR. .....IV-93
Tabla IV.50.- Cálculo del IVI del estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR. .....IV-93
Tabla IV.51.- Cálculo del IVI del estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR. .....IV-94
Tabla IV.52.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. ..IV-94
Tabla 53.- Cálculo del IVI del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del Área del Proyecto. ....IV-95
Tabla IV.54.- Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área de Estudio. .....IV-95
Tabla IV.55.- Comparativa de diversidad y abundancia del Estrato Arbóreo de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto. .....IV-96
Tabla IV.56.- Comparativa de diversidad y abundancia del Estrato Arbustivo de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto .....IV-98
Tabla IV.57.- Especies definidas para proteger y conservar .....IV-99
Tabla IV.58.- Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de fauna (Coordenadas UTM, zona 16N). .....IV-102
Tabla IV.59.- Listado de especies potenciales bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. .....IV-116
Tabla IV.60.- Listado de especies potenciales endémicas. .....IV-117
Tabla IV.61.- Especies potenciales listadas en alguno de los apéndices de CITES. .....IV-118
Tabla IV.62.- Especies potenciales bajo algún estatus de conservación. .....IV-119
Tabla IV.63- Herpetofauna registrada en campo. .....IV-121
Tabla IV.64.- Aves registradas en campo. .....IV-125
Tabla IV.65.- Mamíferos registrados en campo. .....IV-134
Tabla IV.66.- Especies registrados en campo bajo algún estatus de conservación. (NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr). .....IV-136
Tabla IV.67.- Especies endémicas registradas en campo. .....IV-137
Tabla IV.68.- Especies registrados en campo enlistadas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2023) .....IV-138
Tabla IV.69. Especies registradas en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la UICN 2023. UICN: Casi Amenazada (NT). .....IV-138
Tabla IV.70.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef generales. ...IV-152
Tabla IV.71.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef por grupo faunístico para el SAR. .....IV-153
Tabla IV.72.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef por grupo faunístico para el Área del Proyecto. .....IV-153
Tabla IV.73. Índice de similitud Jaccard para los diferentes puntos de muestreo. .....IV-154
Tabla IV.74.- Especies de vertebrados terrestres exóticos registrados en el área de estudio. .....IV-156

Tabla IV.75.- Especies autorizadas por la SEMARNAT (Temporada 2021-2022) para su aprovechamiento cinegético para el estado de Quintana Roo y que se distribuyen en el área de estudio. .....IV-156
Tabla IV.76.- Pirámide poblacional del municipio de Tulum por rangos de edad, 2010. .....IV-160
Tabla IV.77.- Pirámide poblacional del municipio de Tulum por rangos de edad, 2020. .....IV-161
Tabla IV.78.- Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Tulum. ..IV-164
Tabla IV.79.- Ingreso total y Unidades Económicas según sector económico en 2019 para el municipio de Tulum. .....IV-171
Tabla IV.80.- Índice y grado de marginación a nivel municipal, 2020. .....IV-172
Tabla IV.81.- Indicadores sociodemográficos de educación a nivel municipal, 2020. .....IV-173
Tabla IV.82.- Indicadores sociodemográficos de vivienda a nivel municipal. .....IV-174
Tabla IV.83.- Inventario de sus componentes geólogo-geomorfológico, hidro-climático y biótico .....IV-182
Tabla IV.84.- Resultados obtenidos en el Balance Hídrico en los escenarios planteados. .....IV-192
Tabla IV.85.- Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México ($tCO_2e$/ha). .....IV-194
Tabla IV.86.- Ecuaciones alométricas usadas para determinar la biomasa del área de CUSTF. .....IV-195
Tabla IV.87.- Biomasa y carbono almacenado en el área de CUSTF .....IV-196
Tabla IV.88.- Biomasa y carbono almacenado en biomasa subterránea del Área de CUSTF. .....IV-197
Tabla IV.89.- Contenido de carbono almacenado por hectárea en la vegetación forestal del área de CUSTF. .....IV-197
Tabla IV.90.- Contenido de carbono en el área de CUSTF en las condiciones actuales. .....IV-198
Tabla IV.91.- Contenido de carbono en el área de CUSTF con la ejecución del Proyecto .....IV-198
Tabla IV.92.- Contenido de carbono en cada escenario .....IV-198
Tabla IV.93.- Contenido de carbono estimado a capturar en el área a reforestar .....IV-199
Tabla IV.94.- Contenido de carbono estimado en el área a reforestar (2.568 ha) .....IV-199
Tabla IV.95.- Contenido de oxígeno estimado en el área a reforestar (2.568 ha) .....IV-201

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1.- Gráfico de la temperatura mensual de la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010. .....IV-13
Figura IV.2.- Gráfica de precipitación mensual (mm) en la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010. .....IV-14
Figura IV.3.- Vista general de los Cuerpos de Agua. .....IV-48
Figura IV.4.- Forma y Tamaño de los sitios de muestreo. .....IV-58
Figura IV.5.- Forma y Tamaño de los sitios de muestreo de tamaño 100 $m^2$ .....IV-58
Figura IV.7.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo del Manglar del SAR. .....IV-73
Figura IV.8.- Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR. IV-74
Figura IV.9.- Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR .....IV-74
Figura IV.10.- Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR .....IV-75

Figura IV.11.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de la selva con palmar en el SAR. .....IV-75
Figura IV.12.- Curva de acumulación del estrato arbustivo especies de la selva con palmar en el SAR. .IV-76
Figura IV.13.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de selva con Palmar de Chit en el Área del Proyecto. .....IV-76
Figura IV.14.- Curva de acumulación del estrato arbustivo especies del del Palmar en el Área del Proyecto. .....IV-77
Figura IV.15.- Representación gráfica de la abundancia por especie en el SAR. .....IV-78
Figura IV.16.- Abundancia de individuos en la selva con palmar de Chit del SAR. .....IV-80
Figura IV.17.- Abundancia de individuos en el Manglar del SAR. .....IV-81
Figura IV.18.- Abundancia de individuos en el Pastizal Inducido del SAR. .....IV-81
Figura IV.19.- Abundancia de individuos en Vegetación de Dunas Costeras del SAR. .....IV-82
Figura IV.20.- Representación gráfica de la abundancia de las especies en el Área del Proyecto. .....IV-83
Figura IV.21.- Abundancia de individuos en Palmar de Chit del Área del Proyecto .....IV-84
Figura IV.22.- Comparación de Riqueza de especies de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto.....IV-96
Figura IV.23.- Número de especies potenciales de fauna silvestre para el estado de Quintana Roo y para el SAR.....IV-115
Figura IV.24.- Número de especies de fauna silvestre potenciales en el Sistema Ambiental Regional bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, en CITES y UICN. .....IV-116
Figura IV.25.- Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo. .....IV-120
Figura IV.26.- Número de especies de fauna silvestre registrada en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, especies en CITES y especies en la lista roja de la UICN. .....IV-121
Figura IV.27.- Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo. .....IV-136
Figura IV.28.- Curva de acumulación de especies de la herpetofauna registrada en el SAR. .....IV-140
Figura IV.29.- Curva de acumulación de especies de las aves registradas en el SAR. .....IV-141
Figura IV.30.- Curva de acumulación de especies de los mamíferos registradas en el SAR. .....IV-141
Figura IV.31.- Curva de acumulación de especies de la herpetofauna registrada en el Área del Proyecto. .....IV-142
Figura IV.32.- Curva de acumulación de especies de las aves registradas en el Área del Proyecto...IV-143
Figura IV.33.- Curva de acumulación de especies de los mamíferos registradas en el Área del Proyecto. .....IV-143
Figura IV.34.- Porcentaje de las categorías de abundancia relativa. .....IV-144
Figura IV.35.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en campo. .....IV-145
Figura IV.36.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el SAR. .....IV-145

Figura IV.37.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área del Proyecto. ..... IV-146
Figura IV.38.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de raras en el SAR y Área del Proyecto. ..... IV-148
Figura IV.39.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de frecuente en el SAR y Área del Proyecto. ..... IV-149
Figura IV.40.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de común en el SAR y Área del Proyecto. ..... IV-149
Figura IV.41.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de abundantes en el SAR y Área del Proyecto. ..... IV-150
Figura IV.42.- Distribución de especies de fauna silvestre registrada en campo. ..... IV-151
Figura IV.43.- Dendograma de similitud de especies de fauna silvestre por punto de muestreo, de acuerdo con el Índice de similitud Jaccard. ..... IV-155
Figura IV.44.- Pirámide poblacional total de Tulum. ..... IV-162
Figura IV.45.- Población inmigrante en el municipio de Tulum según país de origen ..... IV-163
Figura IV.46.- Principales causas de inmigración a Tulum ..... IV-163
Figura IV.47.- Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Tulum. ..... IV-164
Figura IV.48.- Porcentaje de población total de Quintana Roo por religión en 2010 y 2020. ..... IV-167
Figura IV.49.- Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020). ..... IV-168
Figura IV.50.- Discapacidades por tipo de actividad en la población de Tulum. ..... IV-168
Figura IV.51.- Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Tulum (distribución de la población total). ..... IV-169
Figura IV.52.- Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020. ..... IV-170
Figura IV.53.- Esquema integral de componentes naturales ..... IV-179

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa IV.1.- Delimitación del SAR, límite Este. ..... IV-4
Mapa IV.2.- Delimitación del SAR, límites Este y Sur. ..... IV-5
Mapa IV.3.- Delimitación del SAR, límites Este, Sur y Oeste. ..... IV-6
Mapa IV.4.- Delimitación del SAR, límites Este, Sur, Oeste y Norte. ..... IV-7
Mapa IV.5.- Sistema Ambiental Regional. ..... IV-8
Mapa IV.6.- Tipos de clima en el Sistema Ambiental Regional. ..... IV-12
Mapa IV.7.- Grado de peligro por sequía por municipio. ..... IV-15
Mapa IV.8.- Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales por municipio. ..... IV-19
Mapa IV.9.- Geomorfología del Sistema Ambiental Regional. ..... IV-20
Mapa IV.10 Geología en el Sistema Ambiental Regional. ..... IV-22
Mapa IV.11.- Geología del SAR. ..... IV-23
Mapa IV.12.- Fallas y Zonas de fracturas en el Sistema Ambiental Regional. ..... IV-24
Mapa IV.13.- Zonas sísmicas de México. ..... IV-26

Mapa IV.14.- Edafología en el Sistema Ambiental Regional. ....IV-27
Mapa IV.15.- Cuencas de la Región Hidrológica Yucatán Este. ....IV-30
Mapa IV.16.- Subcuencas que conforman a la Región Hidrológica Yucatán Este. ....IV-31
Mapa IV.17.- Hidrología superficial en el Sistema Ambiental Regional. ....IV-32
Mapa IV.18.- Hidrología subterránea en el Sistema Ambiental Regional. ....IV-34
Mapa IV.19.- Provincias Florísticas de Rzedowski en el SAR ....IV-36
Mapa IV.20.- Usos de suelo y vegetación del estado de Quintana Roo. ....IV-38
Mapa IV.21.- Usos de suelo y vegetación en el municipio de Tulum (INEGI, 2015) ....IV-39
Mapa IV.22.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR. ....IV-40
Mapa IV.23.- Usos de suelo y vegetación en el SAR ....IV-41
Mapa IV.24.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR. ....IV-42
Mapa IV.25.- Usos de suelo y vegetación en el Área del Proyecto. ....IV-43
Mapa IV.26.- Sitios de muestreo en el SAR y AP ....IV-55
Mapa IV.27.- Provincia Biótica donde incide el Sistema Ambiental Regional. ....IV-100
Mapa IV.28.- Ubicación de los sitios de muestreo de fauna. ....IV-103
Mapa IV.29.- Ubicación de las redes de niebla. ....IV-105
Mapa IV.30.- Ubicación de las trampas Sherman. ....IV-106
Mapa IV.31.- Ubicación de las cámaras trampa. ....IV-107
Mapa IV.32.- Paisajes naturales bajo el contexto geográfico del SAR. ....IV-181
Mapa IV.33.- Paisajes naturales bajo contexto geográfico del Área del Proyecto. ....IV-182
Mapa IV.34.- Visibilidad de los paisajes naturales. ....IV-187
Mapa IV.35.- Calidad paisajística ....IV-188
Mapa IV.36.- Fragilidad de los paisajes naturales. ....IV-189
Mapa IV.37.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR y AP. ....IV-207

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía IV.1.- Vista general de la vegetación de Manglar en el SAR. ....IV-45
Fotografía IV.2.- Vista general del Pastizal Inducido en el SAR. ....IV-46
Fotografía IV.3.- Vista de la Vegetación de Dunas Costeras en el SAR. ....IV-46
Fotografía IV.4.- Vista general de la vegetación de selva con palma Chit (huano de la costa). ....IV-47
Fotografía IV.5.- Vista general de las áreas sin cobertura vegetal en el SAR. ....IV-48
Fotografía IV.6.- Registro de coordenadas UTM de los vértices de cada sitio de muestreo. ....IV-59
Fotografía IV.7.- Delimitación del sitio de muestreo en campo. ....IV-59
Fotografía IV.8.- Diámetro normal y numeración de cada individuo ....IV-60
Fotografía IV.9.- Vista general de la vegetación de Selva con palma Chit (huano de la costa) ....IV-61
Fotografía IV.10.- Ejemplos del trabajo de campo realizado. ....IV-110
Fotografía IV.11.- Herpetofauna registrada en campo. ....IV-125
Fotografía IV.12.- Aves registradas en campo. ....IV-133
Fotografía IV.13.- Mamíferos registrados en campo ....IV-135

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

## IV.1 . Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto

La delimitación del área de estudio se basa en una expresión objetiva, inventariable y cartografiable de los ecosistemas que se ubican en el Área del Proyecto y se realiza de forma congruente con la representación gráfica regional descrita en el Capítulo II del presente documento.

### IV.1.1 . Definición del Sistema Ambiental Regional (SAR) y objeto de su delimitación

El concepto de Sistema Ambiental Regional (SAR) puede tener diversas connotaciones, sin embargo, desde el punto de vista ambiental, éste puede definirse como "*El espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales*".

Este Sistema debe delimitarse de conformidad con lo que dispone el artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, como parte del contenido de las Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, y su delimitación es importante para que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) evalúe dichas manifestaciones de impacto ambiental de conformidad con el artículo 44 del mismo Reglamento.

Para efecto de la delimitación del sistema existen diversos criterios y metodologías aplicadas tales como:

1. Por ecosistemas homogéneos.
2. Por zonificaciones de instrumentos de política ambiental (Unidades de Gestión Ambiental UGA's) en caso de que existan programas Estatales, Regionales y/o Locales de ordenamiento ecológico, así como de Áreas Naturales Protegidas.
3. Por los límites de usos del suelo existentes y el avance de fronteras de perturbación antrópica.
4. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.
5. Por el alcance del efecto de un impacto ambiental significativo o relevante.

La delimitación tiene por objeto definir un espacio finito que sea concordante con la dimensión del proyecto que se valora, sobre el cual sea posible realizar una descripción clara y fiel de los elementos del Sistema Ambiental, incluyendo el componente humano como eje en el cual se consideran aspectos culturales, económicos y sociales bajo la visión que son éstos los rectores de las transformaciones que ocurren en el medio a una escala de tiempo ecológica que, por su amplitud concuerda con una visión histórica de los cambios observables en el medio.

El realizar una delimitación del SAR permite identificar y enunciar problemas ambientales asociados a su evolución, como medio que acoge un proyecto, así como determinar tendencias de deterioro regional que no necesariamente se ligan a las intervenciones que se plantean y estudian.

Existen distintos ejercicios de regionalización y delimitación de sistemas ambientales basados en unidades de vegetación o paisaje, heterogeneidad ecosistémica, e incluso en interacciones ecológicas.

## IV.2 . Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR)

### IV.2.1 . Delimitación del Sistema Ambiental Regional

Si bien hay acepciones que establecen que los ecosistemas carecen de límites definidos y que, por lo tanto, se conforman sistemas continuos sin fronteras, ni soporte espacial definido, con referencia a la escala de las actividades y transformaciones humanas del medio natural; para el caso del presente proyecto, el SAR se definió considerando la naturaleza del proyecto **Rancho San Juan** y el tipo de ecosistemas sobre los que incide, en este caso, de tipo terrestre. El método empleado se basó en la elaboración de un Sistema de Información Geográfico (SIG) base, proyectado en coordenadas de la UTM Z16N, conteniendo los conjuntos vectoriales de INEGI escala 1:1,000,000 correspondiente al Estado de Quintana Roo. A este SIG base se le incorporaron diferentes capas de información de carácter ambiental.

Asimismo, la delimitación del Sistema Ambiental Regional implicó la realización de diversos ejercicios los cuales se describen a continuación:

- Ortomosaico realizado mediante la toma de 1,900 fotos aéreas perpendiculares mediante aeronave no tripulada a 100 metros de altura y procesamiento de ellas mediante pix4d, obteniendo un ortomosaico en tiempo real.
- Delimitación física de las líneas de costa tanto de la laguna como del mar mediante análisis de cluster utilizando puntos de control en sitio.
- Límites físicos como brechas o caminos ya existentes como barreras físicas.

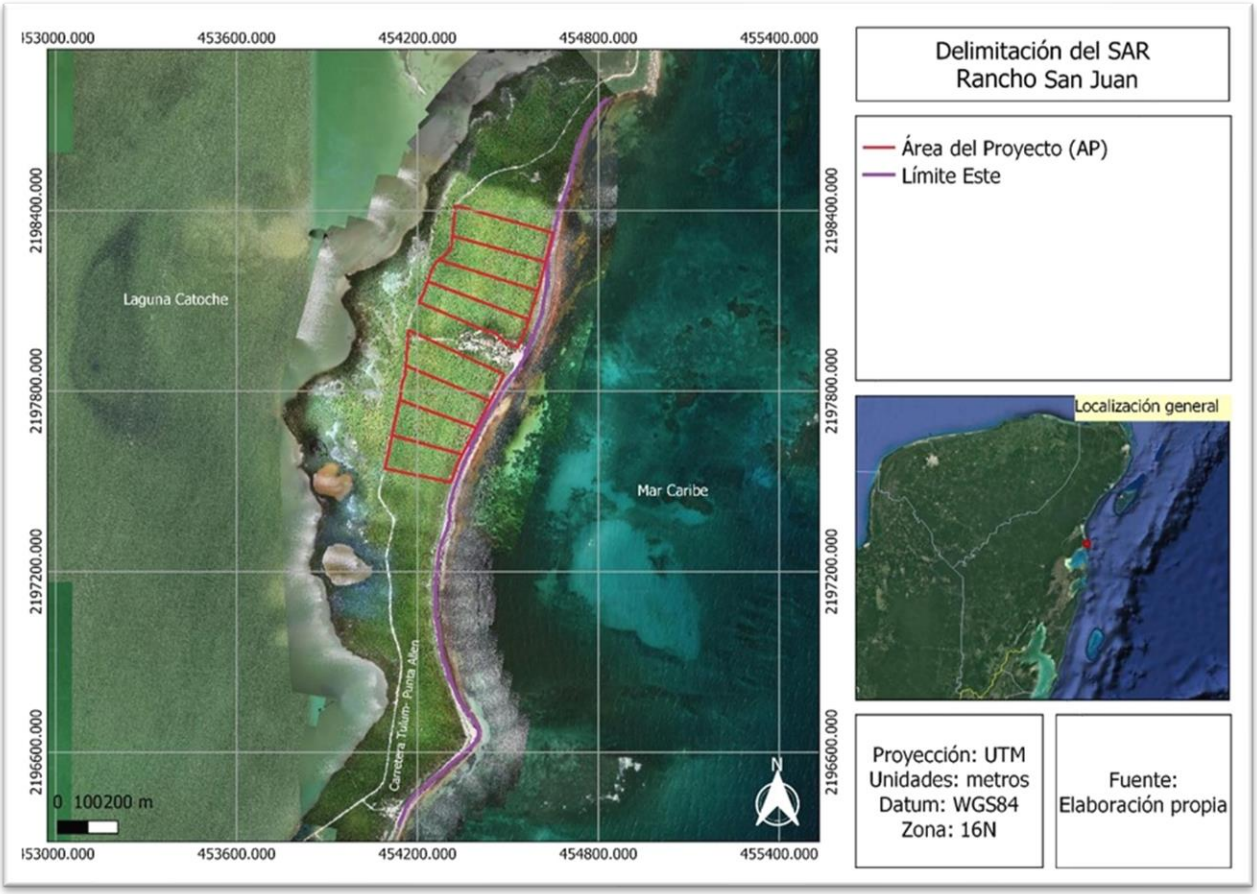
- Limites naturales existentes en la zona como ecotonos de mangle con selva-palmar.
- Caracterización ambiental física en el sitio, realizado mediante la prospección física del terreno tanto en el Área del Proyecto como en el área del Sistema Ambiental Regional propuesto utilizando puntos de control para ubicación.
- Caracterización de flora mediante sitios de muestreo realizados tanto en el Sistema Ambiental Regional como en el Área del Proyecto.
- Caracterización de fauna mediante sitios de muestreo realizados tanto en el Sistema Ambiental Regional como en el Área del Proyecto.
- Redefinición del SAR mediante sistema de información geográfica en gabinete.

Con los elementos anteriormente mencionados y mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, así como de los datos recabados en campo que permitieron corroborar las características ambientales presentes en el área de estudio, se llegó a la conformación de un Sistema Ambiental Regional en el que se engloben todos los impactos ambientales posibles que pudiera generar la construcción y operación del proyecto y que con ello permitirá el establecimiento de medidas preventivas, de mitigación y compensatorias correspondientes con la finalidad de minimizar los impactos ambientales y hacer de este proyecto uno que sea compatible con las características y objetivos a los que se encuentra destinada la zona.

Es así que se delimitó el SAR de la siguiente manera:

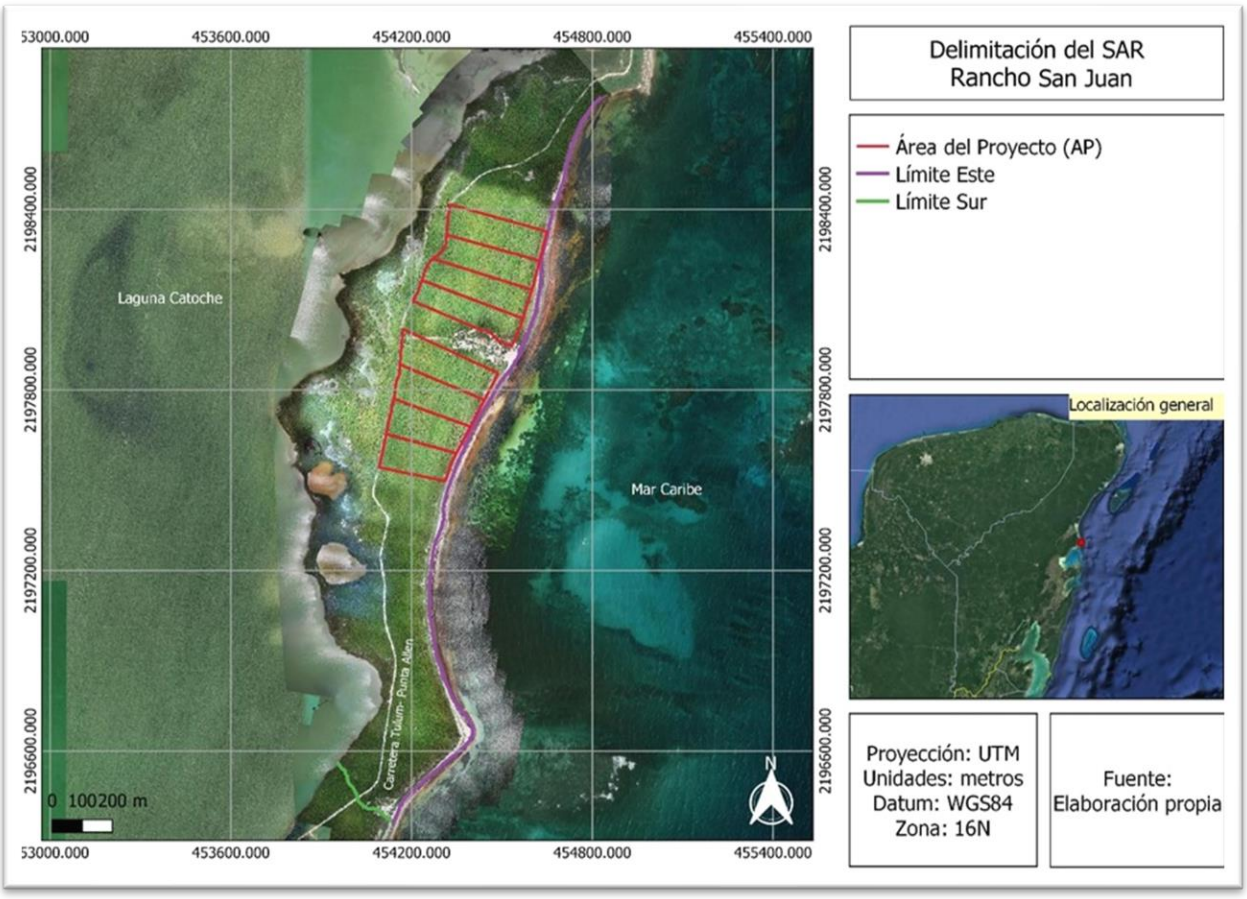
1. Frente al Área del Proyecto se encuentra el mar Caribe. Este espacio representa un ámbito de alta naturalidad para el proyecto que eventualmente se realice, por ello su conocimiento y comprensión resulta fundamental para su correcta integración paisajística ambiental.
2. La costa en la parte marina se caracteriza por una constante presencia de playa que llega a medir hasta 10 metros de ancho la cual en el tiempo actual se encuentra cubierta de sargazo en gran parte.
3. El principal criterio para delimitar el Sistema Ambiental Regional (SAR) fue considerar la zona costera contigua al Área del Proyecto, empezando en la parte noreste en la coordenada 16Q 454826.565m E 2198769.871m N. La justificación se sustenta en el hecho de que la zona costera constituye una frontera entre el mar Caribe, el continente y la atmósfera, dónde tienen lugar una serie de procesos de intercambio de materia y energía entre éstos.
4. La zona costera considerada es la receptora de los flujos de materia y energía provenientes del mar lo que constituye una barrera física que impide el paso de fauna y flora, por lo cual se considera una barrera física única.
5. A partir de esta coordenada y continuando hacia el sur sobre la línea de costa pasando por el frente del Área del Proyecto hasta llegar a la coordenada 16Q 454143.05m E

2196357.30m N, se trazó una línea la cual fue resultado de una metodología de identificación entre la pleamar máxima en el momento de la toma del ortomosaico y la presencia de elevación y vegetación en la zona terrestre, la cual fue determinada a través de un análisis de clusters mediante un proceso de selección de caracteres geográficos y visuales que la propia imagen del ortomosaico permitió.



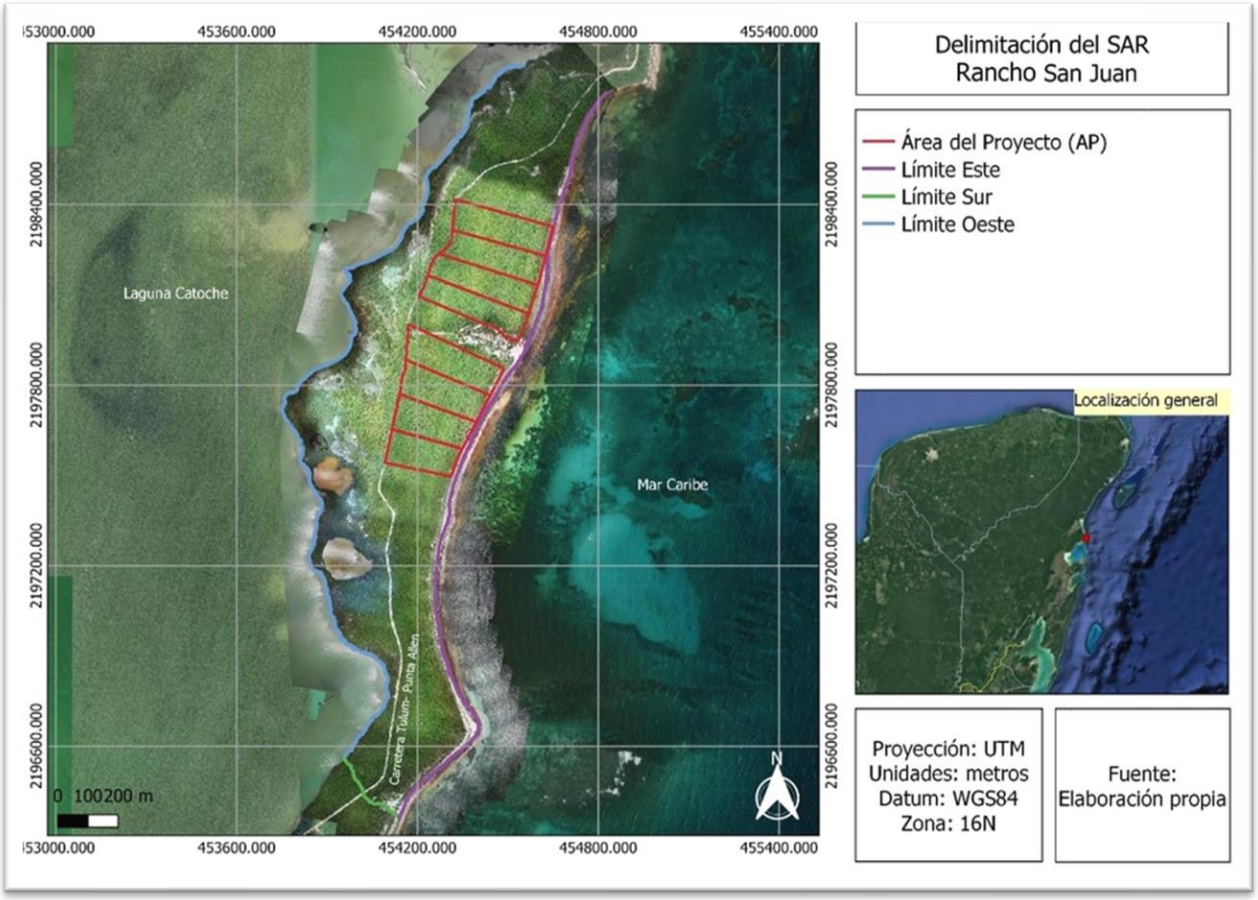

**Mapa IV.1.- Delimitación del SAR, límite Este.**

Continuando hacia el oeste sobre otra barrera física correspondiente a un desmonte ocasionado por la ocupación antropogénica del terreno hasta llegar al cruce de la vialidad de acceso de uso común de la región y cruzando ésta, siguiendo sobre un acceso hasta un pequeño muelle existente a la orilla de la laguna Catoche, en la coordenada 16Q453958.33m E 2196555.66m N.



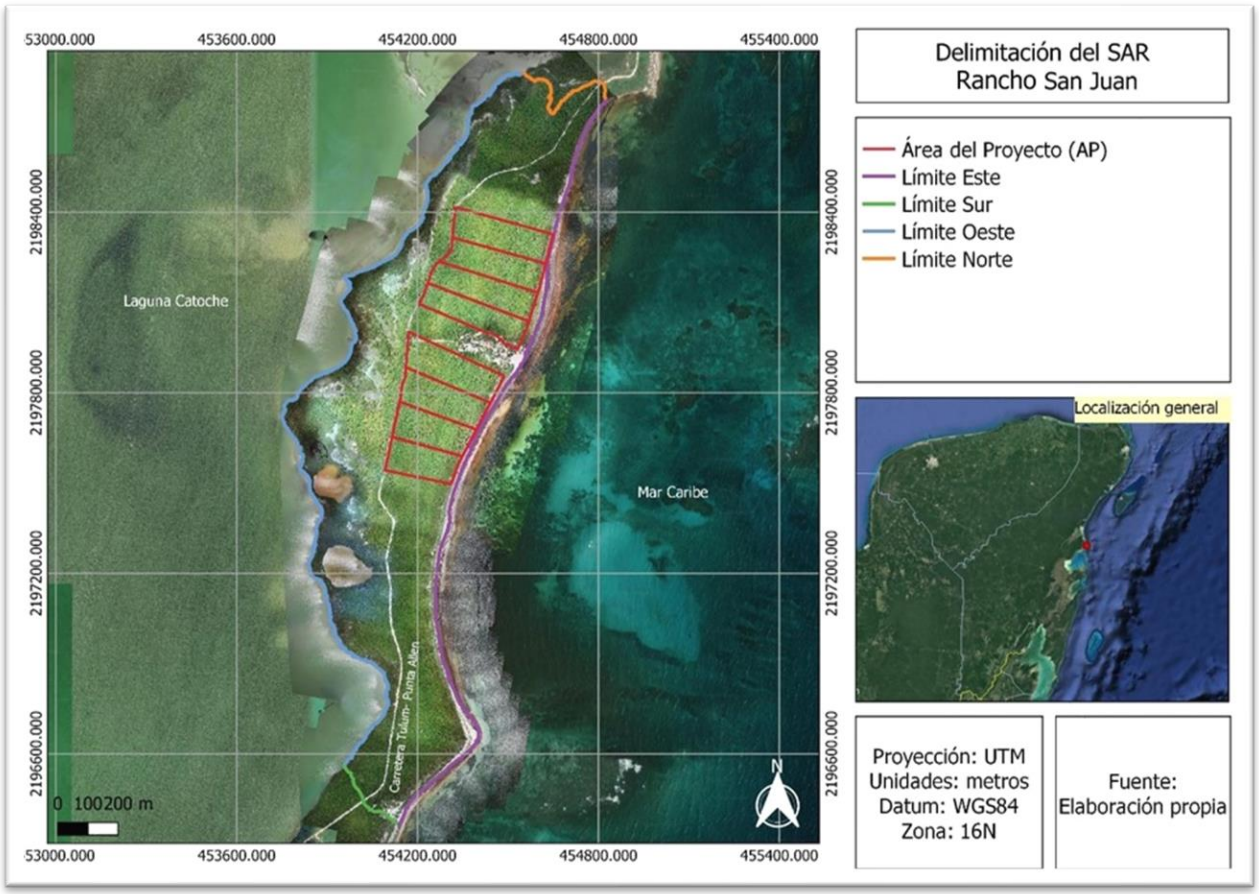

**Mapa IV.2.- Delimitación del SAR, límites Este y Sur.**

6. Desde la coordenada anterior, se continua hacia el norte sobre la línea de costa de la laguna Catoche pasando por detrás del Área del Proyecto hasta llegar a la coordenada 16Q454556.00m E 2198862.41 m N, destacando que se usó la misma metodología de delimitación de la línea de costa que para el mar Caribe, únicamente modificando los factores ambientales respectivos considerando principalmente la presencia de mangle y aquellas pequeñas porciones de tierra existentes en el borde de la laguna.



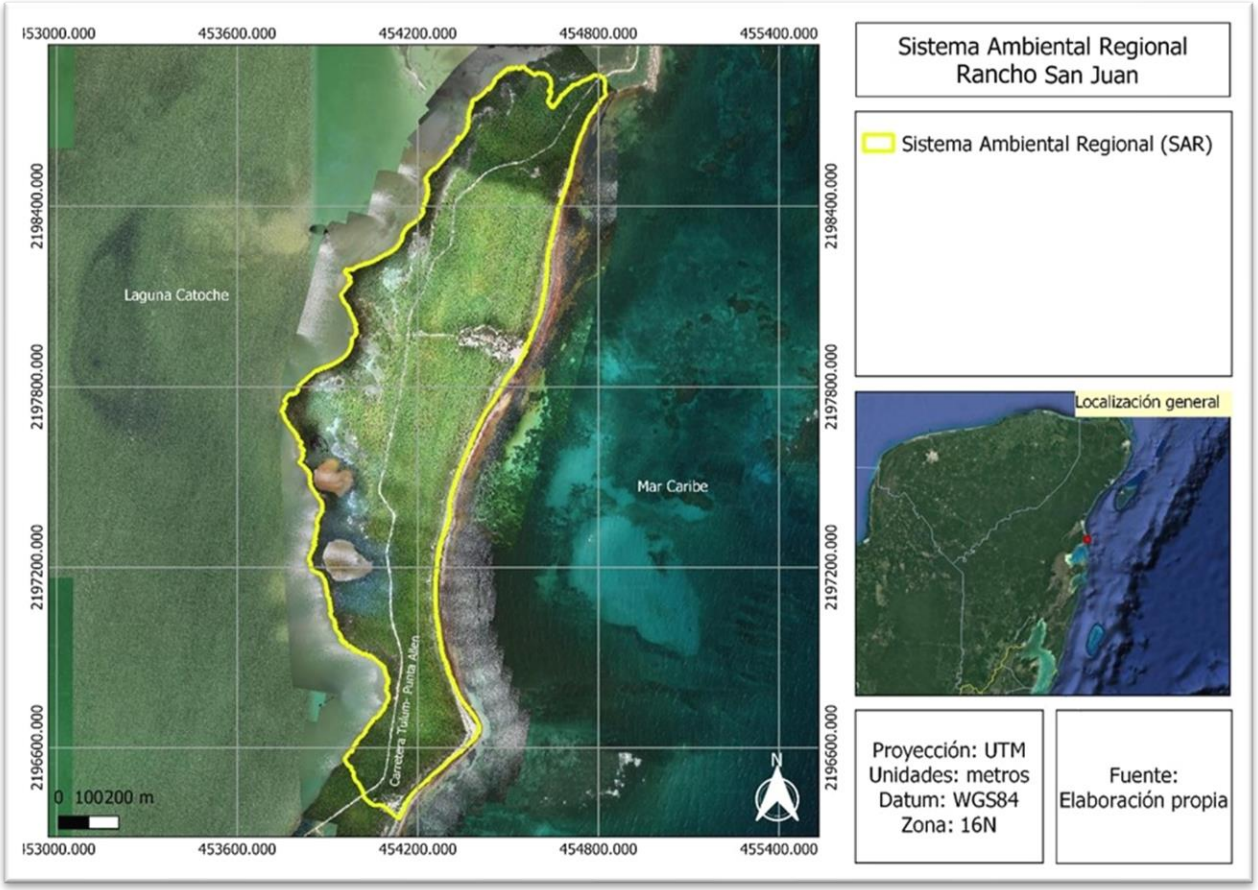

**Mapa IV.3.- Delimitación del SAR, límites Este, Sur y Oeste.**

7. Con la finalidad de cerrar el polígono del SAR, se continua hacia el este siguiendo áreas desprovistas de vegetación continuando con el ecotono existente entre la vegetación de mangle y selva hasta llegar al punto de inicio y con ello conformar una zona en la cual se realizarán los estudios pertinentes para determinar los impactos ambientales potenciales que pudiera tener la implementación del proyecto en comento.




**Mapa IV.4.- Delimitación del SAR, límites Este, Sur, Oeste y Norte.**

De esta manera, el polígono del Sistema Ambiental Regional en su ámbito terrestre (SAR), delimitado con base en las características ambientales que presenta el Área del Proyecto, se localiza dentro la Reserva de la Biosfera Sian Ka´an, en el municipio de Tulum en el estado de Quintana Roo, y cuenta con una superficie de **106.71 Ha**, el cual se muestra en el siguiente Mapa:




**Mapa IV.5.- Sistema Ambiental Regional.**

El SAR constituye un área terrestre ubicada entre dos cuerpos de agua, uno de agua dulce denominado Laguna Catoche y el segundo de agua salada en el mar Caribe.

El SAR engloba la continuidad de un ecosistema muy particular conformado por palma chiit y vegetación de selva, el cual por su continuidad y procesos ecosistémicos corresponde a una franja terrestre que, además, incluye vegetación de manglar, pastizal y dunas costeras.

El Sistema Ambiental Regional está conformado por una geoforma dependiente de las características de pendiente del terreno. Los lomeríos se encuentran principalmente a pocos metros de la costa, donde las pendientes son muy suaves, alcanzan alturas hasta de **7 metros**; litológicamente corresponden a aglomeraciones de arena consolidada cubierta de vegetación, cubriendo una gran área de la totalidad del SAR.

## IV.2.2 . Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

El análisis retrospectivo de la Calidad Ambiental del SAR del presente proyecto, se hace en función de las tendencias de la zona en la que se encuentra, que es un Área Natural Protegida, además de las principales problemáticas que se presenta en la zona.

El complejo Sian Ka'an- Uaymil- Arrecifes de Sian Ka'an se decretó en 1987. De acuerdo con la CONANP (2021), en el año de 1976, este Complejo contaba con una superficie transformada de 2,119 ha, que corresponde al 0.46% de la superficie total terrestre y la tendencia a la transformación del hábitat para el año 2000 es hacia la recuperación, con una tasa de recuperación de 88Ha/año. Sin embargo, en el año 2009 se reportó una tasa de pérdida del 0.1%.

De acuerdo con el Plan de Manejo de la ANP, el 94.7% de la superficie de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (RBSK) es propiedad nacional y el restante 5.3% corresponde a ejidos y propiedad privada.

Esta Reserva se considera como una de las ANP mejor conservadas, probablemente debido a que la tenencia de la tierra corresponde en su mayoría a terrenos nacionales. La pequeña pérdida de cobertura vegetal antes mencionada además de que puede deberse a actividades antropogénicas, también está relacionada con fenómenos naturales como huracanes e incendios forestales, que son frecuentes en la zona (CONANP, 2003).

Por otro lado, la RBSK se localiza a aproximadamente 150 kilómetros de la ciudad de Cancún, la cual presenta una intensa actividad turística que sigue en crecimiento, por lo que la parte norte de la misma está bajo una dinámica económica y perspectivas de desarrollo considerablemente más intensas que el resto de la Reserva.

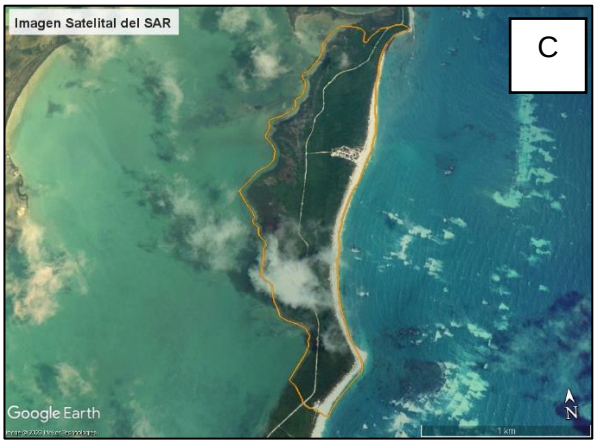
En cuanto al SAR del proyecto, con imágenes satelitales obtenidas de Google Earth de los años 2003 a 2023, es posible observar los cambios que ha sufrido el mismo en los últimos 20 años.

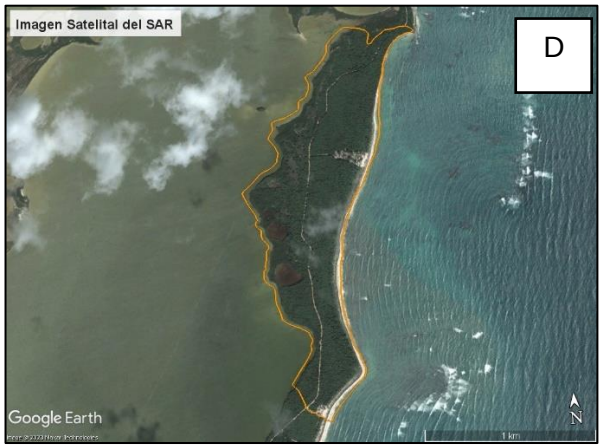
**Tabla IV.1.- Imágenes satelitales de Google Earth del SAR del proyecto de los años: A) 2003, B) 2004, C) 2010, D) 2019, E) 2023.**

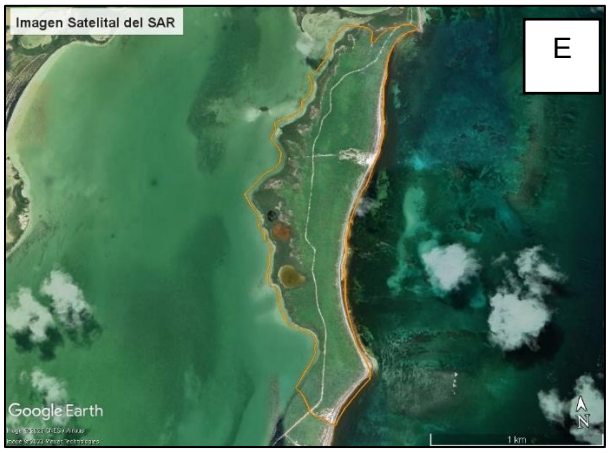









Como se puede observar en las imágenes satelitales de la tabla anterior, el SAR no ha presentado cambios considerables que se puedan visualizar con el uso de imágenes satelitales desde el año 2003. La cobertura vegetal se ha mantenido estable, además de que no parece presentar edificaciones ni caminos nuevos visibles.

Después de análisis retrospectivo del SAR, la tendencia del mismo ha sido mantenerse estable en cuanto a cobertura vegetal y fragmentación debido a que estos terrenos forman parte de una ANP y que no han sido impactados de forma significativa por huracanes y otros fenómenos naturales.

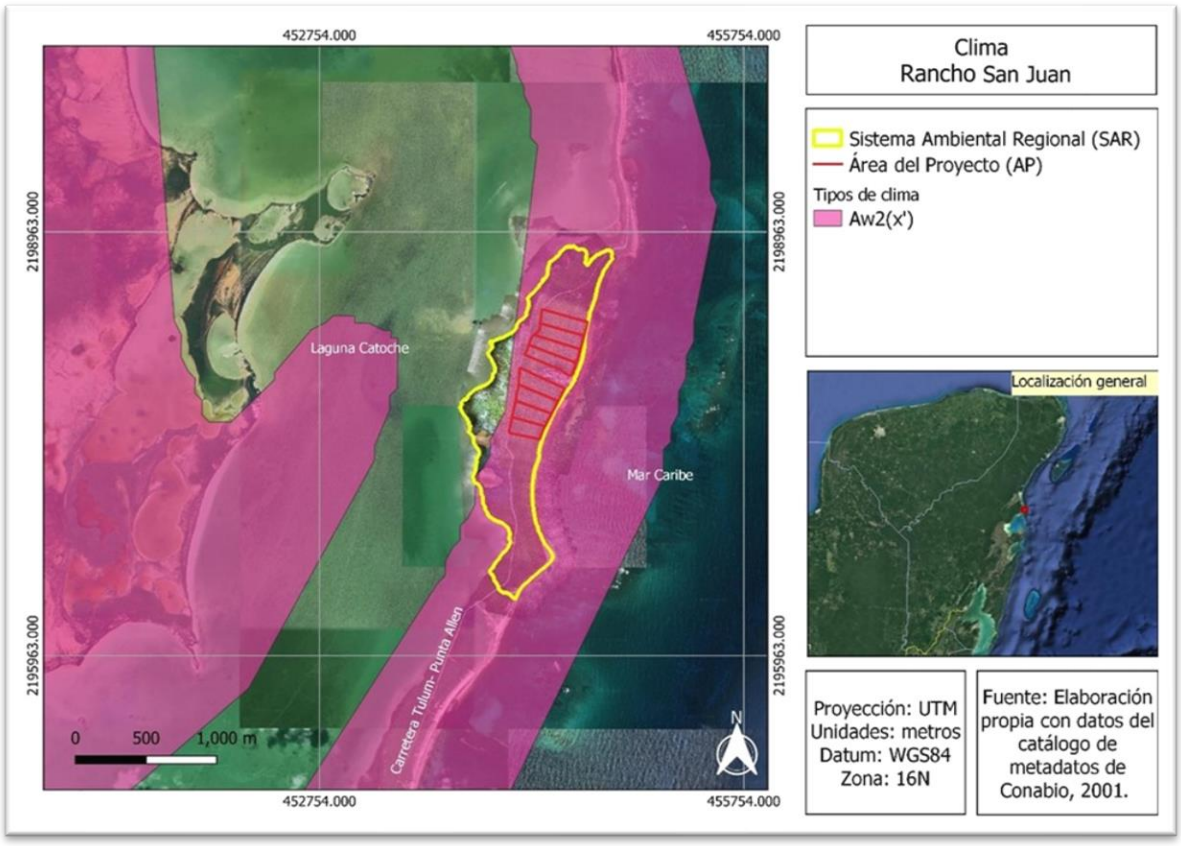
### IV.2.2.1 Medio abiótico

#### IV.2.2.1.1 Clima y fenómenos meteorológicos

La caracterización del clima es fundamental para analizar el comportamiento de la distribución de las plantas y animales, para conocer su morfología y etapas fenológicas, así como para delimitar grandes unidades de vegetación. Las condiciones climáticas, en conjunción con relieve, suelos y disponibilidad de agua influyen en las condiciones que favorecen especies propias de varios tipos de vegetación.

##### IV.2.2.1.1.1 Tipo de clima

De acuerdo con el Plan de Manejo del complejo Sian Ka'an y siguiendo la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García (1973), el clima de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an corresponde al tipo Aw, es decir, cálido subhúmedo con lluvias de verano. Su temperatura promedio anual es de entre 24 y 28°C, la temperatura promedio mensual siempre es superior a los 22°C y no se presentan heladas.




**Mapa IV.6.- Tipos de clima en el Sistema Ambiental Regional.**

**Tabla IV.2.- Temperatura mensual de la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010.**

| Temperatura Media normal | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mínima** | 17.8 | 18.2 | 19.8 | 21.1 | 21.8 | 22.5 | 21.7 | 21.7 | 21.4 | 20.6 | 19.4 | 18.2 |
| **Máxima** | 29.3 | 29.8 | 30.9 | 31.4 | 32.2 | 32.0 | 32.3 | 32.4 | 31.8 | 31.2 | 30.5 | 29.4 |
| **Media** | 23.5 | 24.0 | 25.4 | 26.2 | 27.0 | 27.2 | 27.0 | 27.1 | 26.6 | 25.9 | 24.9 | 23.8 |

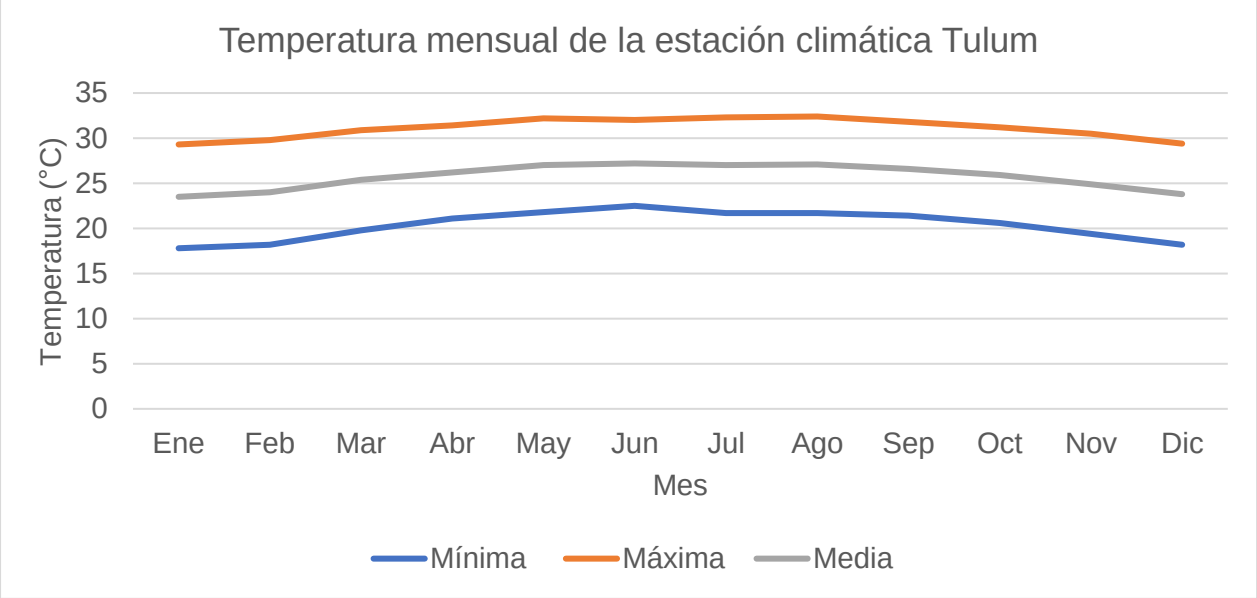



**Figura IV.1.- Gráfico de la temperatura mensual de la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010.**

En cuanto a la precipitación, en general en todas las zonas tropicales de México, se presentan en la época de verano. En Sian Ka'an, el 75% de esta se presenta entre los meses de mayo a octubre, siendo septiembre el mes más lluvioso (210.4 mm) y marzo el mes más seco (38.5 mm). Las lluvias que puedan presentarse en invierno se originan por "nortes" acompañados por vientos del oeste (SMN, 2022). La nubosidad de la zona es alta, con aproximadamente 200 días nublados por año y la humedad relativa promedio es superior al 80 por ciento.

**Tabla IV.3.- Precipitación mensual (mm) en la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010.**

| Precipi-tación | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Normal** | 60.7 | 47.0 | 31.7 | 37.6 | 100.9 | 156.5 | 100.4 | 97.3 | 167.2 | 189.2 | 80.8 | 64.2 |
| **Máxima mensual** | 180.0 | 249.3 | 92.6 | 116.4 | 380.0 | 410.8 | 417.1 | 369.5 | 411.0 | 611.5 | 260.2 | 172.4 |
| **Máxima diaria** | 120.5 | 100.0 | 54.8 | 70.0 | 198.0 | 150.0 | 164.5 | 140.0 | 200.0 | 185.5 | 80.0 | 94.1 |

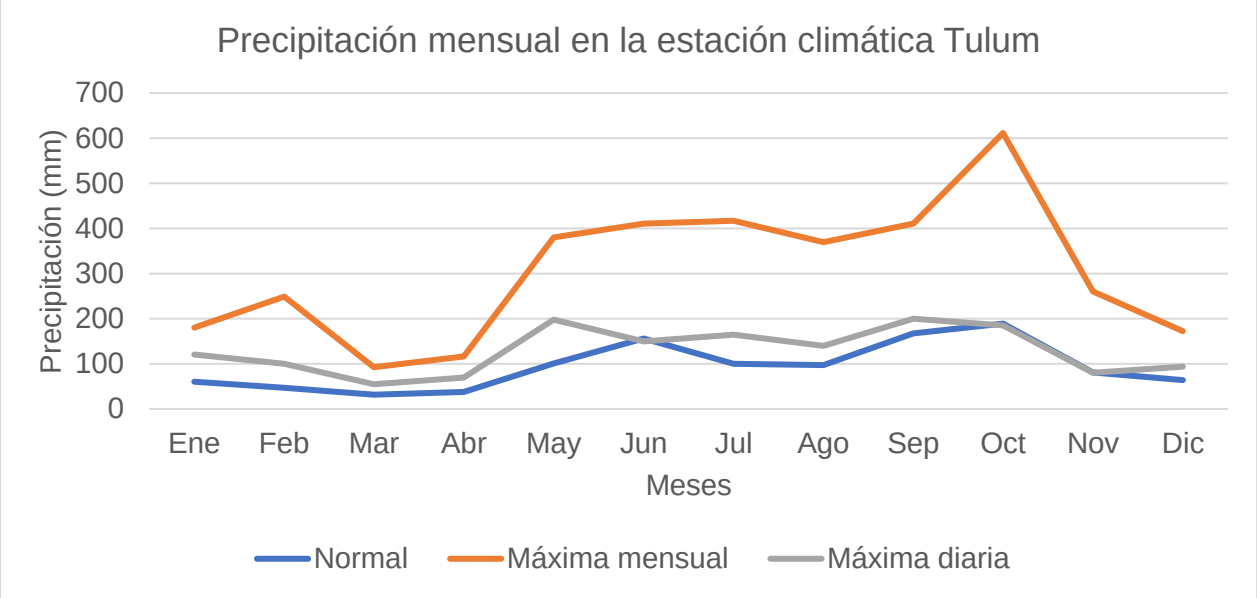



**Figura IV.2.- Gráfica de precipitación mensual (mm) en la estación climática más cercana al SAR. Estación: 00023025 Tulum en el periodo entre 1951 a 2010.**

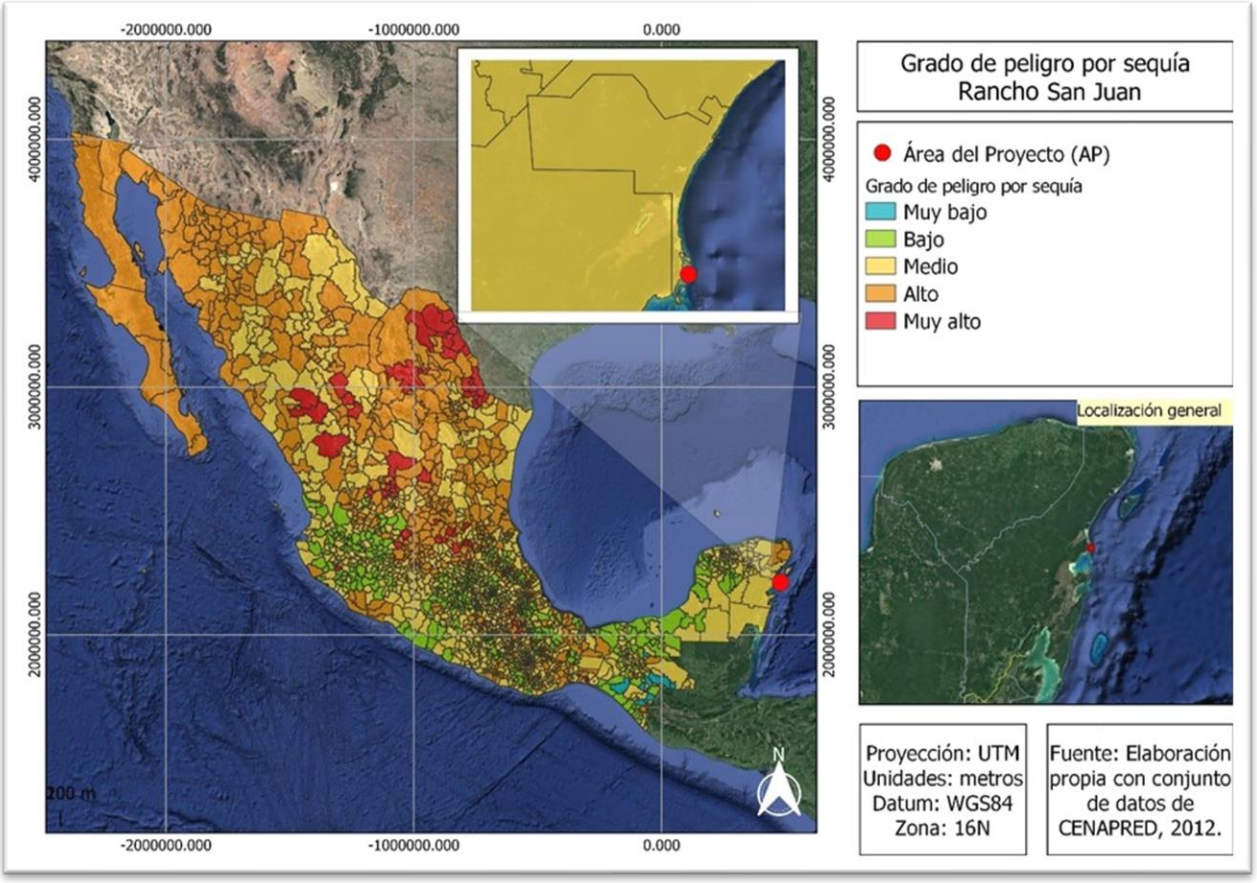
IV.2.2.1.1.2 Fenómenos meteorológicos

IV.2.2.1.1.2.1 Sequías

Las sequías son fenómenos meteorológicos que ocurren cuando la precipitación es menor que el promedio en un periodo de tiempo determinado y esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para afectar a las actividades humanas. Debido a que la severidad de la misma depende del daño que ocasionen a las poblaciones, se considera una métrica relativa. México, por su ubicación geográfica es sumamente vulnerable a la acción de las sequías, que a su vez ha aumentado por la acción del cambio climático.

Durante el verano, al igual que en el resto del Caribe y Centroamérica, en el área se puede presentar el fenómeno de la sequía, la cual se conoce también como sequía intraestival o canícula. Este fenómeno se debe a perturbaciones en la circulación de vientos alisios que provocan que la porción tropical del Pacífico Oriental se sobrecaliente, lo cual debilita el gradiente barométrico. Se espera que el calentamiento global continúe teniendo efecto sobre el régimen de lluvias (Universidad de Quintana Roo, 2018). En el Diario Oficial de la Federación (DOF) en mayo de 2018 se declaró una “emergencia extraordinaria” por el fenómeno hidrometeorológico de Onda Cálida por registrarse temperaturas mayores a los 40°C.

De acuerdo con el CENAPRED, el municipio de Tulum se clasifica como peligro medio por sequía, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.7.- Grado de peligro por sequía por municipio.**

IV.2.2.1.1.2.2 Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales son sistemas atmosféricos de tormenta que pueden ocasionar afectaciones en la actividad económica de las regiones expuestas a estos fenómenos por la combinación de intensidad, tamaño, velocidad sostenida, avance de los vientos y volúmenes de lluvia. (Banco de México, 2018). Se consideran de los sistemas meteorológicos más peligrosos y destructivos de la Tierra. Se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos y se dividen en fases según la velocidad de su Viento Máximo Sostenido en superficie (VMS):

**Tabla IV.4.- Fases de los ciclones tropicales de acuerdo con la velocidad de su Viento Máximo Sostenido en superficie (VMS).**

| Fase | VMS |
|---|---|
| **Depresión tropical** | Menor a 63 km/h |
| **Tormenta tropical** | 63- 118 km/h |
| **Huracán** | Mayor a 118 km/h |

Se ha observado que las condiciones necesarias para que se formen tormentas tropicales y huracanes son las siguientes:

- Que la superficie oceánica presente una temperatura mayor a 26°C.
- Que se den cambios pequeños en la dirección y rapidez del viento con la altura en la capa de la atmósfera que va desde la superficie hasta aproximadamente 15 km de altura.
- Que se formen nubes cumulonimbos por la distribución vertical de humedad y temperatura.
- Que se presente una perturbación inicial, la cual consiste en la existencia de una concentración de rotación ciclónica en las partes bajas y medias de la tropósfera.
- Que la zona esté ubicada en las zonas oceánicas tropicales, pues ahí la fuerza de Coriolis no es demasiado pequeña. Se forman en latitudes entre los 5 y 25°.

En el caso de los huracanes, existe la escala de Saffir/Simpson para clasificar su intensidad, la cual fue desarrollada en el Centro Nacional de Huracanes (Estados Unidos) por el ingeniero de vientos Herb Saffir y el meteorólogo Bob Simpson, y que en la actualidad se usa para estimar los daños potenciales. Se clasifican en las siguientes categorías:

**Tabla IV.5.- Escala Saffir-Simpson.**

| Fenómeno | Velocidad (Km/h) | Estimación de los posibles daños |
|---|---|---|
| **Depresión tropical** | Menor a 63 | **Daños mínimos locales.** |
| **Tormenta tropical** | 63- 118 | **Daños mínimos**. |
| **Huracán categoría 1** | 118- 152 | **Daños mínimos:** Daños a la vegetación y muelles, así como inundaciones en carreteras y caminos costeros. |
| **Huracán categoría 2** | 153- 178 | **Daños moderados:** Daños mínimos a muelles y daños no estructurales a casas y edificios, derribos de vegetación e inundaciones en carreteras costeras. |
| **Huracán categoría 3** | 179- 209 | **Daños extensos:** Destrucción parcial de casas, edificaciones costeras y edificios, derribo de árboles altos, daño de señales y marejadas que inundan zonas costeras. |
| **Huracán categoría 4** | 210- 250 | **Daños extremos:** Colapso parcial de techos y paredes en casas, daños considerables a edificaciones costeras y muelles, derribo de vegetación y señales. Erosión parcial de playas e inundación en terrenos planos debajo de 3m. |
| **Huracán categoría 5** | Superior a 250 | **Daños catastróficos:** Derrumbe total de techos y paredes en casas, las construcciones ligeras son llevadas por el viento, daños extremos a muelles, vegetación |

| Fenómeno | Velocidad (Km/h) | Estimación de los posibles daños |
|---|---|---|
| | | arrasada por el viento, erosión total de playas e inundación en terrenos planos provocando daños graves hasta 460m de la costa. |

Fuente: CENAPRED, 2019

México se encuentra entre las regiones ciclogenéticas del Atlántico Norte y el Pacífico Nororiental, por lo que es altamente vulnerable a la incidencia de estos fenómenos hidrometeorológicos. En particular, la costa del Caribe Mexicano se ve afectada por huracanes aproximadamente cada 2.5 años, los cuales se originan principalmente en el mar Caribe y en el Atlántico tropical. La gran magnitud y violencia de los huracanes se deben a que – si encuentran condiciones propicias en su largo recorrido – tienen mucho tiempo para crecer y vigorizarse, y parte de este proceso ocurre durante su tránsito sobre el Caribe (Morales 2004). Quintana Roo ocupa el tercer lugar en incidencia de huracanes, después de Baja California Sur y Sinaloa.

En el Sistema Ambiental Regional del presente proyecto, las depresiones tropicales y ciclones se manifiestan principalmente durante los meses de junio a octubre. De acuerdo con la información de la CONAGUA, Quintana Roo se ha visto afectado por 30 ciclones tropicales entre los años de 1970 a 2007. Los huracanes de mayor categoría y que causaron mayores daños materiales en Quintana Roo fueron Janet (1955), Hallie (1966), Dorothy (1970), Carmen (1974), Eloise (1975), Gilberto (1988), Wilma (2005) y Dean (2007).

En la siguiente Tabla se incluyen los ciclones tropicales que se presentaron en el Estado de Quintana Roo entre 1980 y el 2008 de acuerdo con la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration):

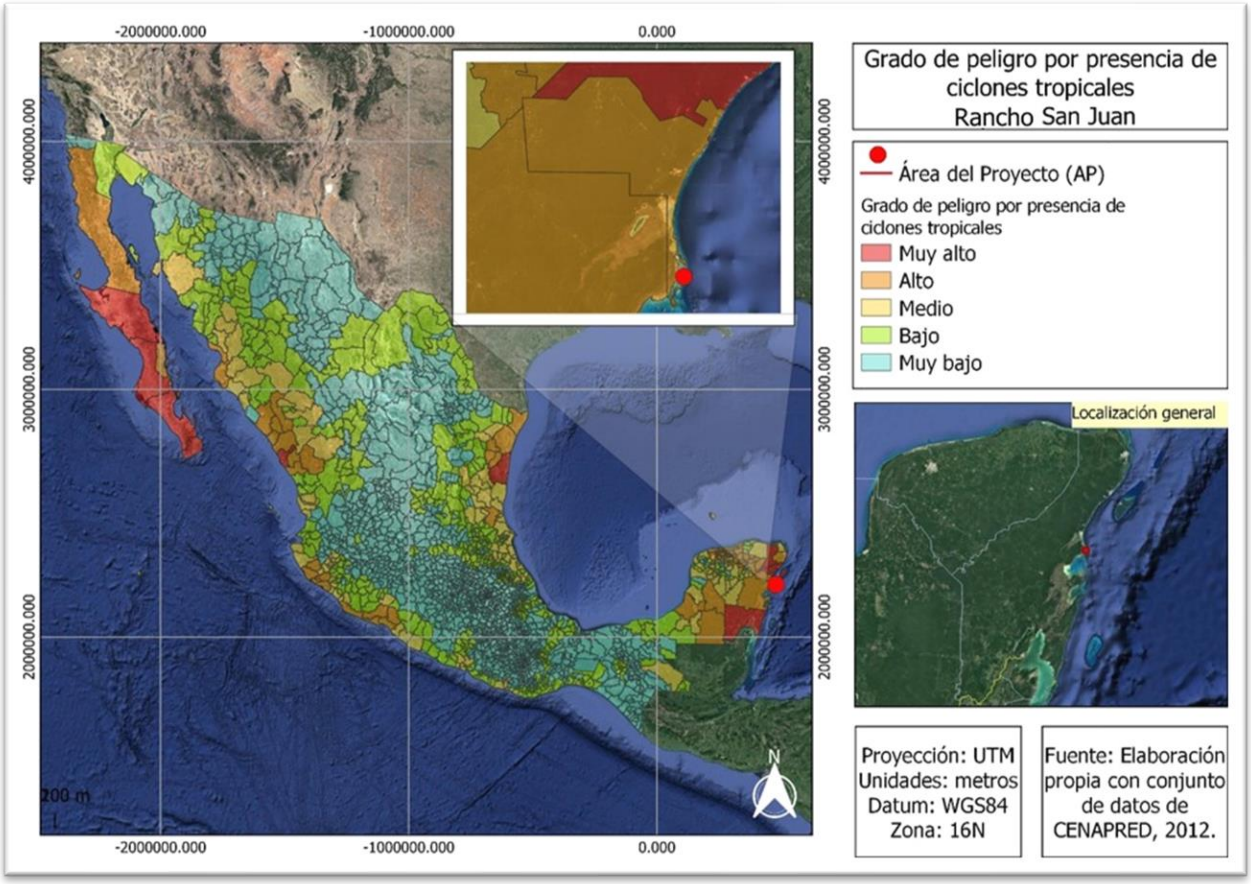
**Tabla IV.6.- Sistemas tropicales por año, punto de entrada, categoría de entrada, presión y vientos máximos.**

| Nombre | Año | Punto de entrada | Categoría de entrada | Presión (mb) | Vientos Máximos Sostenidos (nudos) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Hermine** | 1980 | Belice | Tormenta tropical | 994 | 60 |
| **Gilbert** | 1988 | Cozumel | H5 | 892 | 145 |
| **Keith** | 1988 | Cancún | Tormenta tropical | 993 | 60 |
| **Diana** | 1990 | RB Sian Ka'an | Tormenta tropical | 1000 | 45 |
| **Claudette** | 1993 | Puerto Morelos | Tormenta tropical | 1009 | 50 |
| **Gert** | 1993 | Belice | Tormenta tropical | 1000 | 35 |
| **Opal** | 1995 | RB Sian Ka'an | Depresión tropical | 1004 | 25 |
| **Roxanne** | 1995 | Tulum | H3 | 958 | 100 |
| **Dolly** | 1996 | RB Sian Ka'an | Tormenta tropical | 999 | 65 |
| **Mitch** | 1998 | Honduras | H5 | 922 | 135 |

| Nombre | Año | Punto de entrada | Categoría de entrada | Presión (mb) | Vientos Máximos Sostenidos (nudos) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Katrina** | 1999 | Chetumal | Depresión tropical | 1008 | 25 |
| **Gordon** | 2000 | Akumal | Depresión tropical | 1007 | 25 |
| **Keith** | 2000 | Belice | Tormenta tropical | 989 | 60 |
| **Chantal** | 2001 | Belice | Tormenta tropical | 1000 | 60 |
| **Isidore** | 2002 | Telchac | H3 | 935 | 110 |
| **Larry** | 2003 | Tulum | Tormenta tropical | 1007 | 20 |
| **Cindy** | 2005 | Banco Chinchorro | Depresión tropical | 1007 | 30 |
| **Emily** | 2005 | Playa del Carmen | H5 | 955 | 115 |
| **Stan** | 2005 | RB Sian Ka'an | Tormenta tropical | 1003 | 35 |
| **Wilma** | 2005 | Playa del Carmen | H4 | 926 | 120 |
| **Dean** | 2007 | Mahahual | H5 | 907 | 150 |
| **Olga** | 2007 | Cancún | Depresión tropical | 1006 | 30 |
| **Dolly** | 2008 | Playa del Carmen | Tormenta tropical | 1007 | 45 |

Fuente: NOAA

El municipio de Tulum y, por lo tanto, el SAR del proyecto, se encuentra en una zona de alto riesgo de ciclones tropicales. El Sistema Ambiental Regional está en contacto directo con estos fenómenos hidrometeorológicos, por lo que es susceptible a impactos de mayor o menor tamaño porque puede ser el punto de entrada de una tormenta, depresión o ciclón tropical, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.8.- Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales por municipio.**

Fuente: CENAPRED, 2012

IV.2.2.1.2 Geomorfología

En la península de Yucatán, se presentan dos unidades morfológicas principales. La primera se localiza en el norte del estado y consiste de planicies formadas por rocas sedimentarias neogénicas. En el sur, las planicies están alternadas con lomeríos formados por rocas sedimentarias oligogénicas.

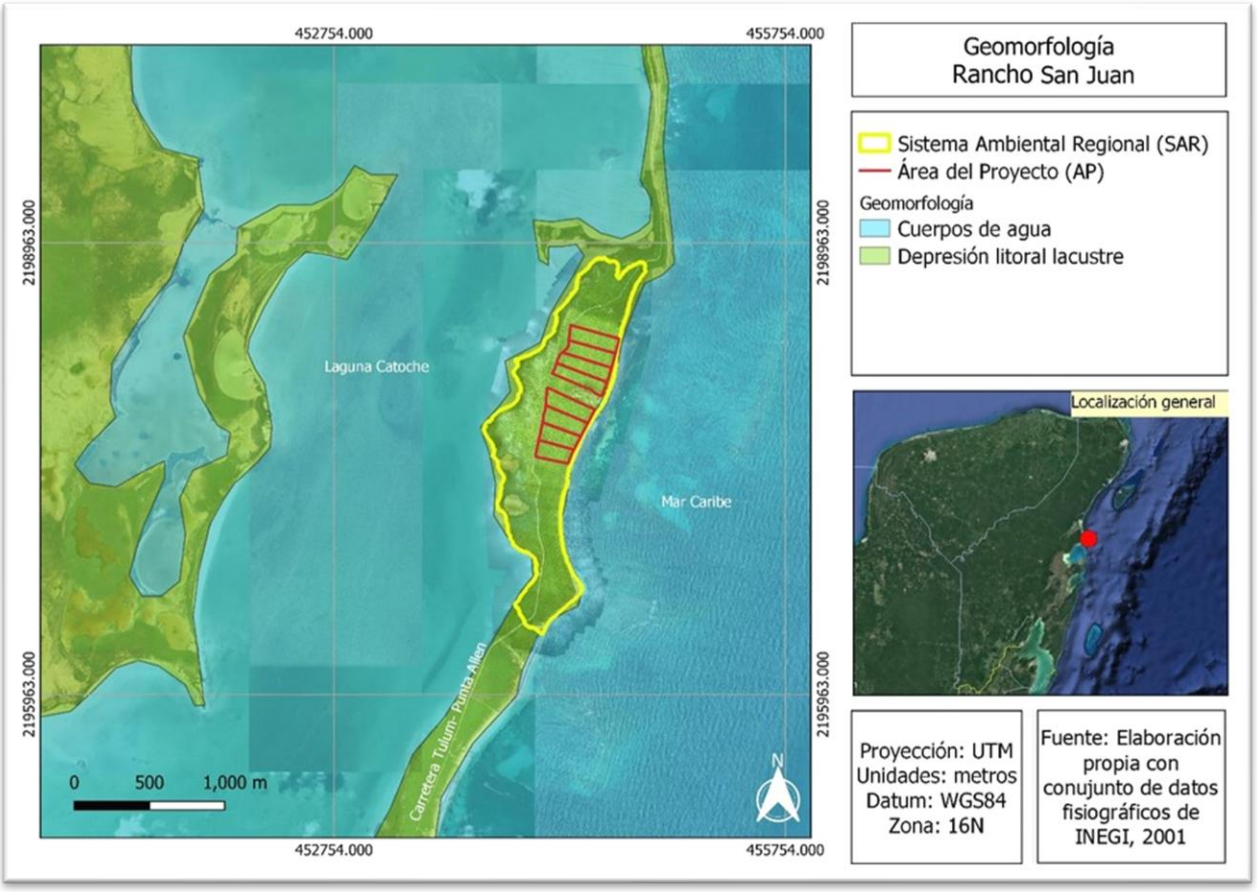
De acuerdo con el Atlas de riesgos naturales del municipio de Tulum, Quintana Roo, en este se presentan cuatro tipos de geoformas:

**Tabla IV.7.- Geomorfología del municipio de Tulum, Quintana Roo.**

| Geoformas | Área (km²) | Porcentaje de superficie (%) |
|---|---|---|
| **Depresión alargada kárstica** | 106.85 | 5.24 |
| **Depresión litoral** | 403.278 | 19.76 |
| **Depresión litoral lacustre** | 172.7 | 8.46 |
| **Planicie con lomeríos menores** | 1,358.112 | 66.54 |

Fuente: SEDATU, 2015.

En cuanto al Sistema Ambiental Regional del proyecto, su área corresponde al tipo depresión litoral lacustre o, de acuerdo con INEGI, a playa o barra inundable y salina como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.9.- Geomorfología del Sistema Ambiental Regional.**

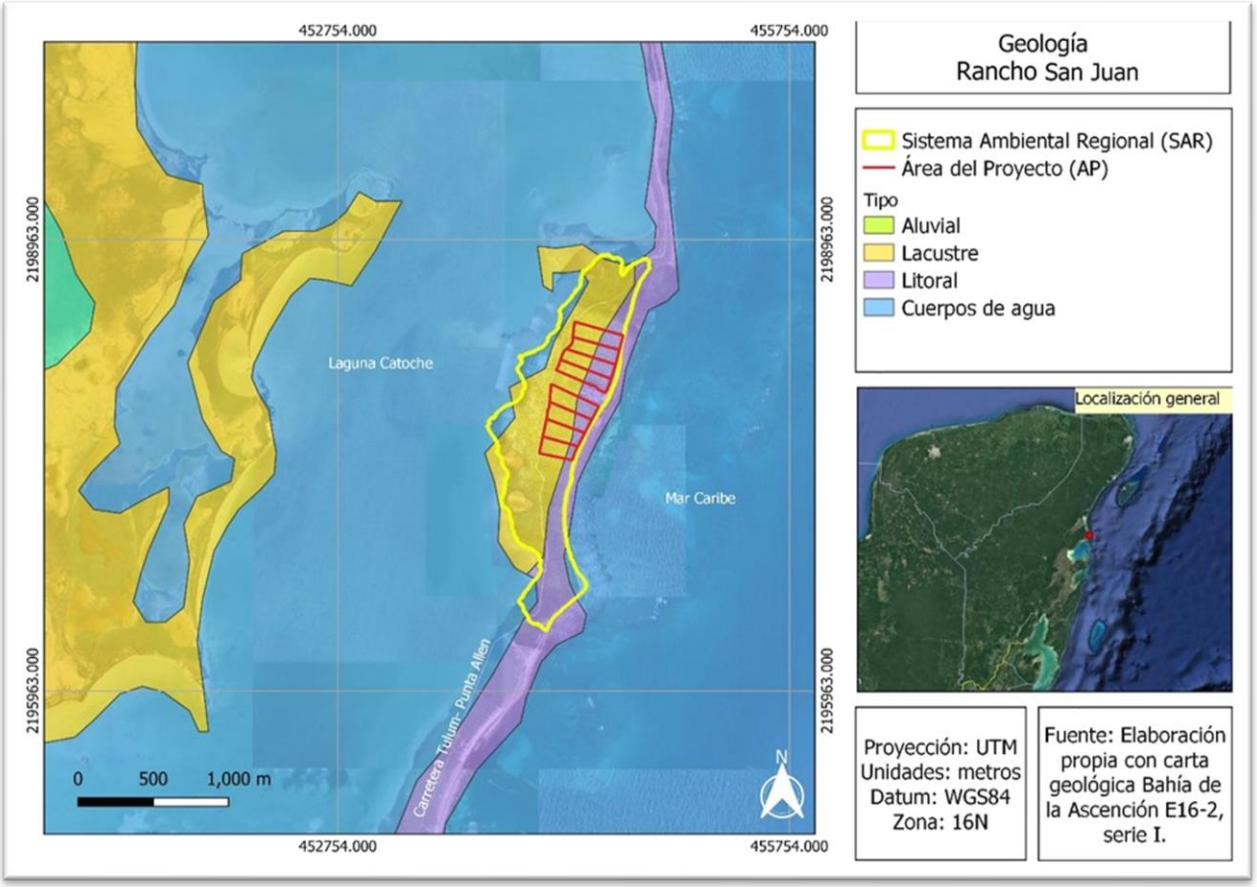
IV.2.2.1.2.1 Geología

La península de Yucatán es una plataforma que emergió a finales del Terciario, en la cual la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an se encuentra en la porción más joven de la misma, que corresponde a terrenos que emergieron en el Cuaternario. En general, en la península las zonas de marismas son más jóvenes que las zonas más altas, que son más secas y están ocupadas por selvas. Se trata de una planicie de origen marino formada por rocas sedimentarias. Las rocas dominantes de esta zona son calizas y aglomerados. Esta zona entonces, es plana con una ligera pendiente con dirección de sur a norte, siendo la altitud máxima de 20 msnm (Universidad de Quintana Roo, 2018).

Estratigráficamente, el SAR se encuentra en la provincia geológica “Plataforma de Yucatán”, la cual comprende un paquete de rocas carbonatadas de edades desde el Cretácico hasta el Reciente. De las unidades, la más antigua expuesta en la zona corresponde a la formación Carrillo Puerto, la cual está formada por una secuencia de caliza y coquina del Mioceno-Plioceno. Cubriendo esta unidad, se desarrollaron depósitos de arenisca del Cuaternario, formadas principalmente por fragmentos de gasterópodos, pelecípodos, ostras y calcita del Pleistoceno. También se presentan depósitos lacustres constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo que principalmente se ubican en los alrededores de pequeños lagos de la zona arqueológica de Cobá y Punta Laguna.

En áreas aisladas, se presentan depósitos palustres formados por limo y arcilla mezclados con materia orgánica. Los depósitos del litoral de la franja del mar Caribe contienen arena blanca compuesta de fragmentos angulados a sub angulados de ostras, bivalvos y gasterópodos (SEDATU, 2015).

En la Reserva de la Biósfera de Sian Ka’an existen aproximadamente 103 mil hectáreas de bahías, que son cuerpos someros de agua marina con influencia de agua dulce que están rodeados de humedales. Además de presentar una barrera arrecifal de 120 km de longitud (Ramsar, 2003).




**Mapa IV.10 Geología en el Sistema Ambiental Regional.**

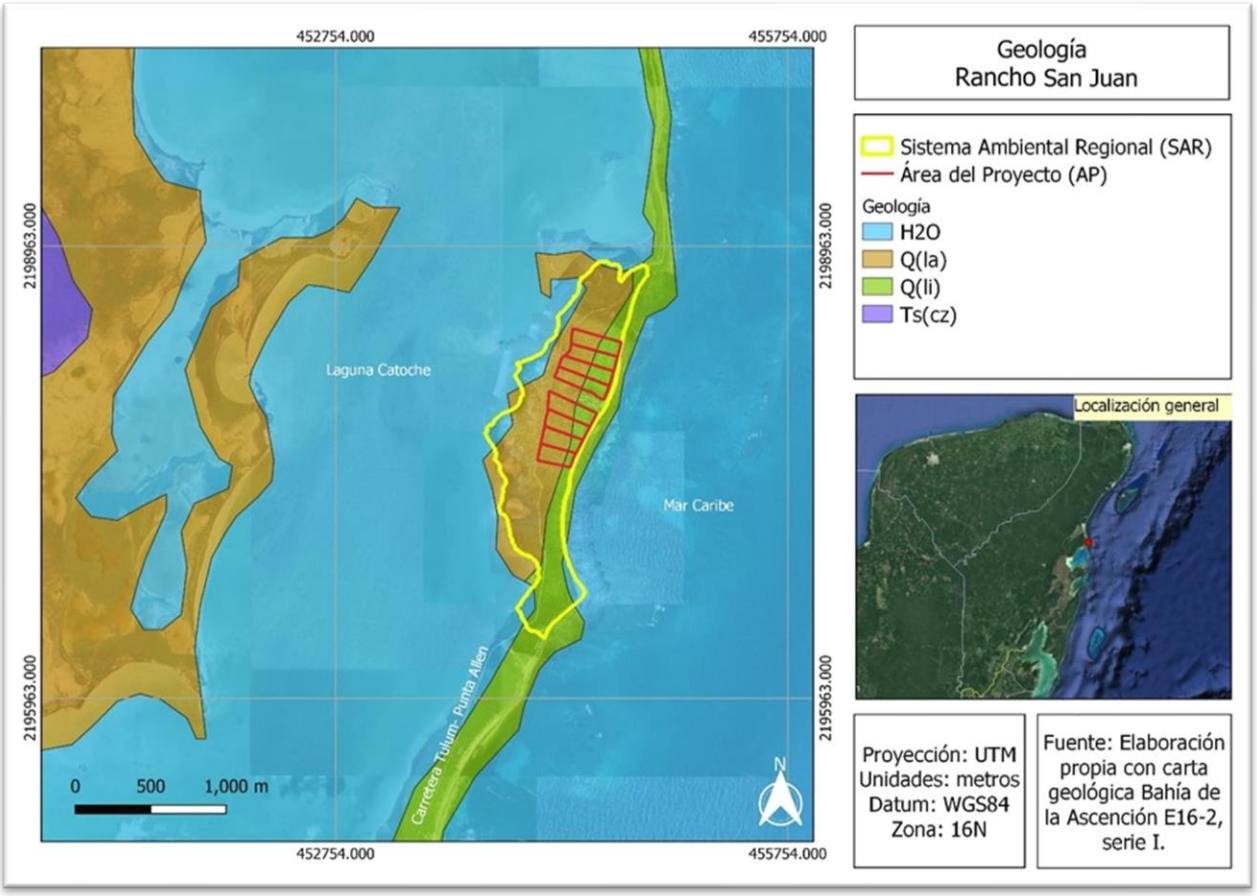
IV.2.2.1.2.2 Fisiografía:

A partir de los datos cartográficos de INEGI, el territorio del municipio de Tulum pertenece a la provincia fisiográfica “Plataforma de Yucatán” y de ésta corresponde en su totalidad a la subprovincia “Carso Yucateco”.

La Reserva de la Biósfera de Sian Ka’an es parte de una planicie de origen marino, que está formada por rocas sedimentarias. Las rocas predominantes en esta área cuentan con un relieve característico de calizas y aglomerados. La región es plana y con una pendiente leve de sur a norte, en la que la altitud máxima es de aproximadamente 20 msnm en las zonas que presentan vegetación de selva baja. Además, la RB presenta zonas de bahías (aproximadamente 103 mil hectáreas), que son cuerpos someros de agua marina con influencia de agua dulce.

De acuerdo con la carta geológico- minera de INEGI Bahía Ascensión escala 1:250,000, el Área del Proyecto presenta depósitos de litoral Q(li) que consiste en materiales sueltos que se acumulan en zonas costeras por la acción de las olas y las corrientes marinas y depósitos

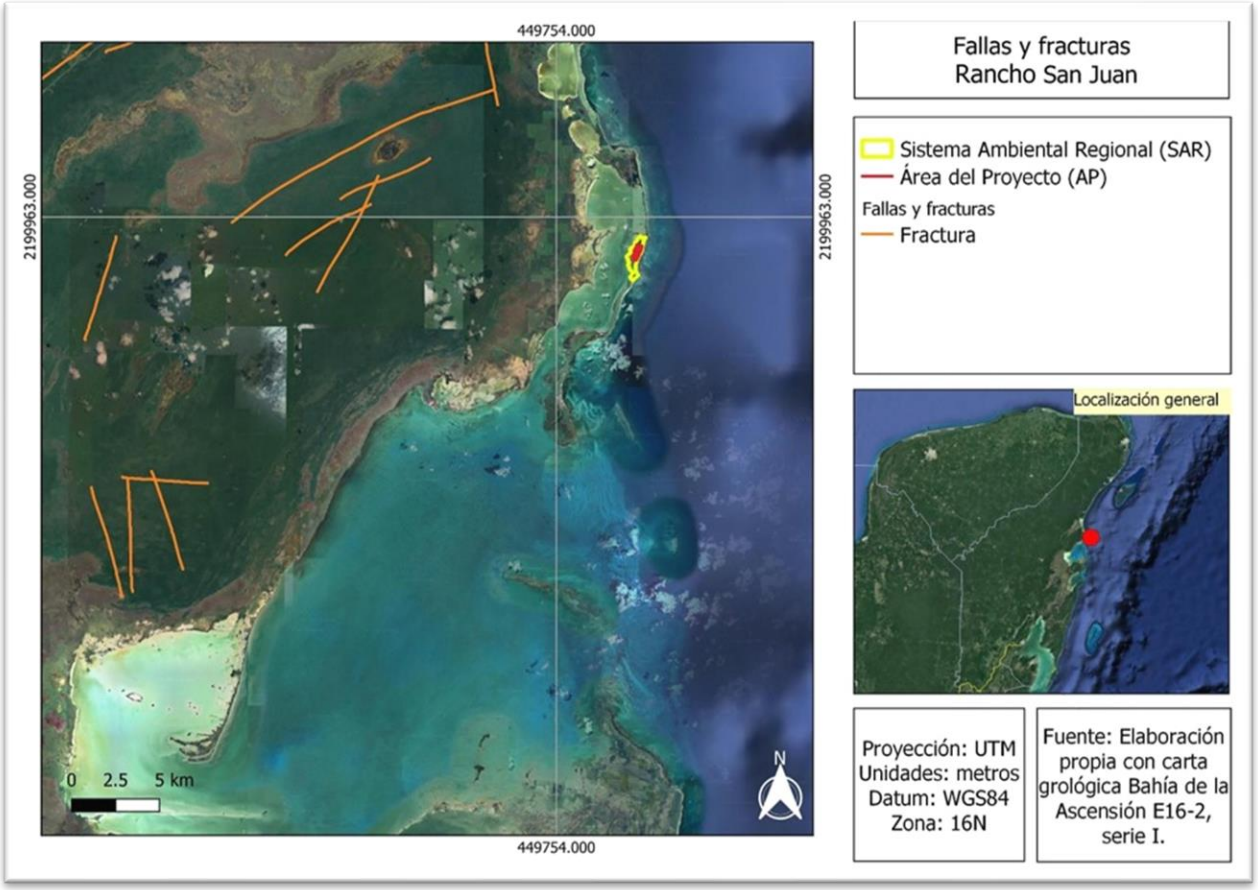
lacustres Q(la), que es un suelo integrado por depósitos recientes que ocurren en lagos, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.11.- Geología del SAR.**

IV.2.2.1.2.3 Fallas y zonas de fracturas:

Dentro de los procesos que generan riesgos y peligros en el municipio de Tulum, se considera que el fenómeno geológico de fallas y fracturas es de gran importancia. Como el área está constituida por rocas calcáreas, las fallas y fracturas pueden acelerar su disolución, intensificando la presencia de cavidades subterráneas que pueden colapsar. Dentro del SAR, de acuerdo con la carta geológica Bahía de la Ascensión E16-2 de INEGI, no se presenta ninguna falla ni fractura, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.12.- Fallas y Zonas de fracturas en el Sistema Ambiental Regional.**

IV.2.2.1.2.4 Tensores ambientales:

IV.2.2.1.2.4.1 Vulcanismo

En México, se tienen registrados aproximadamente 2,000 volcanes, de los cuales 15 se consideran como activos, es decir, que han registrado un episodio eruptivo en los últimos 10,000 años. La tasa de erupciones por siglo durante los pasados 500 años ha sido de 15 con diferentes magnitudes. Los volcanes más cercanos al municipio de Tulum son los siguientes:

**Tabla IV.8.- Volcanes activos en la región sureste de México y norte de Centroamérica y su distancia en kilómetros al municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.**

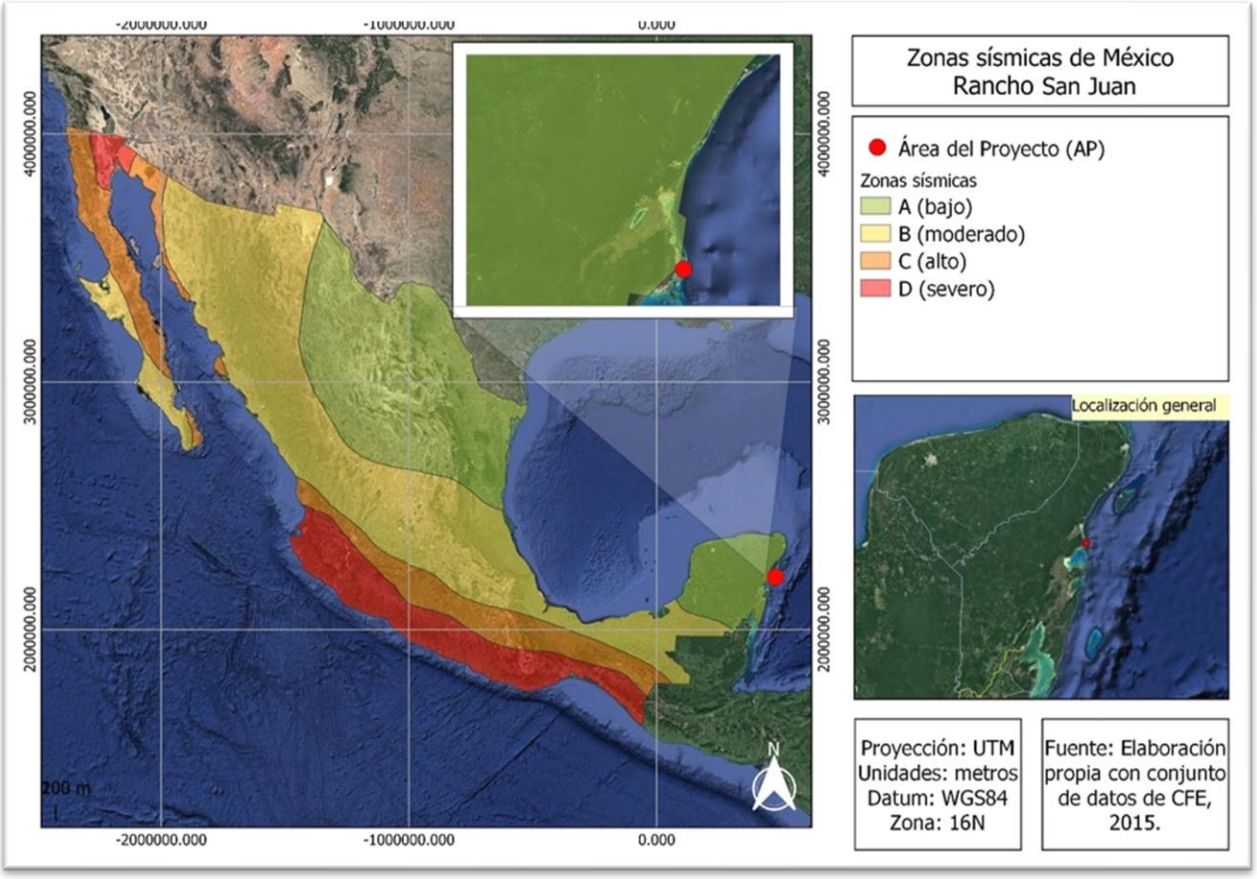
| Volcán | Ubicación | Distancia al municipio (km) |
|---|---|---|
| **El Chichón (Chichonal)** | Chiapas | 432.65 |
| **Tacaná** | Chiapas | 493.27 |

La última erupción registrada para los volcanes más cercanos al SAR fue el volcán Tacaná, que en mayo de 1986 generó explosiones freáticas y fumarolas y desde entonces ha generado una leve actividad sísmica (Unión Geofísica Mexicana, 2015).

A pesar de que las erupciones volcánicas ocasionan varios peligros como flujos de lodo, flujos piroclásticos, flujos de lava, colapsos, deslizamientos y caída de cenizas, los volcanes activos previamente mencionados se ubican a una distancia suficiente para que el único efecto adverso que puedan ocasionar sobre el SAR sea la caída de ceniza, que se considera de muy baja posibilidad. Este fenómeno se afecta directamente por la dirección de los vientos dominantes y en caso de alguna erupción, las cenizas arrojadas por estos volcanes viajarían en direcciones diferentes a la del SAR (Universidad de Quintana Roo, 2018).

#### IV.2.2.1.2.4.2 Sismicidad

De acuerdo con la regionalización sísmica del Servicio Geológico Mexicano (2010), el peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de un movimiento telúrico de determinada magnitud en una cierta área. En el caso de la península de Yucatán, la sismicidad se debe a la interacción de la placa del Caribe con cuatro placas: en el Atlántico con la placa de Norteamérica, en el Atlántico y el Pacífico con la placa de América del sur y en el Pacífico con las placas de Cocos y la de Nazca. En la zona de Guatemala se forma el sistema Polochic-Motahua, el cual se ubica relativamente cerca de Quintana Roo, pero la probabilidad de ocurrencia de sismos se considera baja en las costas de este Estado (Universidad de Quintana Roo, 2018).




**Mapa IV.13.- Zonas sísmicas de México.**

IV.2.2.1.2.4.3 Procesos de remoción en masas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)

De los procesos de origen gravitacional de remoción en masa o inestabilidad de laderas, existen los deslizamientos, los flujos de lodo o tierra y suelo, los lahares y los caídos o derrumbes. Estos se presentan en zonas de morfología montañosa y escarpada con procesos de erosión y meteorización intensos.

En el caso del municipio de Tulum y, por lo tanto, en el SAR, debido a que la condición determinante para que se presenten los anteriores procesos es la presencia de formas de relieve con diferentes alturas y en este caso las cotas mayores apenas rebasan los 30 msnm y el gradiente topográfico regional es de menos de 1°, este tipo de fenómenos no representan un peligro ni riesgo alguno.

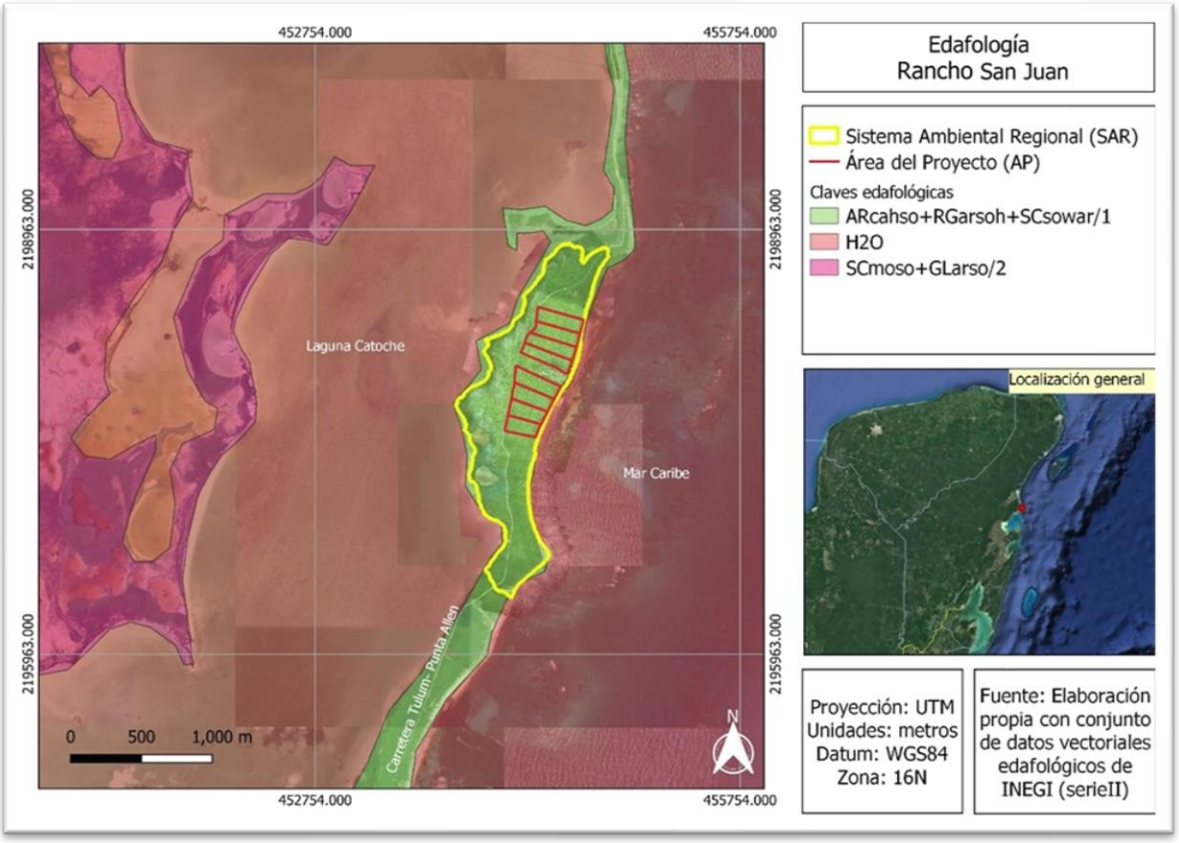
IV.2.2.1.3 Suelo

De acuerdo con los datos del INEGI, en el municipio de Tulum se presentan los siguientes tipos de suelo:

**Tabla IV.9.- Tipos de suelo de la región y su grado de vulnerabilidad (Índice de erodabilidad).**

| Tipo de suelo | Área ($km^2$) | Porcentaje |
|---|---|---|
| **Gleysol eutrico lítica media** | 5.88 | 0.29% |
| **Petrocálcica** | 8.09 | 0.40% |
| **Rendzina lítica fina** | 63.37 | 3.10% |
| **Regosol calcáreo gruesa** | 22.36 | 1.10% |
| **Solonchak mólico media** | 13.46 | 0.66% |
| **Solonchak gleyco gruesa** | 35.78 | 1.75% |
| **Rendzina lítica media** | 140.90 | 6.90% |
| **Gleysol mólico media** | 45.85 | 2.25% |
| **Litosol medio** | 1,705.24 | 83.55% |

En cuanto al SAR, de acuerdo con la carta edafológica Serie II (escala 1:250,000) Bahía de la Ascención E16-2-5, el tipo del suelo del mismo corresponde a la asociación RGarsoh+ARglwso+LPhuso/1. Como suelo dominante se presenta Regosol arénico hipersódico, el suelo secundario corresponde a Arenosol hipogléyico sódico y como suelo terciario Leptosol húmico sódico clase textural 1, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.14.- Edafología en el Sistema Ambiental Regional.**

A continuación, se describe cada uno de los mismos:

- Regosol

Deriva del vocablo griego "*rhegos*" que quiere decir "sábana", el cual hace alusión al manto de alteración que recubre la tierra. Se desarrollan sobre material no consolidado y con poca evolución. Generalmente se forman como resultado de aportes recientes no aluviales o en zonas con fuertes procesos evolutivos con un continuo rejuvenecimiento (FAO, 2005).

Dentro de los tipos de regosoles, el arénico se refiere a aquel que posee una textura arenosa-franca fina o más gruesa en la totalidad de los primeros 50 cm. Como limitante química, en este caso el suelo hipersódico se refiere a que tiene una concentración mayor al 40% de sodio intercambiable en el primer metro de superficie (INEGI, 2011).

- Arenosol

Son suelos conformados por más del 85% de arena. Incluyen arenas recién depositadas en dunas o playas y también arenas residuales formadas por meteorización de sedimentos o rocas ricas en cuarzo. Se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa que localmente pueden ser calcáreos. En pequeñas áreas pueden presentarse sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas. Tienen muy baja capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes, pero ofrecen facilidad de labranza y enraizamiento (FAO, 2005).

Los arenosoles hipogléyicos presentan dentro de 100 cm de la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm o más de espesor que tiene condiciones reductoras en algunas partes y un patrón de color gléyico (colores grisáceos, azulosos o verdosos con o sin moteado ocre) en todo el espesor. De estos, los sódicos presentan más de un 15% de Na cambiable o más de un 50% de Na más Mg del complejo de cambio, dentro de 50 cm desde la superficie del suelo (INEGI, 2011).

- Leptosol

Deriva del vocablo griego "*leptos*" que significa delgado, ya que tiene un espesor reducido. Incluye suelos con menos de 25 cm de espesor o con más del 80% de su volumen ocupado por rocas o grava. Se presentan en zonas muy susceptibles a la erosión.

Los leptosoles húmicos son aquellos con alto contenido de carbono orgánico en los primeros 40 cm de profundidad y los sódicos con más de un 15% de Na cambiable o más de un 50% de Na más Mg del complejo de cambio, dentro de 50 cm desde la superficie del suelo (INEGI, 2011).

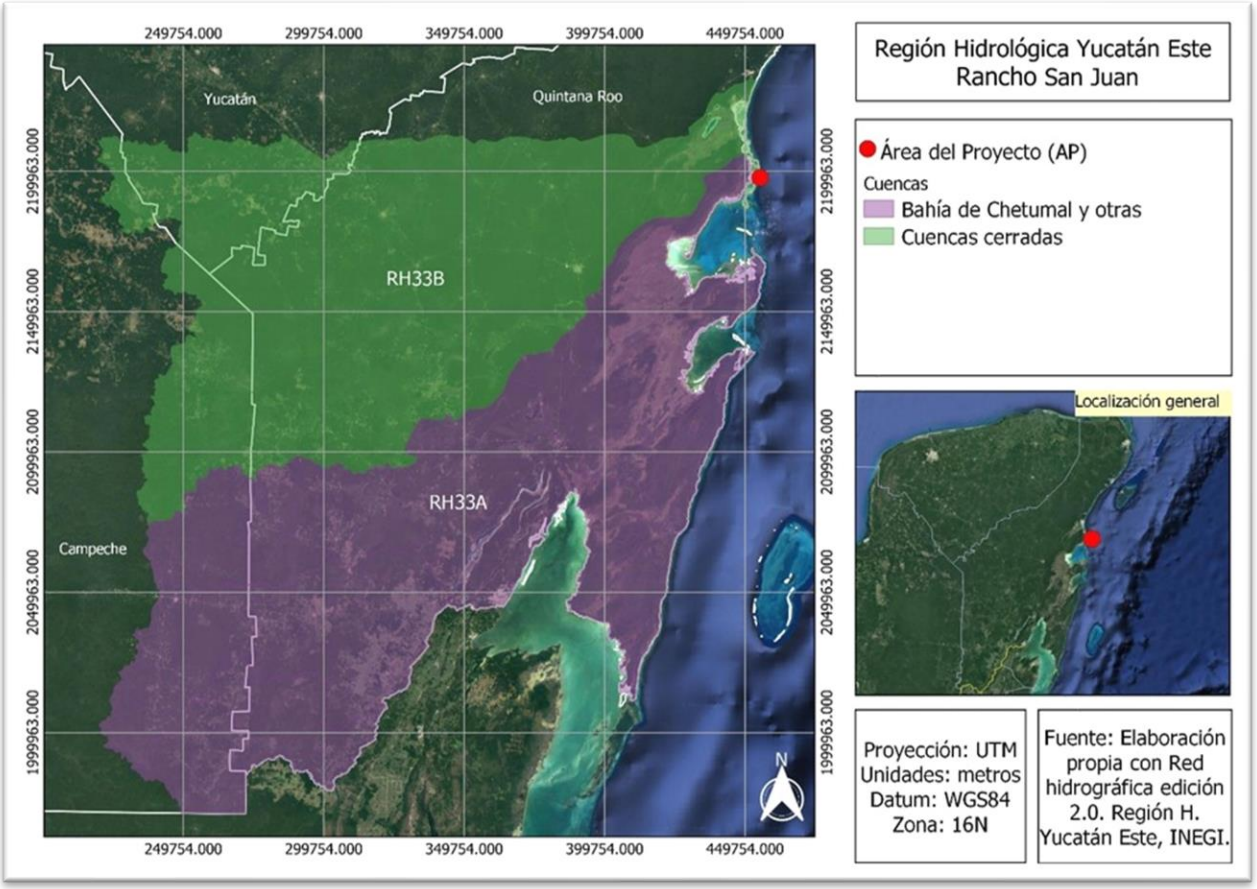
#### IV.2.2.1.4 Agua

##### IV.2.2.1.4.1 Hidrología superficial

La Región Hidrológico Administrativa RHA XII PY comprende la totalidad de los tres estados que conforman la Península de Yucatán, es decir, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Está ubicada en el sureste de la República Mexicana; colinda al norte con el Golfo de México, al sur con Guatemala, al oriente con el mar Caribe, al sureste con Belice y al suroeste con Tabasco. Su extensión total es de 144,220.59 $km^2$. Dentro de esta RHA, se localizan tres Regiones Hidrológicas (CONAGUA, 2021):

- RH31 Yucatán Oeste (Campeche).
- RH32 Yucatán Norte (Yucatán).
- RH33 Yucatán Este (Quintana Roo), la cual es de carácter internacional pues una parte se localiza en Guatemala y Belice.

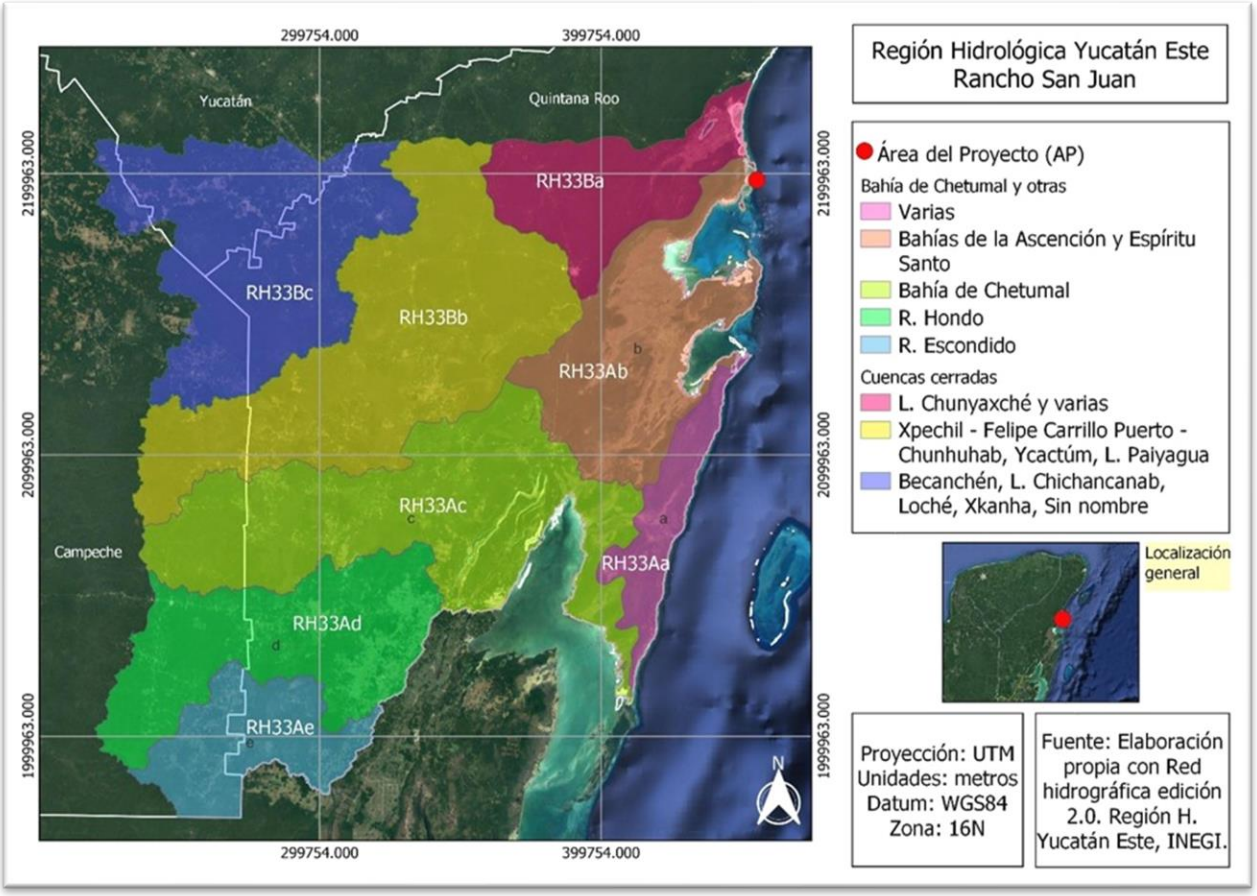
El SAR del presente proyecto corresponde a la región hidrológica RH33 Yucatán Este (Quintana Roo), según el INEGI, la cual abarca el 68.23% del estado de Quintana Roo y está conformada por las cuencas 33A Bahía de Chemal y 33B Cuencas cerradas (a la cual corresponde el SAR).




**Mapa IV.15.- Cuencas de la Región Hidrológica Yucatán Este.**

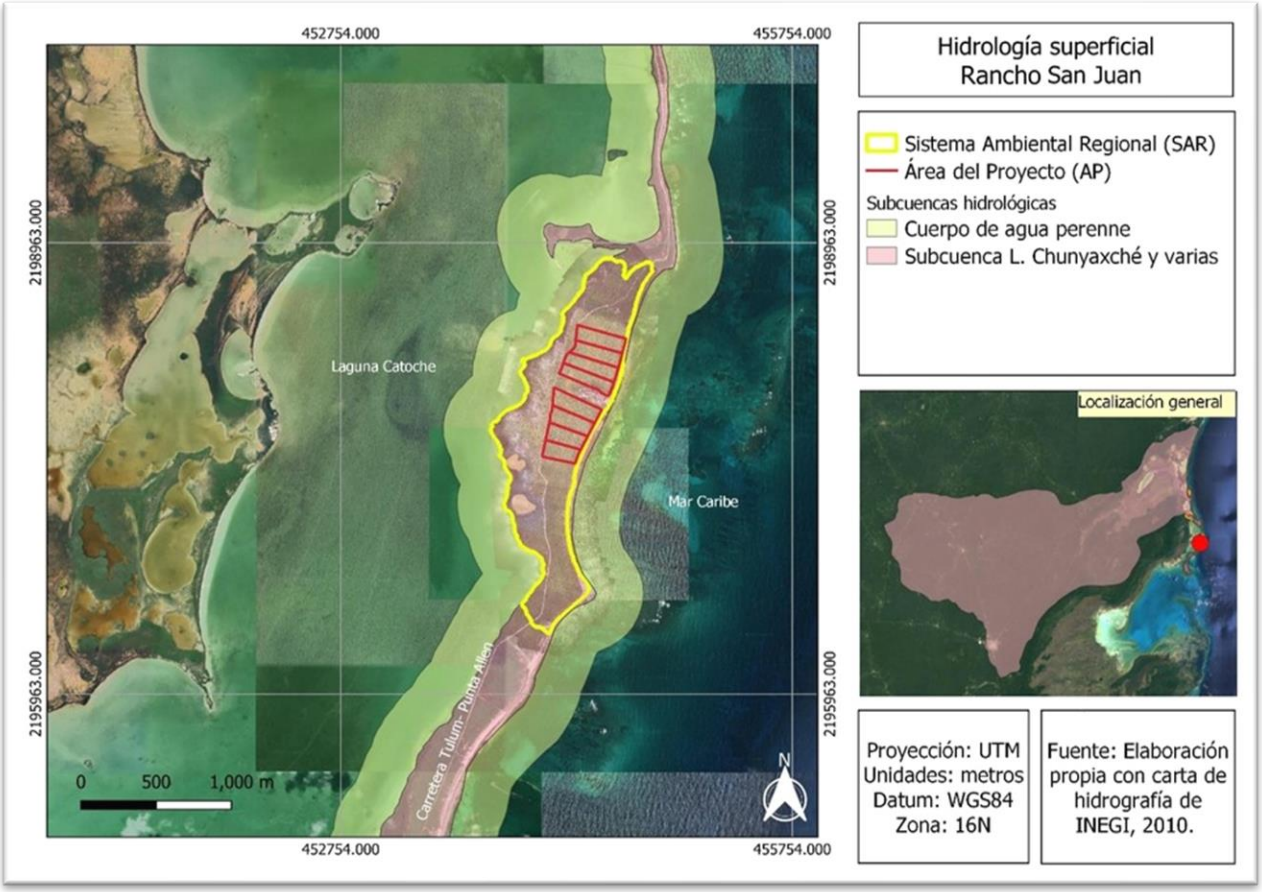
La cuenca 33a está compuesta por las subcuencas: varias (a), Bahía de la Ascensión y Espíritu Santo (b), Bahía de Chetumal (c), R. Hondo (d) y R. Escondido (e).

La cuenca 33B, a su vez, está conformada por las subcuencas: L. Chunyaxché y varias (a), Xpechil- Felipe Carrillo Puerto- Chunhuhab, Ycatúm, L. Paiyagua (b) y Becanchén, L. Chichancanab, Loché, Xkanha, sin nombre (c), las cuales se pueden observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.16.- Subcuencas que conforman a la Región Hidrológica Yucatán Este.**

Concretamente, el SAR se encuentra dentro de la subcuenca RH33Ba o L. Chunyaxché y varias, como se observa en la siguiente figura:




**Mapa IV.17.- Hidrología superficial en el Sistema Ambiental Regional.**

La única corriente perenne superficial del estado es el Río Hondo, el cual constituye un límite natural entre la República Mexicana y Belice. En esta misma región sur del estado se presentan algunos arroyos superficiales intermitentes de poca importancia, además de lagunas y áreas de inundación temporal o permanente. Debido a que el suelo es calcáreo y tiene alta permeabilidad, en la zona central y en el norte no se presenta ninguna corriente hídrica superficial por lo que el agua de precipitación que resta a la evaporación se absorbe por las plantas y suelos, mientras que el resto satura el terreno y se infiltra al subsuelo, en donde se da origen a las aguas subterráneas en cavernas con desarrollo complicado. Por esta razón, toda la zona estatal constituye zonas de recarga del acuífero (INEGI, 2002).

#### IV.2.2.1.4.2 Hidrología subterránea

Debido a que toda la Península de Yucatán presenta una naturaleza cárstica, en toda su extensión existe un manto hídrico subterráneo y una capa de agua salada que se extiende en forma de cuña debajo de la capa de agua dulce por hasta 100 km hacia su interior. El agua precipitada se infiltra en el subsuelo en grandes volúmenes que se desplazan a velocidades mínimas.

En la Península se identifican cuatro acuíferos, los cuales cuentan con un volumen total de 3,008.9 $hm^3$ (CONAGUA, 2021). Las zonas cercanas al SAR corresponden al acuífero Península de Yucatán, que presenta los siguientes valores:

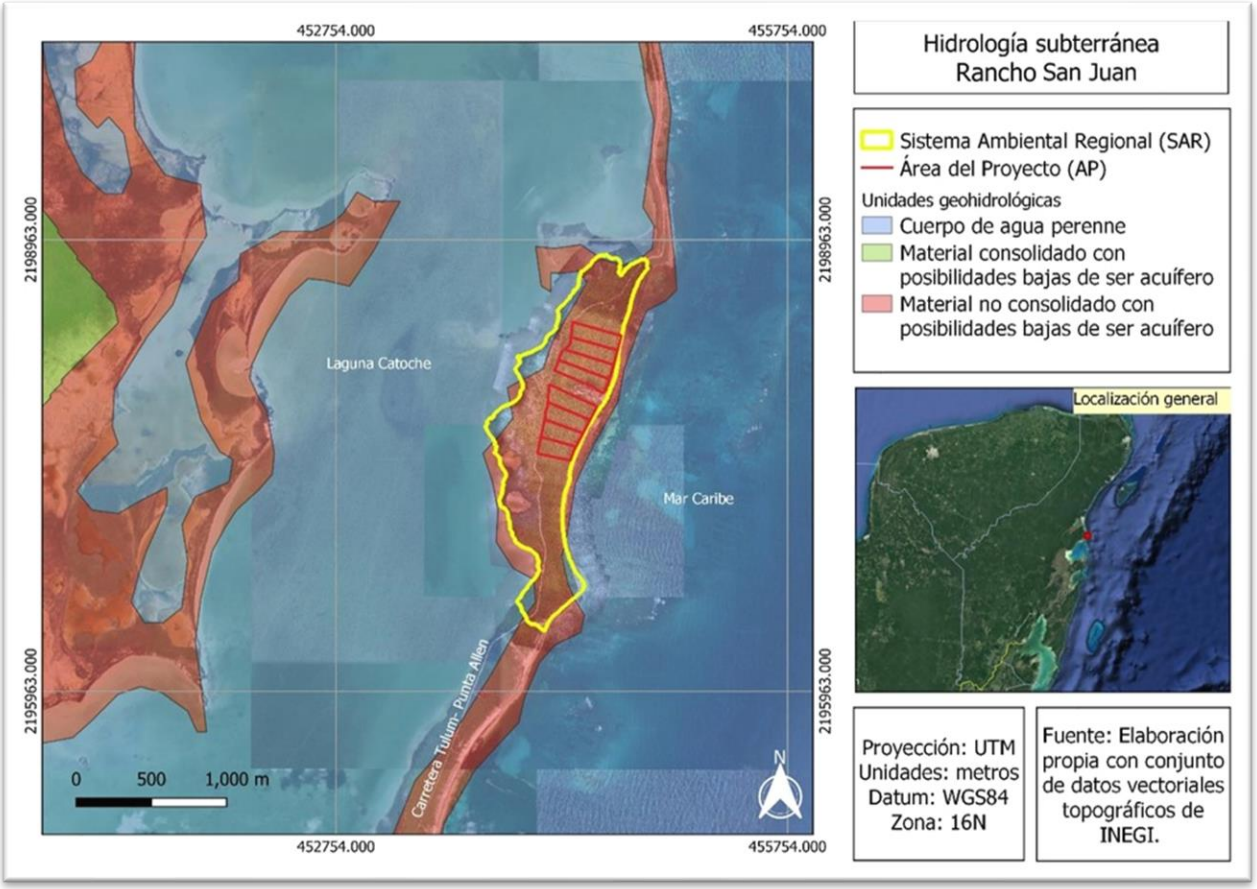
**Tabla IV.10.- Disponibilidad de agua del acuífero Península de Yucatán.**

| Recarga media anual ($hm^3$) | Descarga natural comprometida ($hm^3$) | Volumen concesionado ($hm^3$) | Volumen de extracción de aguas subterráneas consignado en estudios técnicos (VEAS) ($hm^3$) | Disponibilidad media anual de agua subterránea ($hm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| **21,813.4** | 14,542.2 | 4,657.8 | 226.4 | 2,386.9 |

Fuente: CONAGUA, 2021.

De acuerdo con la CONAGUA, al tomar en cuenta la relación entre la recarga del acuífero y su explotación, el grado de presión del mismo es bajo (no supera el 40%).

Asimismo, y de acuerdo con la carta hidrológica de aguas subterráneas Bahía Ascención E16-2-5 (escala 1:250,000) de INEGI, el sitio donde se localiza el SAR se ubica en un área que corresponde a material consolidado con posibilidades bajas de funcionar como acuífero, como se observa en el siguiente mapa:




**Mapa IV.18.- Hidrología subterránea en el Sistema Ambiental Regional.**

IV.2.2.1.5 Aire

No se cuenta con registros de la calidad del aire dentro del SAR ni próximos al Área del Proyecto. El sensor más cercano es el de la SEMA en Camar Cozumel, el cual registra una calidad del aire buena con un nivel de riesgo a la salud bajo. De acuerdo con la única información disponible, el valor de las $PM_{2.5}$ en promedio para el mes de enero de 2023 fue de 10.9 (SEMA, 2023).

IV.2.2.2 Medio biótico

La información recopilada para el presente proyecto se realizó primero bibliográficamente, complementándose con registros levantados en campo. A continuación, se determina y analiza la calidad ambiental del SAR, caracterizando la condición actual de los componentes bióticos y de los procesos ecológicos asociados al mismo para determinar una “línea cero” del estado de conservación o integridad funcional.

### IV.2.2.2.1 Flora

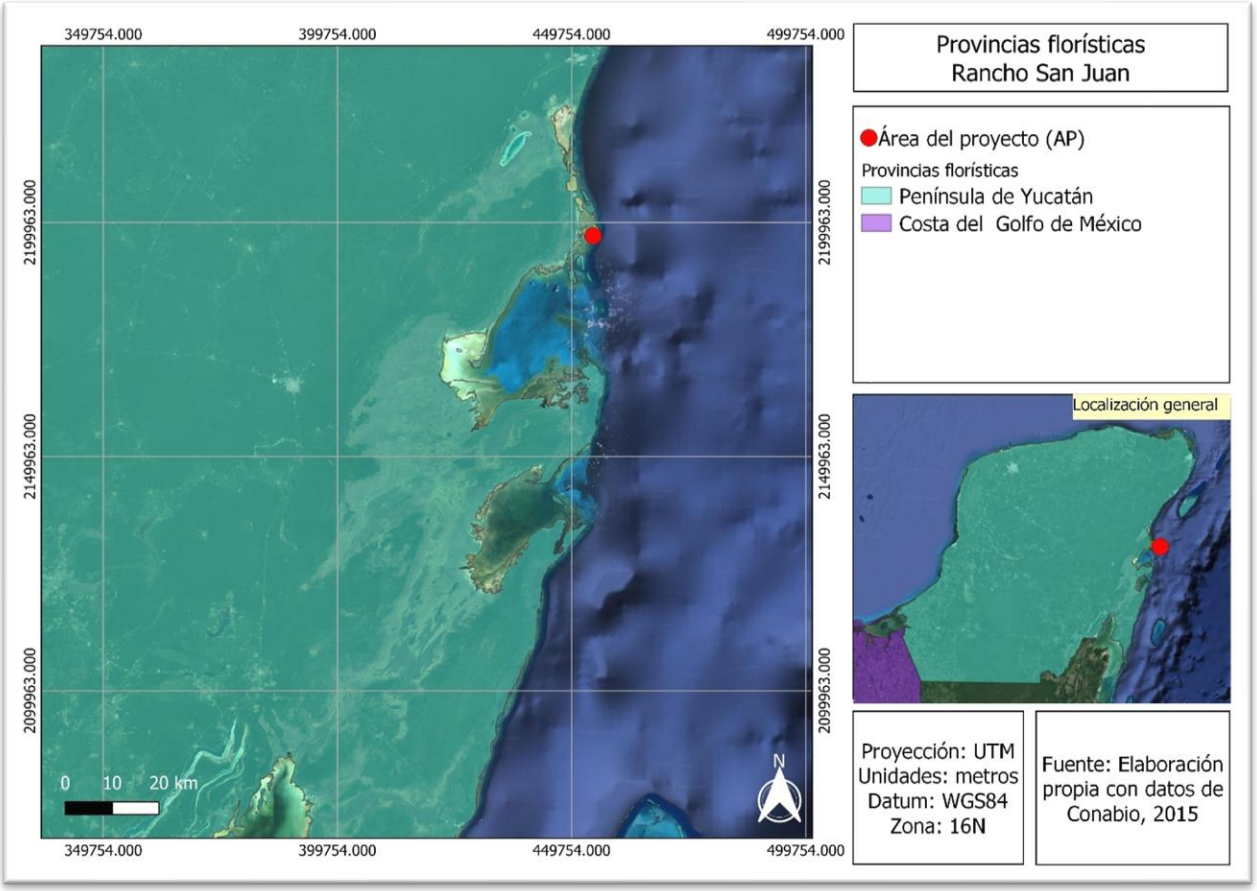
México se encuentra entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y Neotropical, en las cuales hay distintos tipos de climas, así como ecosistemas con diversos grupos de flora y fauna. La zona Neártica abarca todo el norte del país y que corresponde a los desiertos y montañas templadas; por otro lado, la zona Neotropical abarca todas las costas tropicales, centro, sur y sureste del país (Barrera, N. 2012).

Rzedowski, en su libro Vegetación de México, hace una jerarquización de las divisiones florísticas de México, de tal manera que el Reino Holártico tiene dos regiones, la primera es la Pacífica Norteamericana con 2 provincias, que son la Californica e Isla Guadalupe; la segunda es la Región Mesoamericana de Montaña, que incluye 4 provincias denominadas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Serranías Meridionales y Serranías Transístmicas.

Por otra parte, el Reino o Región Neotropical, incluye 2 regiones florísticas, la primera es la denominada Xerofítica Mexicana, que incluye las provincias Baja California, Planicie Costera del Noroeste, Altiplanicie, Planicie Costera del Noreste y Valle de Tehuacán-Cuicatlán; y la Región Caribea con las provincias Costa Pacífica, Islas Revillagigedo, Depresión del Balsas, Soconusco, Costa del Golfo de México y Península de Yucatán.

La región Caribea que se localiza en el Sur y centro de la Península de Yucatán, en las llanuras costeras del Golfo de México y en la Selva Lacandona en Chiapas; el tipo de vegetación de estas zonas es de selva alta y selva mediana.

De las regiones señaladas anteriormente, el Área del Proyecto y el Sistema Ambiental Regional se encuentran en el Reino Neotropical, en la Región Caribea y dentro de la provincia denominada Península de Yucatán, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.19.- Provincias Florísticas de Rzedowski en el SAR**

El SAR definido para el presente proyecto se encuentra en la provincia florística Península de Yucatán. Esta provincia comprende la provincia fisiográfica con el mismo nombre, sus límites meridionales no se pueden determinar aún con exactitud; incluye también al menos una parte de Belice y el Departamento de Petén en Guatemala. El clima es cálido y húmedo en la base de la Península y existe un gradiente de aumento de sequedad en dirección sureste-noroeste.

La vegetación consiste primordialmente de bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y perennifolios. La flora, en general, presenta una gran similitud con la de la provincia anterior, pero destaca un número considerable de endemismos y, además, sus relaciones con las Antillas son más acentuadas que en cualquier otra parte de la República. Al igual que en las provincias de la Costa Pacífica y de la Costa del Golfo de México es notable el empobrecimiento de la flora hacia el noroeste. Los géneros de plantas vasculares sólo conocidos en la Península de Yucatán son los siguientes: Asemnanthe, Beltrania, Goldmanella, Harleya y Plagiolophus. (Rzedowski, 2006). De acuerdo con Morrone, la Provincia de la Península de Yucatán se relaciona estrechamente con las provincias de Chiapas, Golfo de México, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur,

Depresión del Balsas, Costa Pacífica Mexicana y Eje Volcánico Transmexicano (Morrone et al 1999).

La provincia de la Península de Yucatán se caracteriza por taxones de angiospermas: *Gouninia latifolia* var. *guatemalensis* y *G. papillosa* (Poaceae), y *Caesalpinia gaumeri, Pithecelobium lanceolatum* y *P. graciliflorum* (Fabaceae); coleópteros: *Amblygnathus subtinctus* y *Pasimachus purpuratus* (Carabidae), *Ophraella notullata* (Chrysomelidae), *Caecossonus continuus* (Curculionidae), *Conoderus pilatei* (Elateridae), y *Bledius punctatissimus* (Staphylinidae); lepidópteros: *Priamides phanases* y *P. rogeri* (Papilionidae); escamados: *Enyaliosaurus defensor* y *Sceloporus cozumelae* (Iguanidae), y *Bothrops yucatannicus* (Viperidae); aves: *Campylorhynchus yucatanicus* (Certhiidae), *Myarchus yucatanensis* (Tyrannidae), *Leptotila jamaicensis gaumeri* (Columbidae), *Colinus nigrogularis* y *Meleagris ocellata* (Phasianidae), *Campylorhynchus yucatanicus* (Certiidae), *Melenerpes rubricapillus* (Picidae), *Amazona xanthoclora* (Psittacidae), y *Caprimulgus badius* (Caprimulgidae); y mamíferos: *Nasua nasua yucatanica* (Procyonidae), *Cryptotis mayensis* (Soricidae), *Alouatta pigra* (Cebidae), *Heteromys gaumeri* (Heteromyidae), *Otonyctomys hatti* y *Peromyscus yucatanicus* (Muridae), y *Sciurus yucatanensis* (Sciuridae) (Morrone, 2001a; Morrone *et al.,* inéd.).

IV.2.2.2.1.1 Tipos de vegetación y distribución en el Estado de Quintana Roo

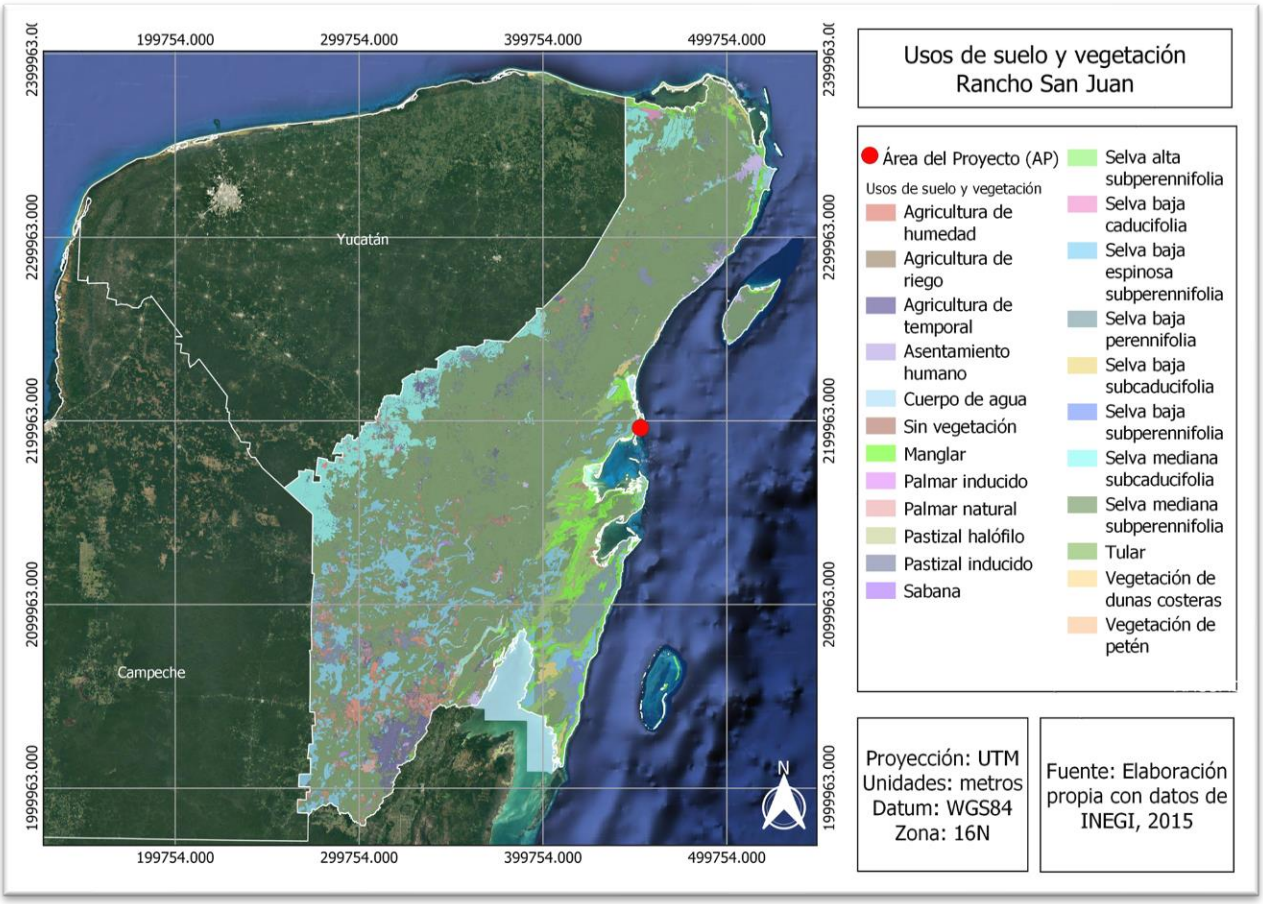
El estado de Quintana Roo es el estado con mayor producción forestal de maderas preciosas. En el 2012 se registró que en este se produjo el 47.9 % de la producción nacional en metros cúbicos rollo (m 3r), seguido por el estado de Veracruz con 20.0 % y Campeche con 15.3 %. Quintana Roo también ocupó el tercer lugar a nivel nacional en producción maderable de comunes tropicales con una producción de 13.7 % (Semarnat, 2013).

Las principales especies de maderas preciosas son el cedro y la caoba y las especies comunes tropicales son muy variadas, entre ellas se encuentran el machiche, granadillo, chicozapote, jabín, tzalam, chechén, ramón, chakte, pucté, entre otros.

En los resultados del Inventario Forestal del Estado de Quintana Roo, 2015, se determinó que en este estado hay una superficie 3,773,023.27 hectáreas se consideran como superficie forestal, lo que representa 84.68 % del estado; las restantes 682,604.15 hectáreas son áreas no forestales, que incluyen áreas agrícolas, pastizales, asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación.

Dentro de la superficie forestal, la formación más abundante en el estado lo representan las selvas altas y medianas con 76.6 %, seguida de las selvas bajas que representan 12.8 %, el

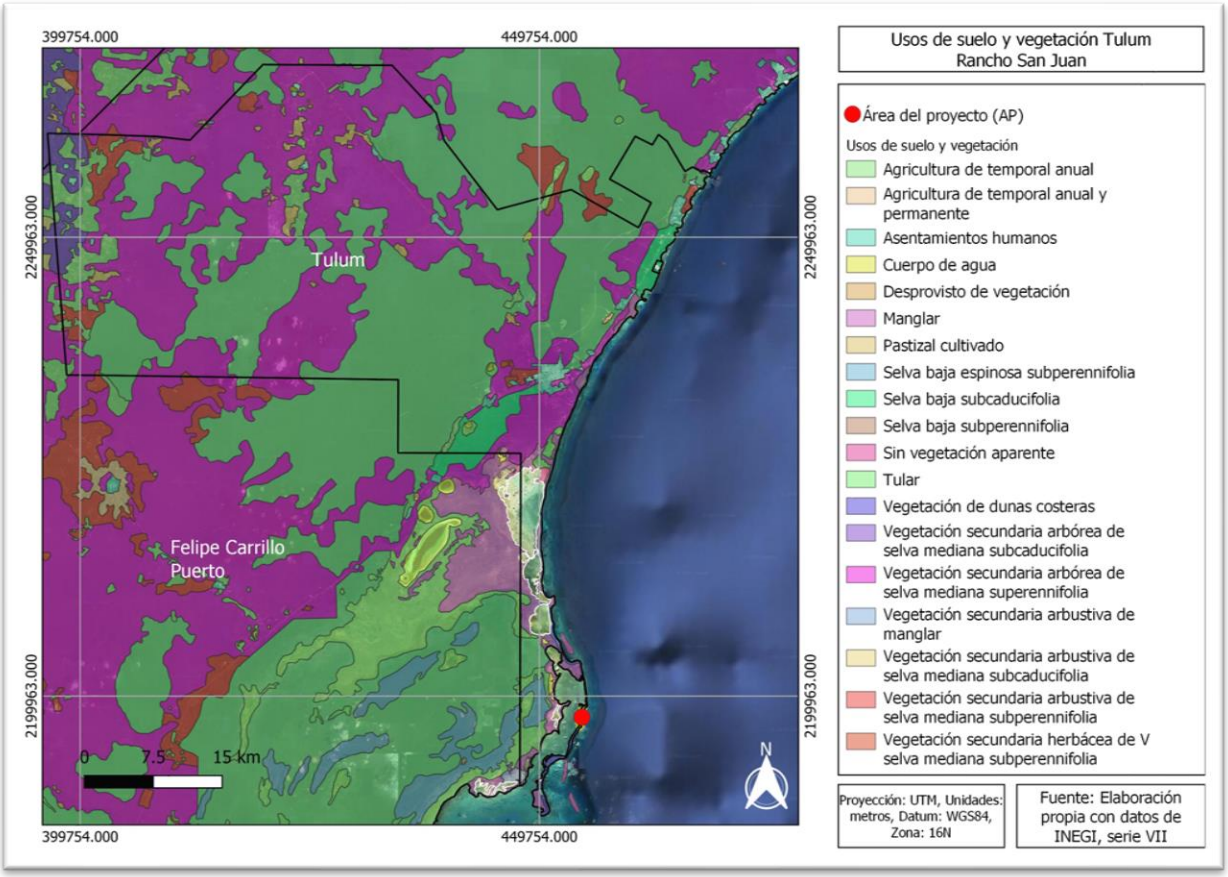
manglar con 4.9 %, otras asociaciones con 0.3 % y otras áreas forestales tienen 5.5 %. Todas estas formaciones corresponden a un clima cálido y con lluvias de regulares a abundantes, lo cual hace que este estado todo el año tenga vegetación verde.




**Mapa IV.20.- Usos de suelo y vegetación del estado de Quintana Roo.**

IV.2.2.2.1.2 Tipos de vegetación en el municipio de Tulum

De acuerdo con la serie VII de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI, en el municipio de Tulum, la mayor superficie la presenta la Selva Mediana Subperennifolia, que representa el 86.62%, seguida por la agricultura de temporal anual con el 4.10%, la Selva Baja Subcaducifolia con el 2.10%, la vegetación de Manglar con 2.03%, los asentamientos humanos con el 1.40%, la vegetación de tular con 1.36%, el pastizal cultivado con el 1.18% y finalmente otros usos de suelo con menos del 1% de la cobertura, como se puede observar en el siguiente mapa y la siguiente tabla:



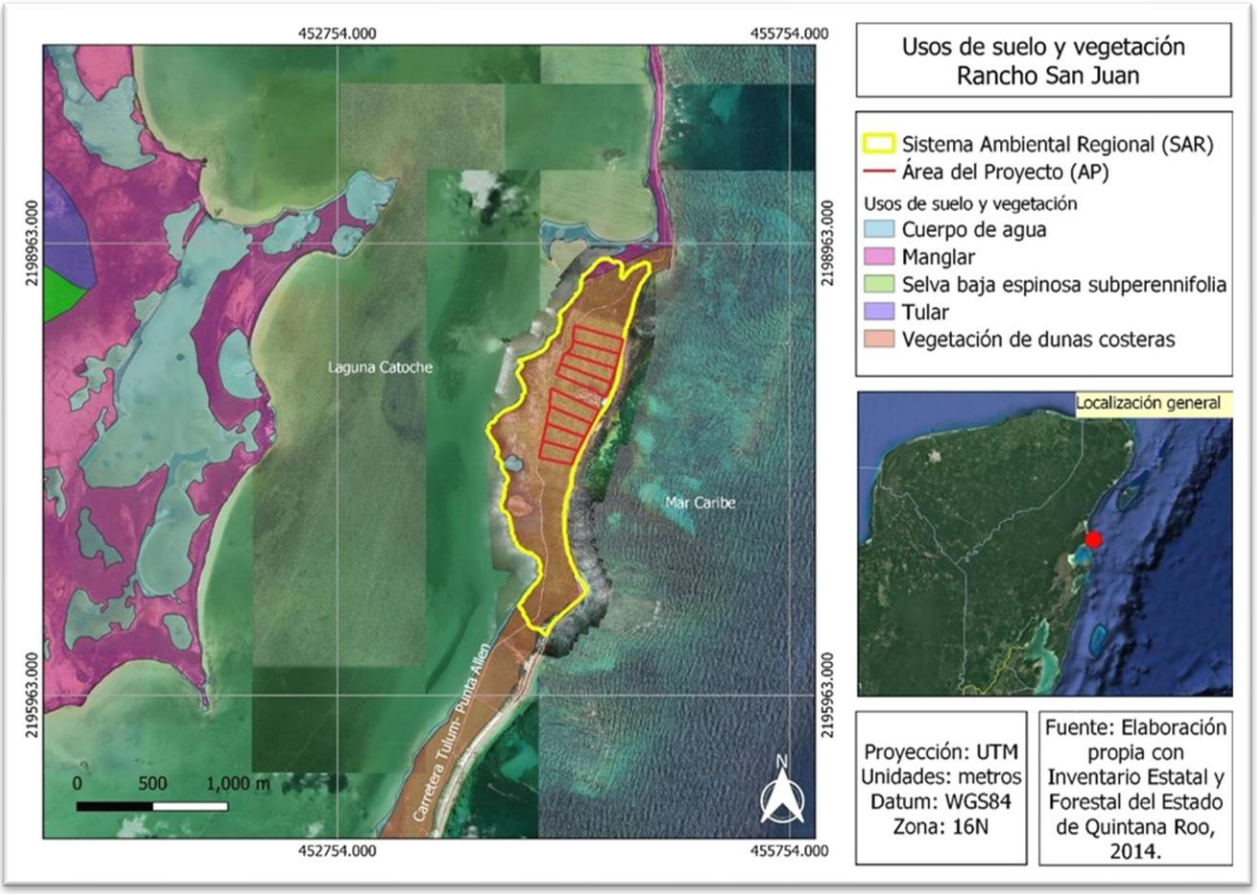

**Mapa IV.21.- Usos de suelo y vegetación en el municipio de Tulum (INEGI, 2015)**

**Tabla IV.11.- Superficies de uso de suelo y vegetación en el municipio de Tulum.**

| Uso de Suelo y Vegetación | Superficie (ha) | Porcentaje |
|---|---|---|
| **Selva Mediana Subperennifolia** | 171,670.02 | 86.62 |
| **Selva Baja Espinosa Subperennifolia** | 975.27 | 0.49 |
| **Selva Baja Subcaducifolia** | 4,156.89 | 2.10 |
| **Manglar** | 4,019.63 | 2.03 |
| **Manglar/VSa** | 82.41 | 0.04 |
| **Tular** | 2,694.88 | 1.36 |
| **Vegetación de Dunas Costeras** | 709.24 | 0.36 |
| **Agricultura de Temporal Anual** | 8,117.99 | 4.10 |
| **Asentamientos Humanos** | 2,766.51 | 1.40 |
| **Cuerpo de Agua** | 419.44 | 0.21 |
| **Desprovisto de Vegetación** | 76.48 | 0.04 |
| **Pastizal Cultivado** | 2,341.41 | 1.18 |
| **Sin Vegetación Aparente** | 157.92 | 0.08 |
| **Total** | **198,188.10** | **100.00** |

### IV.2.2.2.1.3 Usos de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional

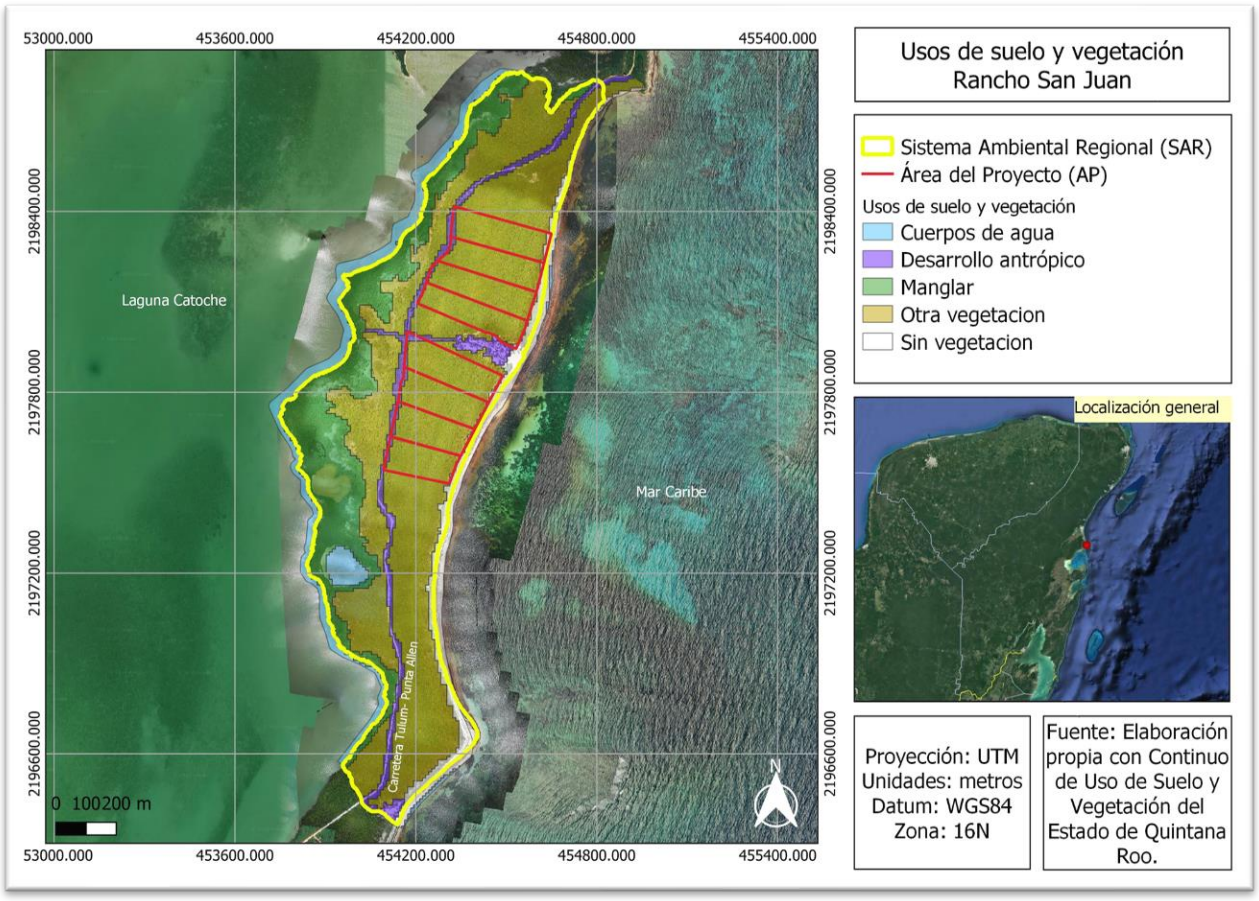
Para la identificación y clasificación de los usos de suelo y tipos de vegetación tanto en el SAR como en el Área del Proyecto, se utilizaron los datos vectoriales del Inventario Estatal Forestal y Suelos del Estado de Quintana Roo (2014). En la siguiente Figura, se puede apreciar que de acuerdo con esta fuente, de los usos de suelo y vegetación que se distribuyen en el SAR, la mayoría corresponde a áreas cubiertas con Vegetación de Dunas Costera, presentando una pequeña superficie de manglar.




**Mapa IV.22.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR.**

Fuente: Inventario Estatal y Forestal del Estado de Quintana Roo.

Se consultó también el continuo del Uso de Suelo y Vegetación del estado de Quintana Roo, escala 1:50 000, derivada de la clasificación supervisada de imágenes Rapid Eye, tomadas entre los años 2011 y 2012, lo cual se observa en la siguiente Figura y las superficies corresponden a la siguiente tabla:




**Mapa IV.23.- Usos de suelo y vegetación en el SAR**

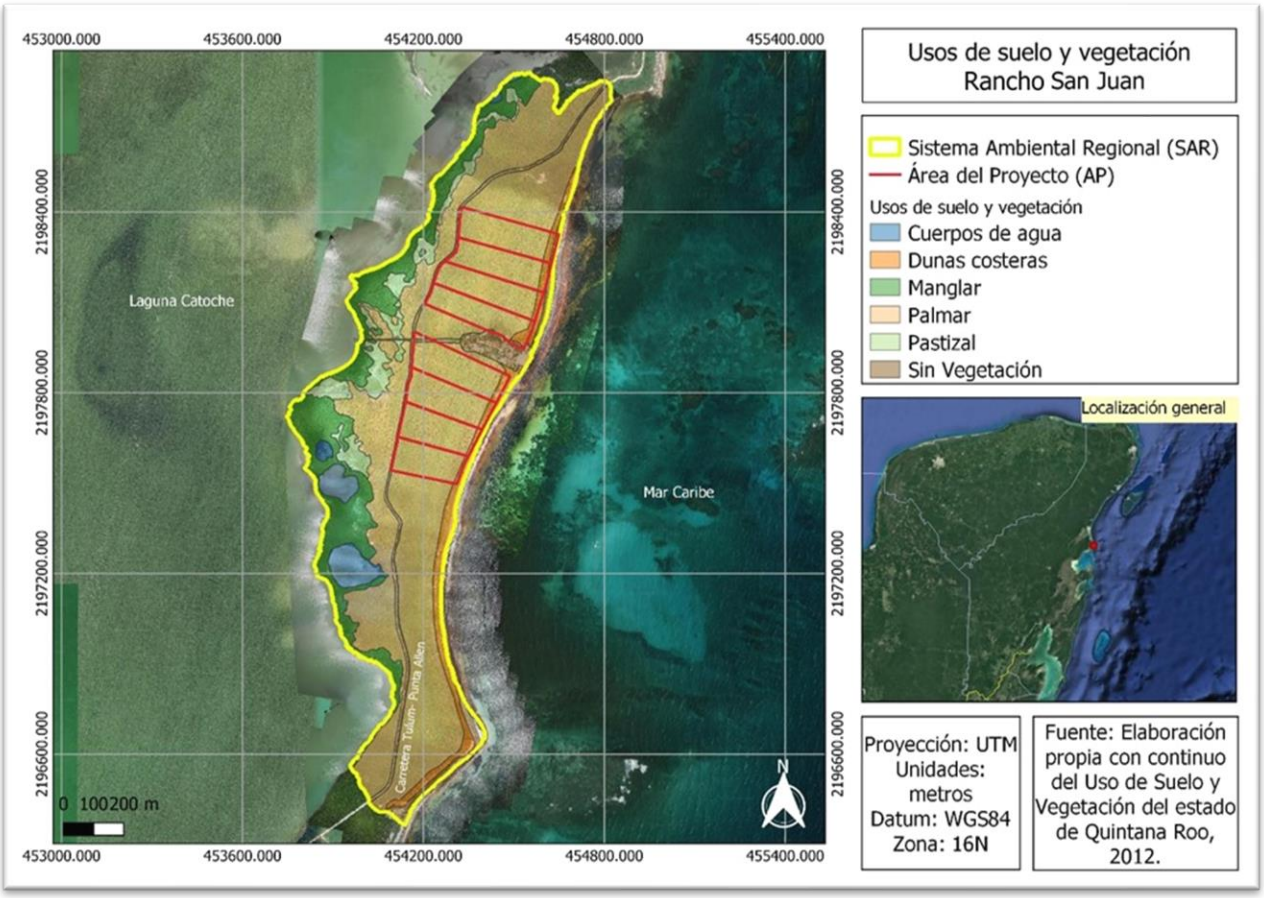
**Tabla IV.12.- Usos de suelo y vegetación en el SAR**

| Uso de Suelo y Vegetación | Superficie (ha) | % |
|---|---|---|
| **Cuerpos de agua** | 10.22 | 8.3 |
| **Desarrollo antrópico** | 7.59 | 6.2 |
| **Manglar** | 23.27 | 19.0 |
| **Otra vegetación (Dunas Costeras)** | 71.73 | 58.6 |
| **Sin vegetación** | 9.64 | 7.9 |
| **Total** | **122.45** | **100.0** |

En esta Figura se observan con más detalle los tipos predominantes de la vegetación, en donde el tipo de vegetación manglar se registra para este estudio, sin embargo, se perciben algunas imprecisiones en cuanto a la vegetación de dunas costeras, denominándola como “otra vegetación”.

Por lo anterior, con la intención de esclarecer esta información y de identificar con mayor precisión los usos de suelo y vegetación en el SAR se llevó a cabo una verificación en campo, donde de

manera minuciosa se realizaron observaciones y un muestreo de los diferentes tipos de vegetación existentes en la actualidad, determinando claramente los ecotonos entre éstos y su ubicación georreferenciada tanto para el SAR como para el Área del Proyecto, quedando como se muestra a continuación:




**Mapa IV.24.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR.**

De acuerdo con la información citada, en el SAR del proyecto prevalecen los usos de suelo y vegetación que se muestran en la siguiente Tabla:

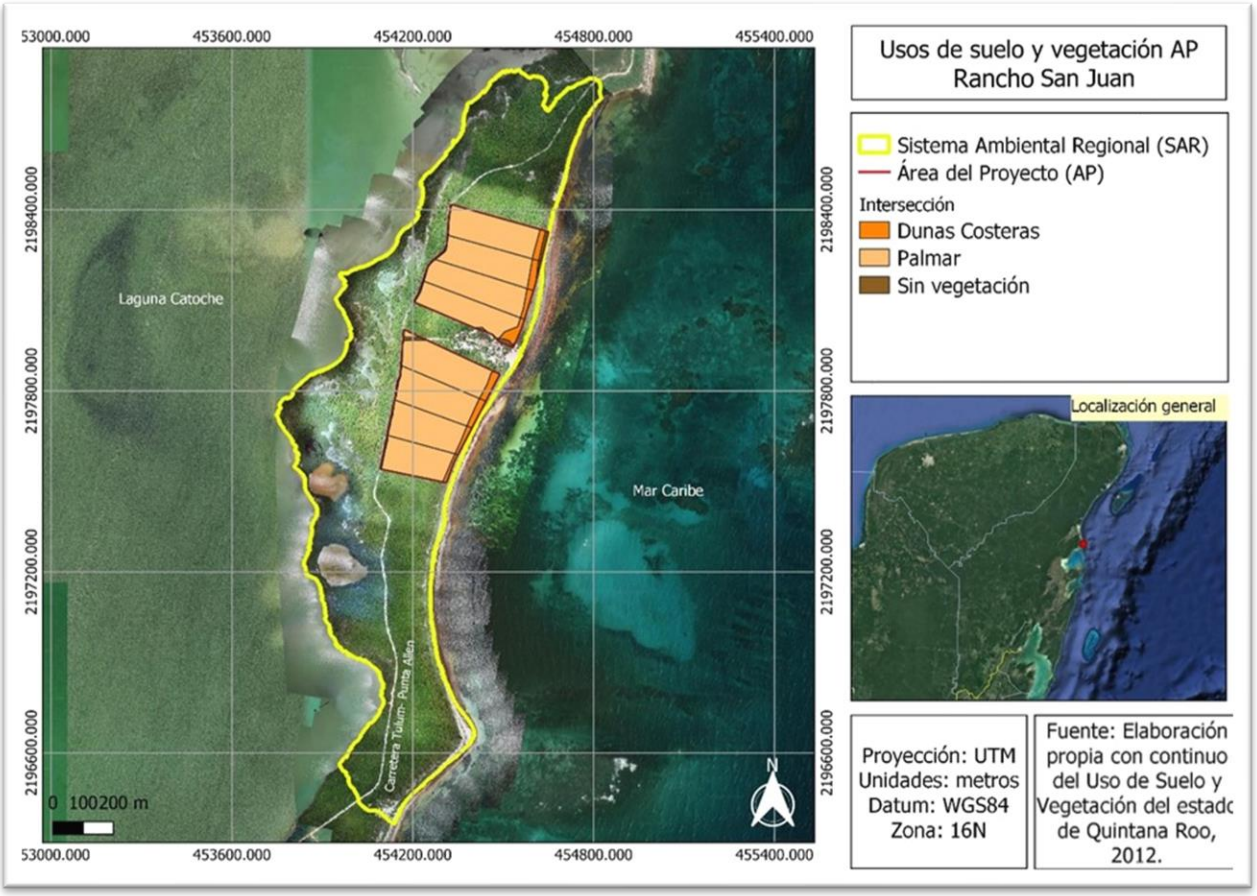
**Tabla IVV.13.- Usos de suelo y vegetación en el SAR.**

| Usos de Suelo y Vegetación | Superficie (Ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| Manglar | 16.42 | 15.39 |
| Pastizal | 5.38 | 5.04 |
| Vegetación de selva con palma Chit | 69.83 | 65.44 |
| Dunas costeras | 5.04 | 4.72 |
| Sin cobertura vegetal | 6.81 | 6.38 |
| Cuerpos de agua | 3.24 | 3.04 |

| Usos de Suelo y Vegetación | Superficie (Ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| **Total** | **106.71** | **100.00** |

IV.2.2.2.1.4 Usos de suelo y vegetación en el Área del Proyecto

Para determinar los usos de suelo y tipo de vegetación en el Área del Proyecto, se realizó un análisis de imágenes de satélite tomadas del Google Earth para identificar los usos del suelo actuales y el tipo de vegetación presentes, además de verificaciones en campo, con lo que se integró el siguiente mapa:




**Mapa IV.25.- Usos de suelo y vegetación en el Área del Proyecto.**

El uso de suelo dominante es el de selva con palmar de chit con el 93.42% de la superficie total, vegetación de dunas costeras con el 5.39% y las áreas sin cobertura vegetal con 1.19%, como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.14.- Usos de Suelo y Vegetación en el Área del Proyecto.**

| Usos de Suelo y Vegetación | ha | % |
|---|---|---|
| **Dunas Costeras** | 1.31 | 5.39 |
| **Palmar de Chit** | 22.71 | 93.42 |
| **Sin Cobertura Vegetal** | 0.29 | 1.19 |
| **Total** | **24.31** | **100.00** |

A continuación, se hace la descripción de los usos de suelo y vegetación que se distribuyen en el SAR y en el Área del Proyecto, de acuerdo con la Guía para la interpretación de cartografía de uso de suelo y vegetación escala 1:250,000 serie V (INEGI, 2018).

### Manglar

El Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, señala que en esta se distribuye manglar chaparro y manglar de franja. Este último se presenta en los bordes de las lagunas y se ha registrado con alturas de hasta 12 metros, pero más comúnmente de 6 a 8 metros. Se compone principalmente de las especies *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Esta descripción corresponde con la vegetación de Manglar que se distribuye en el SAR.

El manglar de franja se distribuye en la parte oeste del Área del Proyecto en los límites con la Laguna Catoche, en donde son abundantes los árboles de la especie *Rhizophora mangle* (mangle rojo), también se presentan algunos elementos con baja densidad de *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). El estado de conservación que guardan es bueno y la actividad antrópica es mínima. Los procesos naturales de hábitat para la fauna silvestre son evidentes, además de que las especies acuáticas se desarrollan y usan como hábitat y fuente de alimento estos árboles. Es importante mencionar que este tipo de vegetación no se afectará directamente por las obras y actividades del proyecto, pues se encuentra a más de 200 metros lineales del AP. En el capítulo III se hace una descripción del cumplimiento con la normatividad legal (Leyes y reglamentos), así como lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2003 y lo establecido en el artículo 60 TER.



**Fotografía IVV.1.- Vista general de la vegetación de Manglar en el SAR.**

### Pastizal Inducido

Es una comunidad dominada por gramíneas en el que el largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses, en zonas húmedas éste permanece verde durante todo el año, pero de igual manera se mantiene con alturas bajas. En general cubre densamente el suelo, pero por lo común da la impresión de estar sobrepastoreado; su distribución está asociada a procesos de sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal.

En el SAR del proyecto, la única especie dominante es *Sporobolus spartinus* (espartina), planta semiacuática terrestre, sin rizomas, con raíces gruesas, culmos de 60- 237 cm de alto, cespitosos, duros, no carnosos, formando densos macollos hasta de más de 50 cm de diámetro, erectos, generalmente glabros. Se encuentra en una gran diversidad de tipos de vegetación principalmente en manglares, mezquitales y en pastizales halófilos; en suelos salinos, en zonas inundables y en zonas con poca humedad, nunca sumergidas. Suele estar en asociación con *Borrichia frutescens* (L.) DC., *Rhizophora* mangle, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans.* (Del Rocío Nieto-Silva, 2015).

Este tipo de vegetación sólo se distribuye en el SAR, en el que la especie dominante es *Sporobolus spartinus* (espartina), formando manchones de vegetación y algunos espacios sin

vegetación que exponen el suelo a los fenómenos climatológicos. El estado de conservación que guardan es bueno.



**Fotografía IVV.2.- Vista general del Pastizal Inducido en el SAR.**

### Vegetación de dunas costeras

En los recorridos en las dunas costeras, se identificaron las siguientes especies: *Melanthera nivea* (Totolquelite), *Euphorbia mesembrianthemifolia* (Alfombra de arena), *Euphorbia ophthalmica* (Hierba de la Golondrina), *Mimosa pigra* (Zarza negra), *Cenchrus echinatus* (Zacate Cadillo).



**Fotografía IVV.3.- Vista de la Vegetación de Dunas Costeras en el SAR.**

El estado de conservación que presenta este tipo de vegetación es excelente o bueno, debido a que en estas zonas del SAR la actividad antrópica es mínima o limitada porque tanto el AP como los terrenos vecinos corresponden a propiedad privada en las que el acceso a la playa es controlado o limitado.

### Vegetación de selva con palma chit

Vegetación dominada por especies de baja abundancia como: *Metopium brownei* (Chechem negro), *Pithecellobium keyense* (Guamúchil), *Morella cerífera* (Árbol de Cera), *Cocos nucifera* (Coco), *Dendropanax arboreus* (sak chakaj), *Gymnanthes lucida* (Yaiti), *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Chrysobalanus icaco* (Ciruela Blanca), *Neea psychotrioides* (ta'tsi') y *Sideroxylon salicifolium* (Sak-chum), y plantas de la familia Arecaceae, en este caso de la especie *Thrinax radiata* (Palma Chit), este tipo de vegetación presenta una altura máxima de 14 metros y diámetro normal (DAP) promedio de 12 cm.

El estado de conservación que presenta este tipo de vegetación es bueno, toda vez que presentan una cobertura vegetal mayor al 75%, baja actividad antrópica y presencia de actividad de fauna silvestre.



**Fotografía IV.4.- Vista general de la vegetación de selva con palma Chit (huano de la costa).**

### Áreas sin Cobertura Vegetal

En el SAR las áreas sin cobertura vegetal, corresponden a la carretera Tulum- Punta Allen, además de caminos de terracería y un área desmontada con una casa habitación, como se muestra en las siguientes Fotografías:



**Fotografía IVV.5.- Vista general de las áreas sin cobertura vegetal en el SAR.**

Cuerpos de Agua

Son áreas que incluyen elementos que no forman parte de la cobertura vegetal ni de las áreas manejadas, pero inciden en su distribución. Su identificación se basa en la interpretación espacial y temporalidad de las imágenes de satélite y se incluye como parte de las labores de actualización de la información de usos de suelo y vegetación. En el SAR del proyecto, corresponde a dos cuerpos de agua como se muestra en la siguiente Figura:




**Figura IVV.3.- Vista general de los Cuerpos de Agua.**

### IV.2.2.2.1.5 Listado bibliográfico de flora en el SAR

Para tener una referencia de la diversidad de especies con potencial distribución en el SAR, se consultó el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO. Para lo cual, el listado potencial de distribución de especies de interés ecológico, que se muestra en la siguiente Tabla, corresponde al municipio de Tulum en el cual se encuentran el SAR y el Área del Proyecto:

**Tabla IVV.15.- Especies de flora silvestre de distribución potencial en el SAR y Área del Proyecto.**

| Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN | Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| Acanthaceae | *Avicennia germinans* | LC | Fabaceae | *Mimosa acantholoba* | LC |
| | *Bravaisia integerrima* | LC | | *Mimosa pigra* | LC |
| Aizoaceae | *Sesuvium portulacastrum* | LC | | *Mimosa quadrivalvis* | LC |
| Amaranthaceae | *Celosia argentea* | LC | | *Neptunia oleracea* | LC |
| Anacardiaceae | *Amphipterygium adstringens* | VU | | *Parkinsonia aculeata* | LC |
| | *Pseudosmodingium perniciosum* | LC | | *Phaseolus lunatus* | LC |
| | *Spondias purpurea* | LC | | *Phaseolus micranthus* | LC |
| Annonaceae | *Annona glabra* | LC | | *Pithecellobium dulce* | LC |
| | *Annona muricata* | LC | | *Pithecellobium lanceolatum* | LC |
| | *Annona reticulata* | LC | | *Pithecellobium unguis-cati* | LC |
| | *Annona squamosa* | LC | | *Senegalia polyphylla* | LC |
| | *Sapranthus violaceus* | LC | | *Senna atomaria* | LC |
| Apocynaceae | *Cascabela ovata* | LC | | *Senna fruticosa* | LC |
| | *Cascabela thevetia* | LC | | *Senna obtusifolia* | LC |
| | *Nerium oleander* | LC | | *Senna occidentalis* | LC |
| | *Plumeria rubra* | LC | | *Senna pallida* | LC |
| | *Rauvolfia ligustrina* | LC | | *Swartzia simplex* | LC |
| | *Tabernaemontana amygdalifolia* | LC | | *Tara cacalaco* | LC |
| | *Thevetia ahouai* | LC | | *Zapoteca formosa* | LC |
| | *Tonduzia longifolia* | LC | | *Zapoteca tetragona* | LC |
| Araceae | *Pistia stratiotes* | LC | Heliotropiaceae | *Euploca procumbens* | LC |

| Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN | Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| Araliaceae | *Oreopanax peltatus* | VU | | *Tournefortia glabra* | LC |
| | *Oreopanax xalapensis* | LC | Hernandiaceae | *Gyrocarpus jatrophifolius* | LC |
| Arecaceae | *Chamaedorea pochutlensis* | LC | Lamiaceae | *Hyptis oblongifolia* | LC |
| | *Cryosophila nana* | NT | Lauraceae | *Damburneya salicifolia* | LC |
| | *Sabal mexicana* | LC | | *Nectandra hihua* | LC |
| Asparagaceae | *Beaucarnea recurvata* | CR | | *Persea americana* | VU |
| Asteraceae | *Eclipta prostrata* | LC | Malpighiaceae | *Bunchosia guatemalensis* | LC |
| | *Helianthus annuus* | LC | | *Byrsonima crassifolia* | LC |
| Bignoniaceae | *Astianthus viminalis* | LC | | *Heteropterys laurifolia* | LC |
| | *Crescentia alata* | LC | | *Malpighia glabra* | LC |
| | *Crescentia cujete* | LC | Malvaceae | *Abutilon haenkeanum* | LC |
| | *Roseodendron donnell-smithii* | LC | | *Ceiba aesculifolia* | LC |
| | *Spathodea campanulata* | LC | | *Ceiba pentandra* | LC |
| | *Tabebuia rosea* | LC | | *Gossypium hirsutum* | VU |
| | *Tecoma stans* | LC | | *Guazuma ulmifolia* | LC |
| Bixaceae | *Bixa orellana* | LC | | *Heliocarpus occidentalis* | LC |
| Bromeliaceae | *Tillandsia ionantha* | LC | | *Heliocarpus pallidus* | LC |
| Burseraceae | *Bursera arborea* | NT | | *Hibiscus tiliaceus* | LC |
| | *Bursera coyucensis* | NT | | *Melochia pyramidata* | LC |
| | *Bursera excelsa* | LC | | *Pachira aquatica* | LC |
| | *Bursera fagaroides* | LC | | *Pseudobombax ellipticum* | LC |
| | *Bursera simaruba* | LC | | *Triumfetta semitriloba* | LC |
| Cactaceae | *Acanthocereus tetragonus* | LC | | *Waltheria indica* | LC |
| | *Deamia testudo* | LC | Marantaceae | *Thalia geniculata* | LC |
| | *Epiphyllum oxypetalum* | LC | Melastomataceae | *Conostegia xalapensis* | LC |
| | *Opuntia cochenillifera* | DD | Meliaceae | *Trichilia americana* | LC |

| Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN | Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Opuntia microdasys* | LC | | *Trichilia martiana* | LC |
| | *Opuntia puberula* | LC | | *Trichilia trifolia* | LC |
| | *Pachycereus pecten-aboriginum* | LC | Moraceae | *Castilla elastica* | LC |
| | *Stenocereus kerberi* | LC | | *Ficus aurea* | LC |
| | *Stenocereus standleyi* | LC | | *Ficus cotinifolia* | LC |
| Cannabaceae | *Aphananthe monoica* | LC | | *Ficus maxima* | LC |
| | *Celtis iguanaea* | LC | | *Ficus obtusifolia* | LC |
| Capparaceae | *Crateva tapia* | LC | | *Ficus pertusa* | LC |
| | *Cynophalla flexuosa* | LC | | *Trophis racemosa* | LC |
| | *Cynophalla verrucosa* | LC | Myrtaceae | *Eugenia capuli* | LC |
| Caricaceae | *Carica papaya* | DD | | *Eugenia salamensis* | EN |
| | *Jacaratia mexicana* | LC | | *Psidium guajava* | LC |
| Combretaceae | *Combretum farinosum* | LC | Nyctaginaceae | *Pisonia aculeata* | LC |
| | *Conocarpus erectus* | LC | Onagraceae | *Ludwigia octovalvis* | LC |
| | *Laguncularia racemosa* | LC | Passifloraceae | *Turnera ulmifolia* | LC |
| Commelinaceae | *Commelina diffusa* | LC | Picramniaceae | *Alvaradoa amorphoides* | LC |
| Convolvulaceae | *Aniseia martinicensis* | LC | Piperaceae | *Piper amalago* | LC |
| | *Ipomoea alba* | LC | | *Piper hispidum* | LC |
| | *Ipomoea batatas* | DD | Poaceae | *Arundo donax* | LC |
| | *Ipomoea cordatotriloba* | LC | | *Axonopus compressus* | LC |
| | *Ipomoea pes-caprae* | LC | | *Bouteloua gracilis* | LC |
| | *Ipomoea triloba* | LC | | *Cenchrus echinatus* | LC |
| Cordiaceae | *Cordia dentata* | LC | | *Digitaria horizontalis* | LC |
| | *Cordia elaeagnoides* | LC | | *Echinochloa colona* | LC |
| | *Varronia bullata* | LC | | *Echinochloa crus-galli* | LC |
| Cucurbitaceae | *Cucurbita argyrosperma* | LC | | *Eragrostis prolifera* | LC |
| | *Cucurbita okeechobeensis* | DD | | *Panicum trichoides* | LC |
| Cyperaceae | *Cyperus articulatus* | LC | | *Paspalum clavuliferum* | LC |

| Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN | Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Cyperus iria* | LC | | *Paspalum conjugatum* | LC |
| | *Cyperus lanceolatus* | LC | | *Paspalum plicatulum* | LC |
| | *Cyperus luzulae* | LC | | *Phragmites australis* | LC |
| | *Eleocharis geniculata* | LC | | *Schizachyrium brevifolium* | LC |
| Dilleniaceae | *Curatella americana* | LC | | *Sporobolus indicus* | LC |
| Ehretiaceae | *Bourreria superba* | EN | | *Sporobolus virginicus* | LC |
| Erythroxylaceae | *Erythroxylum areolatum* | LC | | *Zea mays* | LC |
| Euphorbiaceae | *Cnidoscolus multilobus* | LC | Polygonaceae | *Coccoloba barbadensis* | LC |
| | *Cnidoscolus tepiquensis* | VU | | *Coccoloba uvifera* | LC |
| | *Croton suberosus* | LC | | *Persicaria punctata* | LC |
| | *Euphorbia heterophylla* | LC | Primulaceae | *Bonellia macrocarpa* | LC |
| | *Euphorbia pulcherrima* | LC | | *Bonellia nervosa* | LC |
| | *Hippomane mancinella* | LC | Rhizophoraceae | *Rhizophora mangle* | NT |
| | *Hura polyandra* | LC | Rubiaceae | *Chiococca alba* | LC |
| | *Jatropha gossypiifolia* | LC | | *Guettarda elliptica* | LC |
| | *Jatropha ortegae* | EN | | *Hamelia patens* | LC |
| | *Jatropha sympetala* | VU | | *Hamelia xorullensis* | LC |
| | *Manihot aesculifolia* | LC | | *Hintonia latiflora* | LC |
| | *Manihot chlorosticta* | NT | | *Machaonia acuminata* | LC |
| | *Sapium glandulosum* | LC | | *Randia aculeata* | LC |
| | *Sapium lateriflorum* | LC | | *Randia armata* | LC |
| | *Sapium macrocarpum* | VU | | *Randia malacocarpa* | NT |
| Fabaceae | *Acacia farnesiana* | LC | | *Randia tetracantha* | LC |
| | *Acacia macracantha* | LC | | *Spermacoce tenuior* | LC |
| | *Acaciella angustissima* | LC | Rutaceae | *Esenbeckia berlandieri* | EN |
| | *Apoplanesia paniculata* | LC | Salicaceae | *Casearia arguta* | LC |
| | *Ateleia standleyana* | EN | | *Casearia corymbosa* | LC |

| Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN | Familia | Nombre Científico | Categoría IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Bauhinia divaricata* | LC | | *Salix humboldtiana* | LC |
| | *Bauhinia pauletia* | LC | Sapindaceae | *Cardiospermum halicacabum* | LC |
| | *Bauhinia variegata* | LC | Sapotaceae | *Manilkara zapota* | LC |
| | *Caesalpinia bonduc* | LC | | *Pouteria campechiana* | LC |
| | *Caesalpinia pulcherrima* | LC | Scrophulariaceae | *Buddleja sessiliflora* | LC |
| | *Canavalia rosea* | LC | Solanaceae | *Capsicum annuum* | LC |
| | *Coursetia caribaea* | LC | | *Cestrum nocturnum* | LC |
| | *Crotalaria cajanifolia* | LC | | *Physalis (Rydbergis) pruinosa* | LC |
| | *Crotalaria longirostrata* | LC | | *Solanum viarum* | LC |
| | *Delonix regia* | LC | Staphyleaceae | *Turpinia occidentalis* | LC |
| | *Desmanthus virgatus* | LC | Typhaceae | *Typha domingensis* | LC |
| | *Entada polystachya* | LC | | *Typha latifolia* | LC |
| | *Enterolobium cyclocarpum* | LC | Urticaceae | *Cecropia obtusifolia* | LC |
| | *Gleditsia triacanthos* | LC | | *Urera baccifera* | LC |
| | *Gliricidia sepium* | LC | | *Urera caracasana* | LC |
| | *Grona barbata* | LC | | *Urera pacifica* | LC |
| | *Haematoxylum brasiletto* | LC | Verbenaceae | *Citharexylum affine* | LC |
| | *Hesperalbizia occidentalis* | EN | | *Duranta erecta* | LC |
| | *Hymenaea courbaril* | LC | | *Phyla nodiflora* | LC |
| | *Inga vera* | LC | | *Stachytarpheta jamaicensis* | LC |
| | *Leucaena diversifolia* | VU | Vitaceae | *Cissus verticillata* | LC |
| | *Leucaena lanceolata* | LC | | *Parthenocissus quinquefolia* | LC |
| | *Lonchocarpus sericeus* | LC | | | |
| | *Lysiloma acapulcense* | LC | | | |
| | *Lysiloma divaricatum* | LC | | | |

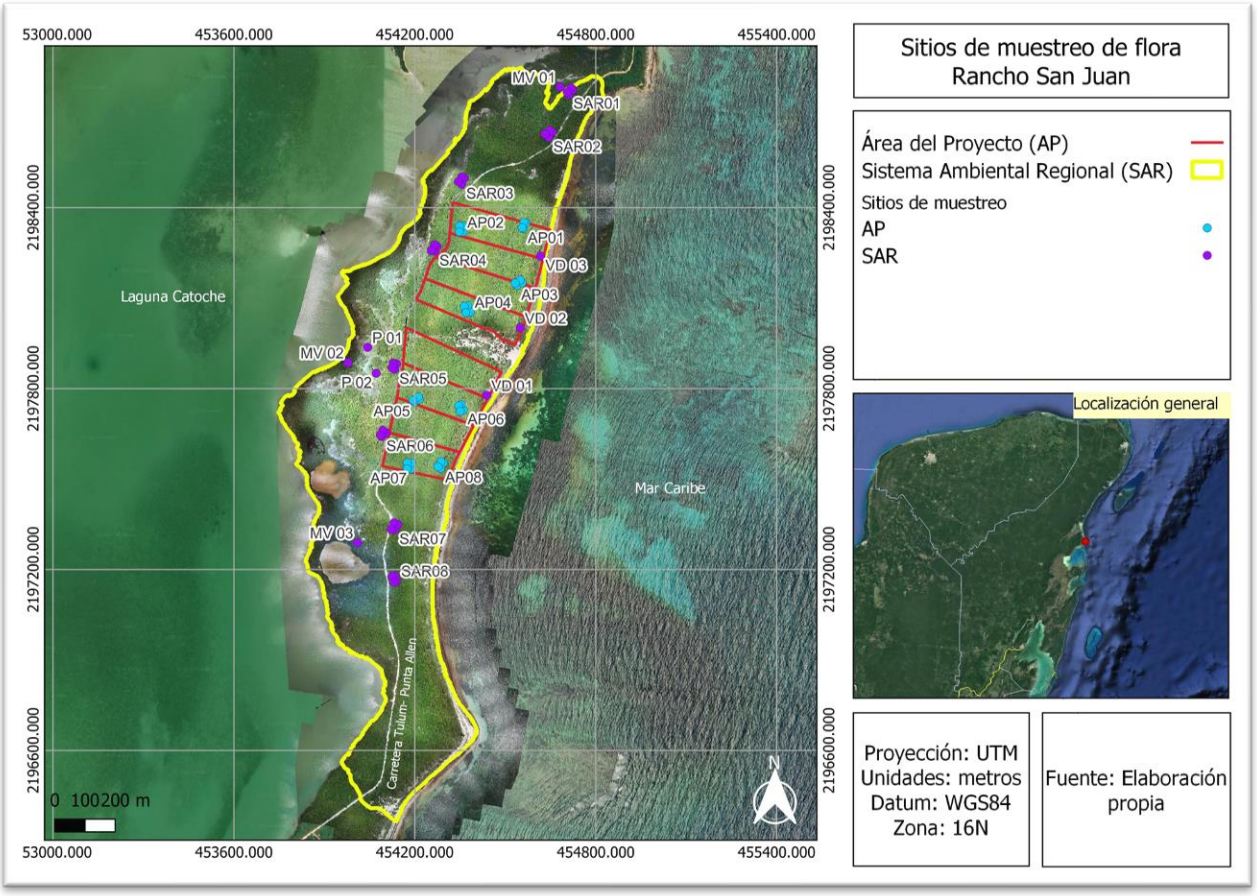
Conforme a la tabla anterior, 251 especies se consideran con alguna categoría de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), mientras que sólo 24 especies están listadas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) y finalmente 13 especies están listadas en la NOM-059 como Amenazadas y en Protección (Pr), como se puede observar en la siguiente Tabla:

**Tabla IVV.16.- Especies potenciales en el SAR listadas en la NOM-059 SEMARNAT-2010.**

| Familia | Nombre Científico | CITES | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| Acanthaceae | *Avicennia germinans* | | A |
| | *Bravaisia integerrima* | | A |
| Arecaceae | *Chamaedorea pochutlensis* | | A |
| | *Cryosophila nana* | | A |
| Asparagaceae | *Beaucarnea recurvata* | Apéndice II | A |
| Burseraceae | *Bursera arborea* | | A |
| | *Bursera coyucensis* | | Pr |
| Cactaceae | *Acanthocereus tetragonus* | Apéndice II | |
| | *Deamia testudo* | Apéndice II | |
| | *Epiphyllum oxypetalum* | Apéndice II | |
| | *Opuntia cochenillifera* | Apéndice II | |
| | *Opuntia microdasys* | Apéndice II | |
| | *Opuntia puberula* | Apéndice II | |
| | *Pachycereus pecten-aboriginum* | Apéndice II | |
| | *Stenocereus kerberi* | Apéndice II | |
| | *Stenocereus standleyi* | Apéndice II | |
| Combretaceae | *Conocarpus erectus* | | A |
| | *Laguncularia racemosa* | | A |
| Euphorbiaceae | *Euphorbia heterophylla* | Apéndice II | |
| | *Euphorbia pulcherrima* | Apéndice II | |
| | Sapium macrocarpum | | A |
| Fabaceae | *Hesperalbizia occidentalis* | | A |
| Malvaceae | *Gossypium hirsutum* | | Pr |
| Rhizophoraceae | *Rhizophora mangle* | | A |
| *NT: A: Amenazada y Pr: Sujeta a protección especial* | | | |

### IV.2.2.2.1.6 Metodología de muestreo de flora silvestre en campo

Para conocer la diversidad y abundancia de especies en el SAR y en el Área del Proyecto, se realizó un muestreo sistemático al azar en junio de 2022 en el que se distribuyeron 16 sitios de muestreo en el SAR y 8 en el Área del Proyecto, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.26.- Sitios de muestreo en el SAR y AP**

Las coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo de flora realizados en el SAR y en el Área del Proyecto, se enlistan en la siguiente tabla:

**Tabla IV.17.- Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre.**

| Lugar | Sitio | Vértice | X | Y | Latitud N | Longitud O |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SAR | 1 | 1 | 454712 | 2198776 | 19°53' 04.775" N | 87°25' 57.449" W |
| | | 2 | 454725 | 2198791 | 19°53' 05.264" N | 87°25' 57.003" W |
| | | 3 | 454719 | 2198797 | 19°53' 05.459" N | 87°25' 57.210" W |
| | | 4 | 454706 | 2198783 | 19°53' 05.003" N | 87°25' 57.656" W |
| | 2 | 1 | 454645 | 2198633 | 19°53' 00.118" N | 87°25' 59.740" W |
| | | 2 | 454657 | 2198651 | 19°53' 00.709" N | 87°25' 59.317" W |
| | | 3 | 454648 | 2198656 | 19°53' 00.866" N | 87°25' 59.639" W |
| | | 4 | 454632 | 2198644 | 19°53' 00.459" N | 87°26' 00.192" W |
| | 3 | 1 | 454356 | 2198478 | 19°52' 55.051" N | 87°26' 09.665" W |
| | | 2 | 454365 | 2198498 | 19°52' 55.702" N | 87°26' 09.357" W |
| | | 3 | 454356 | 2198502 | 19°52' 55.832" N | 87°26' 09.667" W |

| Lugar | Sitio | Vértice | X | Y | Latitud N | Longitud O |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 454345 | 2198486 | 19°52' 55.310" N | 87°26' 10.044" W |
| | 4 | 1 | 454267 | 2198256 | 19°52' 47.822" N | 87°26' 12.705" W |
| | | 2 | 454274 | 2198271 | 19°52' 48.310" N | 87°26' 12.466" W |
| | | 3 | 454266 | 2198277 | 19°52' 48.505" N | 87°26' 12.742" W |
| | | 4 | 454255 | 2198258 | 19°52' 47.886" N | 87°26' 13.118" W |
| | 5 | 1 | 454134 | 2197864 | 19°52' 35.058" N | 87°26' 17.244" W |
| | | 2 | 454140 | 2197882 | 19°52' 35.643" N | 87°26' 17.031" W |
| | | 3 | 454129 | 2197885 | 19°52' 35.741" N | 87°26' 17.418" W |
| | | 4 | 454125 | 2197869 | 19°52' 35.220" N | 87°26' 17.554" W |
| | 6 | 1 | 454091 | 2197641 | 19°52' 27.800" N | 87°26' 18.703" W |
| | | 2 | 454105 | 2197653 | 19°52' 28.191" N | 87°26' 18.222" W |
| | | 3 | 454094 | 2197662 | 19°52' 28.483" N | 87°26' 18.601" W |
| | | 4 | 454086 | 2197646 | 19°52' 27.962" N | 87°26' 18.875" W |
| | 7 | 1 | 454134 | 2197332 | 19°52' 17.751" N | 87°26' 17.196" W |
| | | 2 | 454144 | 2197350 | 19°52' 18.338" N | 87°26' 16.854" W |
| | | 3 | 454131 | 2197355 | 19°52' 18.489" N | 87°26' 17.315" W |
| | | 4 | 454122 | 2197334 | 19°52' 17.815" N | 87°26' 17.609" W |
| | 8 | 1 | 454140 | 2197163 | 19°52' 12.254" N | 87°26' 16.975" W |
| | | 2 | 454135 | 2197179 | 19°52' 12.774" N | 87°26' 17.148" W |
| | | 3 | 454125 | 2197177 | 19°52' 12.708" N | 87°26' 17.492" W |
| | | 4 | 454132 | 2197158 | 19°52' 12.090" N | 87°26' 17.250" W |
| | MV 01 | | 454682 | 2198800 | 19° 53' 05.547" N | 87° 25' 58.480" W |
| | MV 02 | | 453979 | 2197886 | 19° 52' 35.761" N | 87° 26' 22.576" W |
| | MV 03 | | 454010 | 2197289 | 19° 52' 16.349" N | 87° 26' 21.449" W |
| | P 01 | | 454044 | 2197937 | 19° 52' 37.425" N | 87° 26' 20.345" W |
| | P 02 | | 454072 | 2197851 | 19° 52' 34.615" N | 87° 26' 19.379" W |
| | VD 01 | | 454439 | 2197778 | 19° 52' 32.292" N | 87° 26' 6.747" W |
| | VD 02 | | 454550 | 2198002 | 19° 52' 39.596" N | 87° 26' 2.945" W |
| | VD 03 | | 454618 | 2198239 | 19° 52' 47.289" N | 87° 26' 0.629" W |
| **Predio** | 1 | 1 | 454560 | 2198331 | 19°52' 50.286" N | 87°26' 02.636" W |
| | | 2 | 454569 | 2198349 | 19°52' 50.872" N | 87°26' 02.328" W |
| | | 3 | 454562 | 2198351 | 19°52' 50.937" N | 87°26' 02.569" W |
| | | 4 | 454556 | 2198334 | 19°52' 50.383" N | 87°26' 02.774" W |
| | 2 | 1 | 454360 | 2198319 | 19°52' 49.879" N | 87°26' 09.500" W |
| | | 2 | 454360 | 2198339 | 19°52' 50.521" N | 87°26' 09.508" W |
| | | 3 | 454349 | 2198339 | 19°52' 50.515" N | 87°26' 09.892" W |
| | | 4 | 454348 | 2198320 | 19°52' 49.908" N | 87°26' 09.914" W |
| | 3 | 1 | 454539 | 2198142 | 19°52' 44.144" N | 87°26' 03.352" W |
| | | 2 | 454556 | 2198151 | 19°52' 44.439" N | 87°26' 02.753" W |
| | | 3 | 454550 | 2198160 | 19°52' 44.722" N | 87°26' 02.949" W |
| | | 4 | 454533 | 2198150 | 19°52' 44.388" N | 87°26' 03.546" W |
| | 4 | 1 | 454384 | 2198054 | 19°52' 41.252" N | 87°26' 08.678" W |
| | | 2 | 454376 | 2198076 | 19°52' 41.968" N | 87°26' 08.944" W |
| | | 3 | 454364 | 2198073 | 19°52' 41.863" N | 87°26' 09.339" W |

| Lugar | Sitio | Vértice | X | Y | Latitud N | Longitud O |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 454369 | 2198052 | 19°52' 41.195" N | 87°26' 09.193" W |
| | 5 | 1 | 454199 | 2197756 | 19°52' 31.548" N | 87°26' 14.990" W |
| | | 2 | 454215 | 2197764 | 19°52' 31.798" N | 87°26' 14.462" W |
| | | 3 | 454212 | 2197772 | 19°52' 32.055" N | 87°26' 14.570" W |
| | | 4 | 454194 | 2197762 | 19°52' 31.760" N | 87°26' 15.164" W |
| | 6 | 1 | 454361 | 2197729 | 19°52' 30.677" N | 87°26' 09.431" W |
| | | 2 | 454354 | 2197747 | 19°52' 31.284" N | 87°26' 09.673" W |
| | | 3 | 454346 | 2197743 | 19°52' 31.141" N | 87°26' 09.929" W |
| | | 4 | 454351 | 2197725 | 19°52' 30.544" N | 87°26' 09.762" W |
| | 7 | 1 | 454188 | 2197534 | 19°52' 24.332" N | 87°26' 15.362" W |
| | | 2 | 454190 | 2197554 | 19°52' 24.976" N | 87°26' 15.295" W |
| | | 3 | 454175 | 2197554 | 19°52' 24.979" N | 87°26' 15.796" W |
| | | 4 | 454175 | 2197534 | 19°52' 24.341" N | 87°26' 15.800" W |
| | 8 | 1 | 454286 | 2197536 | 19°52' 24.415" N | 87°26' 11.977" W |
| | | 2 | 454295 | 2197554 | 19°52' 24.992" N | 87°26' 11.683" W |
| | | 3 | 454287 | 2197558 | 19°52' 25.105" N | 87°26' 11.965" W |
| | | 4 | 454277 | 2197541 | 19°52' 24.558" N | 87°26' 12.290" W |

La forma del sitio de muestreo elegido fue rectangular de 200 $m^2$ (20mX10m). Las unidades elegidas son del tamaño adecuado para su delimitación en campo y realizar el registro de información del estrato arbóreo y arbustivo, mientras que, el estrato herbáceo se trazó en un cuadrado de 4$m^2$ (2 m X 2 m). Se utilizaron también sitios circulares para muestrear hierbas en la vegetación de pastizal Inducido y vegetación de dunas costeras. En estos sitios circulares se registro la abundancia por especie, altura total y cobertura.

| | |
|---|---|
| | Los sitios de muestreo de los Estratos arbóreo y arbustivo son de 20 metros de largo por 10m de ancho. Con una superficie total de 200$m^2$. |
| | Dentro del mismo sitio de 20x10 metros se contabilizaron arbustos, palmas, Bromelias y bejucos. |




Para el sitio de muestreo del estrato herbáceo se trazaron en el vértice 1 de los sitios del estrato arbóreo, sitios de 4 $m^2$.

**Figura IVV.4.- Forma y Tamaño de los sitios de muestreo.**

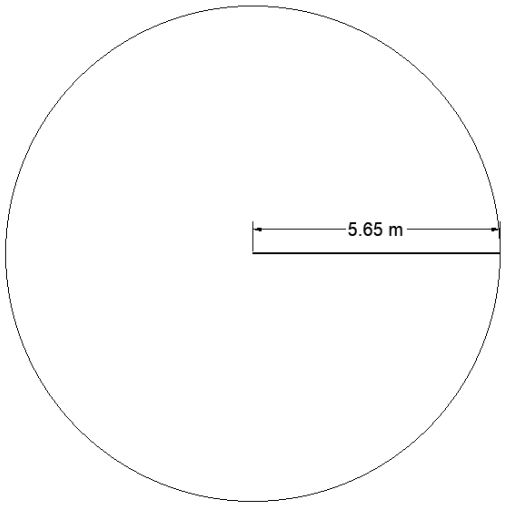



**Figura IV.5.- Forma y Tamaño de los sitios de muestreo de tamaño 100 $m^2$**

La siguiente descripción es valida para los sitios de muestreo de 200 $m^2$ (20m x 10m).

Para levantamiento de un sitio de muestreo es importante ubicar el primer vértice (V1), ya que es en éste mismo, donde se traza el sitio de 200 $m^2$ para contabilizar las plantas del estrato herbáceo. Para el señalamiento de los vértices se utilizó pintura en aerosol, y las coordenadas fueron registradas con un geoposicionador (GPS), como se puede observar en la siguiente fotografía:




**Fotografía IV.6.- Registro de coordenadas UTM de los vértices de cada sitio de muestreo.**

Con el apoyo una cinta métrica de 20 metros de longitud se delimitó (trazó) el sitio siempre en dirección al Norte y en sentido de las manecillas del reloj comos e puede observar en la siguiente fotografía:



**Fotografía IVIV.7.- Delimitación del sitio de muestreo en campo.**

Se registraron datos de control general como información ecológica-silvícola, ambiental y datos dasométricos (diámetro normal, altura total y cobertura de copa). Dentro de los datos de control general se consideraron también los siguientes:

- Polígono de interés/propietario o ID de identificación.
- Tipo de vegetación.
- Impactos ambientales presentes (plaga y enfermedades, incendios forestales, aprovechamientos forestales, pastoreo, actividades antrópicas, etc.).
- Presencia de erosión del suelo y degradación del suelo.

Se registraron todos los elementos vegetales, se identificarán en campo con el nombre común y se tomaron muestras y/o evidencia fotográfica para su identificación taxonómica. Los datos dasométricos registrados fueron los siguientes:

### Diámetro normal.

Esta variable se tomó usando cinta diamétrica a una altura de 1.3 m del suelo. Se consideraron árboles los individuos con diámetros mayores a 5 cm, los que eran de menor diámetro se consideraron renuevos o arbustos, ya que no representan un volumen maderable aprovechable. En el caso de los arbustos y hierbas únicamente se registró la especie, altura total y diámetro de copa para calcular los indicadores ecológicos de diversidad y abundancia.



Fotografía IVIV.8.- Diámetro normal y numeración de cada individuo

### Altura total

Para conocer esta variable se utilizó un flexómetro para determinar la altura total de los individuos y plancheta dendrométrica.

### Cobertura de copa

El diámetro de copa se refiere a la medición de la proyección vertical de la copa. Si la copa es de forma irregular, se saca el promedio de dos observaciones, tomadas sobre los ejes mayor y menor.

Derivado de los muestreos de campo, en el Área del Proyecto, la vegetación dominante corresponde a selva con palma Chit.



**Fotografía IVV.9.- Vista general de la vegetación de Selva con palma Chit (huano de la costa)**

Metodología para el cálculo de diversidad y abundancia de la vegetación forestal en el SAR y Área del Proyecto.

Para describir la biodiversidad de la vegetación del Área del Proyecto y en el SAR, se utilizó como insumo los datos registrados en el muestreo de flora silvestre. Para lo cual, la información registrada en campo se agrupó por estrato vegetal, considerando las siguientes características:

**Estrato arbóreo.** Se refiere a todas las plantas que desarrollan un tallo leñoso como eje principal, forman una copa aérea y regularmente tienen un crecimiento más alto que ancho o en casos específicos de igual tamaño.

**Estrato arbustivo.** Está conformado por las plantas con más de un tallo leñoso y corto que se ramifica desde la base, de baja altura formando una esfera o elipse. En esta categoría se incluyen las plantas trepadoras, con crecimiento en forma de roseta como los agaves y las plantas suculentas como nopales.

**Estrato herbáceo.** Son las plantas no lignificadas (No leñosas), que crecen de manera esporádica en temporada de lluvias, de baja altura y en grandes densidades cuando son abundantes y en grupos o de manera aislada cuando son de baja cobertura vegetal. Se incluyen en esta clasificación todas las especies de las familias Poaceae y Asteraceae, y algunas de Amanthaceae y Solanaceae.

Los indicadores ecológicos calculados para cada tipo de vegetación en los diferentes estratos vegetales se describen a continuación:

### Representatividad de los muestreos

Para determinar el tamaño de muestra de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo se utilizaron unidades de muestreo de dimensiones fijas. La cantidad de especies por unidad de muestreo, fue la variable para determinar la precisión y error de dicha información. Considerando que no se tiene definida la superficie total a muestrear (población finita), se procedió a estimar "n", que se deriva de la ecuación para calcular el error de muestreo de la media en poblaciones infinitas, a través de la siguiente ecuación:

$n = \frac{(t_{\propto gl})^2 * (CV)^2}{(E)^2}$ (Tomado de Orozco y Brumér, 2002)

Donde:

$n$ = número de unidades de muestreo

$t_{\propto gl}$ = valor de la distribución "t" Student, con n-1 grados de libertad (gl)

*CV* = Coeficiente de variación de la población muestreada
*E* = Error de muestreo

La riqueza de especies se puede estimar a través de modelos de correlación y mediante estimadores no paramétricos que pueden basarse tanto en la estructura de la comunidad (abundancia) como en datos de presencia-ausencia. Se les denomina no paramétricos porque no asumen ningún tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajusta a un modelo determinado (Colwell & Coddington 1994, Palmer 1990).

Para determinar si la muestra es representativa del atributo medido, la forma más eficiente es por medio de curvas de acumulación de especies. Una curva de acumulación de especies representa gráficamente cómo se van registrando las especies en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por ello que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el eje X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. (H Villareal Et al, 2004).

El programa EstimateS (Statical Estimación of Species Richness and Shared Species from Samples). Esta es una herramienta muy útil para realizar curvas de acumulación y estimaciones de la riqueza esperada de acuerdo con modelos.

Mediante métodos no-paramétricos, se calculó la curva de acumulación de especies por estrato y tipo de vegetación en el SAR, según los siguientes estimadores:

El estimador **ACE** se basa en el número de especies raras (las observadas en menos de 10 unidades de muestreo).
**CHAO 1** es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Smith y van Belle, 1984). Se calcula con la fórmula:

$$CHAO1 = S * \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

*S*= número de especies en una muestra
*a*= número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de "*singletons*")
*b*= número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de "*doubletons*"

Por otro lado, la Coleman es un estimador de rarefacción, que permite hacer comparaciones de números de especies entre comunidades cuando el tamaño de las muestras no es igual. Calcula

el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar, es decir, si la muestra fuera considerada de n individuos (n<N). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$COLE = Sumatoria\ de\ (1 - (N - Ni)/n)/N/n$$

Donde:

$N_i$= número de individuos de la iésima especie

*n*= tamaño de la muestra estandarizado

Las estimaciones se realizaron mediante el programa EstimateS vers. 9.1.0 (Colwell 2012), posteriormente se exportaron los resultados de todas las reordenaciones aleatorias a un archivo de Excel donde se realizó la curva de acumulación de especies.

Los estimadores CHAO 1, ACE y Cole, se utilizan cuando se obtiene abundancia, de los cuales CHAO 1 es el más riguroso. Los estimadores CHAO 2, ICE Jacknife 1, jacknife 2 y Bootstrap, se utilizan cuando sólo se dispone de datos de presencia-ausencia. De este conjunto de estimadores, CHAO 2 es el más riguroso y menos sesgado para muestras pequeñas. (H Villareal Et al, 2004).

Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de especies censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un muestreo representativo. (H Villareal Et al, 2004). No existen criterios que permitan tomar la decisión de cuándo se considera un inventario lo suficientemente completo. Diferentes investigadores suelen establecer límites arbitrarios para determinar si el esfuerzo de muestreo ha sido suficiente, para ello, se calcula el porcentaje del total de los datos reales y el total de los datos de cada uno de los indicadores mencionado con anterioridad, multiplicado por 100 (Total de datos reales * 100/estimador). A partir de proporciones o representatividad superior al 70% la estimación de la riqueza asíntota se hace estable (Jiménez-Valverde y Hortal 2003), razón por la cual, el esfuerzo de muestreo se considera adecuado o suficiente; otros autores indican que la completitud del muestreo se logra si se obtiene un porcentaje del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis. (H Villareal Et al, 2004).

### Riqueza de especies (S) y composición taxonómica

La riqueza de especies se refiere al número total de especies registradas en una comunidad particular (Magurran, 2004). En los resultados de este apartado, se presenta en una lista de la riqueza de especies (S) de plantas a escala local en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el Área del Proyecto (AP).

### Abundancia relativa

La abundancia relativa se refiere al número de individuos de cada especie (n) en relación con la cantidad total de individuos de todas las especies (N), expresado en porcentaje (n/N x 100). Este parámetro permite conocer el tamaño de la población de plantas con que cuenta una determinada especie vegetal. Medir la abundancia relativa de cada especie permite: 1) identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales; 2) identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia; 3) alertar de procesos empobrecedores; 4) tomar medidas o decisiones adecuadas cuando se trate de especies con escasa población y que van a ser impactadas; y 5) zonificar áreas con vocación productiva o para la conservación (Magurran 2004).

### Índice de Margalef (R)

Es un indicador de la riqueza de especies, donde los valores inferiores a 2.0 son considerados como zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando sólo existe una especie en la muestra (s=1, por lo que s-1=0) (Margalef, 1958). Con los niveles de diversidad señalados anteriormente se establecen las siguientes categorías de valores de diversidad:

**Tabla IV.18.- Categorías de diversidad de Margalef***

| Valor | Nivel de diversidad |
|---|---|
| **0.0 - 1.0** | Muy Baja |
| **1.1 - 2.0** | Baja |
| **2.1 - 4.0** | Media o Moderada |
| **4.1 – 5.0** | Alta |
| **5.1 – 7.0** | Muy Alta |

Este índice se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{(S-1)}{ln(N)}$$

Donde:

S= Número total de especies presentes.

N= Número total de individuos

### Índice de Diversidad de Simpson (D)

Este índice cuantifica la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a una misma especie. Si $p_i$ es la probabilidad que tiene un individuo de pertenecer a la especie i (i = 1, 2, 3, 4,… S) y la extracción de cada individuo es un

elemento independiente, la probabilidad que tienen dos individuos de una misma especie en ser elegidos al azar será $p_i$*$p_i$ o $pi^2$. La probabilidad promedio de que ocurra será igual a la suma de las probabilidades individuales de cada especie (Simpson, 1949). Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes, subestimando las especies raras, tomando valores entre 0 (baja diversidad, hasta un máximo de (1-1/S). Considerando estos valores de diversidad, los rangos para determinar el nivel de diversidad son:

**Tabla IV.19.- Categorías de diversidad de Simpson*.**

| Porcentaje | Nivel de diversidad |
|---|---|
| 0.0 – 0.20 | Muy baja |
| 0.21 – 4.0 | Baja |
| 4.1 – 6.0 | Media o Moderada |
| 6.1 – 8.0 | Alta |
| 8.1 – 1.0 | Muy Alta |

La fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{s} n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Donde:
D= Índice de Simpson.
n= Número total de organismos de una especie.
N= Número total de organismos de todas las especies.

### Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')

Este indicador de la abundancia se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlos. A mayor valor del índice indica mayor biodiversidad del ecosistema (Shannon-Wiener, 1949). Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i * log_2(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:
S= Número de especies
$p_i$= Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos
$n_i$= Número de individuos de la especie i
N= Número total de individuos de todas las especies

### Índice de equitatividad de Pielou (J')

Asimismo, se calculó el índice de equitatividad de Pielou (J'), para cuantificar el componente de equitabilidad de la diversidad, (Pielou, 1969). La ecuación para determinar este índice es la siguiente:

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

Donde:
H' = Índice de Shannon
H'max = ln(S)
S= Número total de especies

A fin de observar la proporción de la diversidad con relación a la máxima diversidad esperada, su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). A mayor valor del índice indica mayor biodiversidad del ecosistema. (Shannon-Wiener, 1949). Considerando los valores de diversidad máxima, los rangos para determinar el nivel de diversidad son:

**Tabla IV.20.- Categorías de diversidad de Shannon*.**

| Porcentaje | Rango Valores | Nivel de diversidad |
|---|---|---|
| 0.0 – 0.20 | 0.0 – 1.0 | Muy Baja |
| 0.21 – 4.0 | 1.1 – 2.0 | Baja |
| 4.1 – 6.0 | 2.1 – 3.0 | Media o Moderada |
| 6.1 – 8.0 | 3.1 – 4.0 | Alta |
| 8.1 – 1.0 | 4.1 – 5.0 | Muy Alta |
| >1 | > 5.0 | Extremadamente Alta |

* Fuente: Elaboración propia

### Índice de Valor de Importancia (IVI)

Fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie. Se calcula sumando la dominancia relativa, densidad relativa y frecuencia relativa (Ángel ARL, 2002).

La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtiene de la siguiente manera:

$$Dominancia\ relativa = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$Dominancia\ absoluta = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$ ó

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura de copa de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

En el caso del estrato herbáceo, para determinar la dominancia absoluta los valores del área basal se cambiaron por los valores de la cobertura de copa, que también es un valor de biomasa como lo señala el autor citado.

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$Área\ basal = \frac{\pi}{4}\ DAP2$$

$$\text{Cobertura de copa} = \frac{\pi}{4} * (Copa\ 1 + Copa\ 2)/2$$

La densidad relativa se calcula de la siguiente manera:

$$Densidad\ relativa \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad aboluta de todas las especeis}} \times 100$$

Donde:

$$Densidad\ absoluta = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calcula de la siguiente manera:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{\text{Frecuancia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia aboluta de todas las especeis}} \times 100$$

Donde:

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

IV.2.2.2.1.7 Representatividad de los muestreos

se analizaron los datos de los sitios de muestreo realizados para cada tipo de vegetación, derivado del análisis de información, se determinó la variación y/o la homogeneidad entre las repeticiones de las muestras (Anexo IV.3).

En la tabla siguiente enlista la cantidad de especies por cada sitio de muestreo realizado, a partir de los cuales se realizó la estimación de “n”.

En el caso del tipo de vegetación manglar del SAR, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla IVV.21.- Número de especies por sitio de muestreo para Manglar del SAR**

| Sitio de muestreo | Número de especies |
|---|---|
| **1** | 3 |
| **2** | 3 |
| **3** | 3 |

Al sustituir los valores en la ecuación señalada, se obtuvieron los siguientes resultados:

*n = número de sitios*
*t = 31.821 (**99% de confiabilidad y error del 1%**)*
*Media $\bar{x}$ = 3.00*
*Varianza $S^2$ = 0.00*
*Desviación Estándar (S) = 0.000*
*Coeficiente de Variación (CV) = 0.000*
*Error Estándar (S%) = 1*

$$n = \frac{(31.821)^2 * (0.000)^2}{(1)^2} = \frac{(1{,}012.5442) * (0.000)}{(1.000)} = \frac{(0.000)}{1.000} = \mathbf{0.0\ Sitios}$$

Tal como se aprecia en la ecuación anterior, considerando el número de especies registradas en cada sitio de muestreo realizado en el Manglar del SAR; una confiabilidad del 99% y un error de muestreo del 1%, el número de sitios de muestreo necesarios es ninguno, lo anterior debido a que en los 3 sitios levantados, se registraron las mismas 3 especies variando únicamente el número de individuos, motivo por el cual se atribuye el resultado del análisis estadístico y que la varianza de los mismos es nula. Por lo que los 3 sitios de muestreo levantados en campo son suficientes.

Por otra parte, para el tipo de vegetación de pastizal inducido, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla IVV.22.- Número de especies por sitio de muestreo registradas en Pastizal Inducido del SAR.**

| Sitio de muestreo | Número de especies |
|---|---|
| **1** | 1 |
| **2** | 2 |

Al sustituir los valores en la ecuación señalada, se obtuvieron los siguientes resultados:

*n = número de sitios*
*t = 0.8557 (**80% de confiabilidad y error del 26%)***
*Media $\bar{x}$ = 1.500*
*Varianza $S^2$ = 0.500*
*Desviación Estándar (S) = 0.707*
*Coeficiente de Variación (CV) = 47.140*
*Error Estándar (S%) = 26*

$$n = \frac{(0.8557)^2 * (47.140)^2}{(26)^2} = \frac{(0.7322) * (2222.22)}{(676.00)} = \frac{(1{,}627.1611)}{676.0} = \mathbf{2.4\ Sitios}$$

Tal como se aprecia en la ecuación anterior, considerando el número de especies registradas en cada sitio de muestreo realizado en el Pastizal Inducido del SAR; una confiabilidad del 80% y un error de muestreo del 26%, el número de sitios de muestreo necesarios es de 2.4, por lo que los 2 sitios de muestreo levantados en campo tienen una confiabilidad del 80% y 26% de error de muestreo; aunque son valores bajos de confiabilidad y error de muestreo, el tipo de vegetación es homogéneo y las especies son las mismas registradas en los 2 únicos sitios de muestreo.

Para el tipo de vegetación de dunas costeras del SAR, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla IVV.23.- Número de especies por sitio de muestreo en Dunas Costeras del SAR**

| Sitio de muestreo | Número de especies |
|---|---|
| **1** | 5 |
| **2** | 4 |
| **3** | 4 |

Si se sustituyen los valores obtenidos en la ecuación señalada, se obtienen los siguientes resultados:

*n = número de sitios*
*t = 1.7709 (**95% de confiabilidad y error del 13%)***
*Media $\bar{x}$ = 4.333*
*Varianza $S^2$ = 0.333*
*Desviación Estándar (S) = 0.577*
*Coeficiente de Variación (CV) = 13.323*
*Error Estándar (S%) = 13*

$$n = \frac{(1.7709)^2 * (13.323)^2}{(13.0)^2} = \frac{(3.1361) * (177.5148)}{(169.00)} = \frac{(556.7018)}{169.00} = \mathbf{3.3\ Sitios}$$

Tal como se aprecia en el resultado anterior, considerando el número de especies registradas en cada sitio de muestreo realizado en la vegetación de Dunas Costeras del SAR; una confiabilidad del 95% y un error de muestreo del 13%, el número de sitios de muestreo necesarios es de 3, por lo que los 3 sitios de muestreo levantados en campo tienen una confiabilidad del 95% y 13% de error de muestreo, se puede establecer que los valores son aceptables.

En cuanto al tipo de vegetación de selva con palmar de Chit, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla IVV.24.- Número de especies por sitio de muestreo de selva con palmar de Chit en el SAR**

| Sitio de muestreo | Número de especies |
|---|---|
| 1 | 6 |
| 2 | 4 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |
| 5 | 4 |
| 6 | 5 |
| 7 | 3 |
| 8 | 5 |

Al sustituir los valores en la ecuación señalada, se obtuvieron los siguientes resultados:

*n = número de sitios*
*t = 1.771 (**95% de confiabilidad y error del 13%)***
*Media $\overline{x}$ = 4.500*
*Varianza $S^2$ = 0.857*
*Desviación Estándar (S) = 0.926*
*Coeficiente de Variación (CV) = 20.574*
*Error Estándar (S%) = 13*

$$n = \frac{(1.771)^2 * (20.574)^2}{(13)^2} = \frac{(3.1364) * (423.2804)}{(169.000)} = \frac{(1{,}327.5941)}{169.000} = \mathbf{7.9\ Sitios}$$

Tal como se aprecia en la ecuación anterior, considerando el número de especies registradas en cada sitio de muestreo realizado en el Palmar de Chit del SAR; una confiabilidad del 95% y un error de muestreo del 13%, el número de sitios de muestreo necesarios es de 8, por lo que los 8 sitios de muestreo levantados en campo tienen una confiabilidad del 95% y 13% de error de muestreo, se puede establecer que los valores son aceptables.

En cuanto al Área del Proyecto, los resultados obtenidos para la representatividad fueron los siguientes:

**Tabla IVV.25.- Número de especies por sitio de muestreo en el Área del Proyecto**

| Sitio de muestreo | Número de especies |
|---|---|
| **1** | 6 |
| **2** | 4 |
| **3** | 5 |
| **4** | 5 |
| **5** | 7 |
| **6** | 6 |
| **7** | 6 |
| **8** | 5 |

Si se sustituyen los valores obtenidos en la ecuación señalada, se obtienen los siguientes resultados:

*n = número de sitios*
*t = 1.771 (**95% de confiabilidad y error del 10.5%**)*
*Media $\overline{x}$ = 5.500*
*Varianza $S^2$ = 0.857*
*Desviación Estándar (S) = 0.926*
*Coeficiente de Variación (CV) = 16.833*
*Error Estándar (S%) = 10.5*

$$n = \frac{(1.804)^2 * (16.833)^2}{(10.50)^2} = \frac{(3.2544) * (283.3530)}{(110.250)} = \frac{(9,22.1486)}{110.250} = \mathbf{8.4\ Sitios}$$

Tal como se aprecia en el resultado anterior, considerando el número de especies registradas en cada sitio de muestreo realizado en el Área del Proyecto; una confiabilidad del 95% y un error de muestreo del 10.5%, el número de sitios de muestreo necesarios es de 8, por lo que los 8 sitios de muestreo levantados en campo tienen una confiabilidad del 95% y 10.5% de error de muestreo, se puede establecer que los valores son aceptables.

En cuanto a la intensidad de muestreo, la fórmula señala que esta es la proporción de la superficie total expresada en porcentaje.

Intensidad de muestreo (IM)= (sup. de muestreo) *100/Superficie total de vegetación en el SAR
IM = (0.2400 ha) * 100 / 106.71 ha
**IM = 0.22% para el SAR**

El valor obtenido, indica que, de la superficie total del SAR, el muestreo realizado (8 sitios de 200 $m^2$ y 8 sitios de 100$m^2$) representa el 0.22%.

Intensidad de muestreo (IM)= (sup. de muestreo) *100/Superficie total de vegetación en el SAR
IM = (0.1600 ha) * 100 / 24.31 ha
**IM = 0.66%**

A continuación, se muestran las curvas de acumulación de especies por estrato vegetal y tipo de vegetación.

**Sistema Ambiental Regional**

***Manglar***

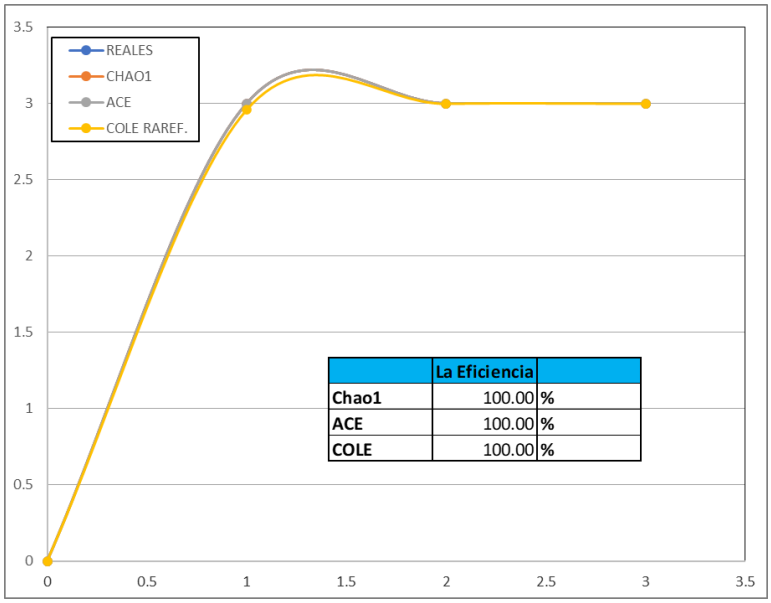



**Figura IV.6.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo del Manglar del SAR.**

Los resultados obtenidos en las curvas de acumulación de especies muestran un nivel de eficiencia del 100% en los 3 parámetros, derivado a que es una comunidad homogénea de 3 especies; entonces, el muestreo en la vegetación de manglar es suficiente y representativo.

### *Pastizal inducido*

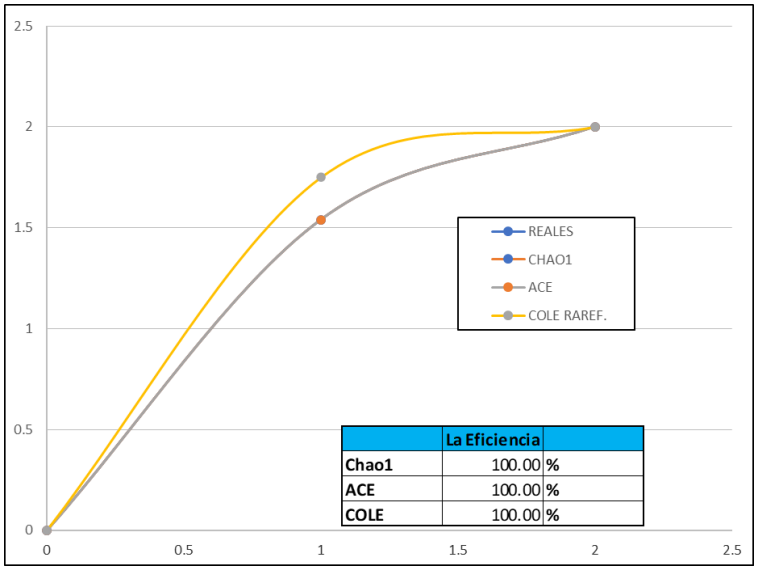



**Figura IV.7.- Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR.**

Al igual que en el análisis de la vegetación de Manglar, los 2 muestreos de campo realizados en el Pastizal Inducido registraron una eficiencia de 100% en los 3 parámetros analizados, por lo que el muestreo es suficiente y representativo.

### *Vegetación de dunas costeras*

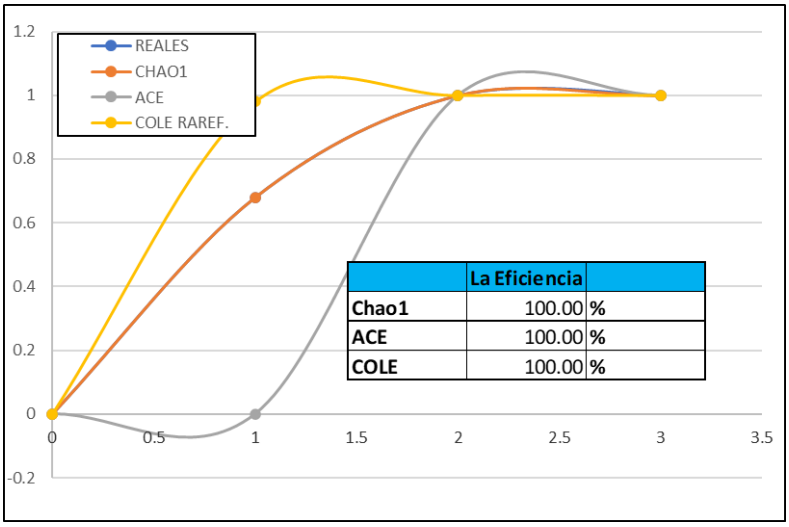
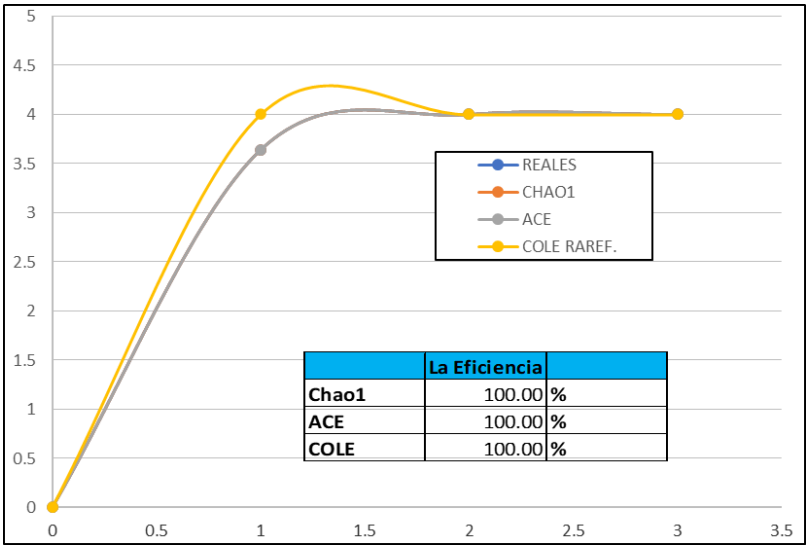



**Figura IV.8.- Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

Los resultados en el estrato arbustivo de la vegetación de Dunas Costeras muestran una eficiencia del 100%, que se considera como suficiente y es lógico toda vez que la vegetación de dunas costeras es una comunidad vegetal herbácea y los arbustos son raros encontrarlos.

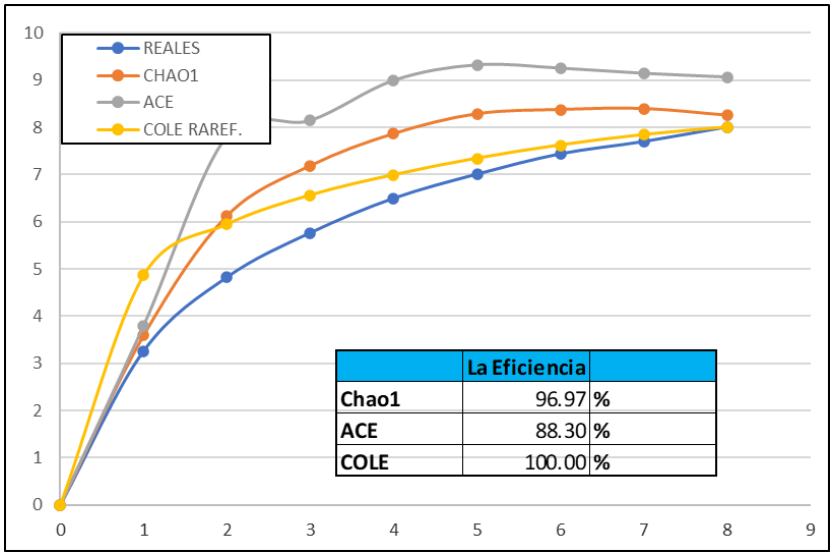



| | La Eficiencia | |
|---|---|---|
| Chao1 | 100.00 | % |
| ACE | 100.00 | % |
| COLE | 100.00 | % |

**Figura IV.9.- Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

Los resultados en el estrato herbáceo de la vegetación de Dunas Costeras muestran una eficiencia del 100% en los 3 parámetros analizados, que se considera como suficiente y representativo pues las especies registradas son abundantes.

***Selva con palmar de Chit***




| | La Eficiencia | |
|---|---|---|
| Chao1 | 96.97 | % |
| ACE | 88.30 | % |
| COLE | 100.00 | % |

**Figura IV.10.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de la selva con palmar en el SAR.**

Los resultados obtenidos para el estrato vegetal arbóreo de la selva con Palmar de Chit es con una eficiencia mínima del 88.30% que se considera como buena y significa que el muestreo es suficiente.

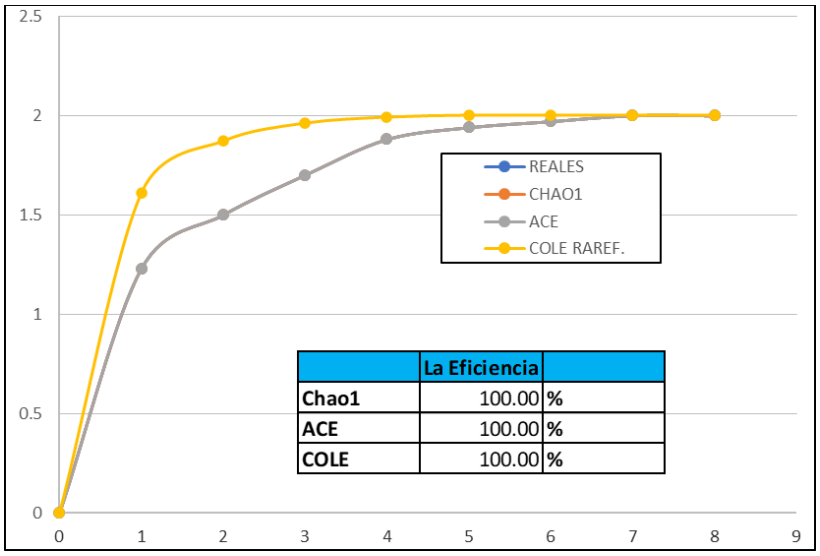



**Figura IV.11.- Curva de acumulación del estrato arbustivo especies de la selva con palmar en el SAR.**

Los resultados obtenidos para el estrato arbustivo de la selva con Palmar de Chit es con una eficiencia del 100%%, que significa que el muestreo es suficiente.

## Área del Proyecto

En el área del Proyecto también se realizaron curvas de acumulación de especies por estrato vegetal, las cuales se observan a continuación:

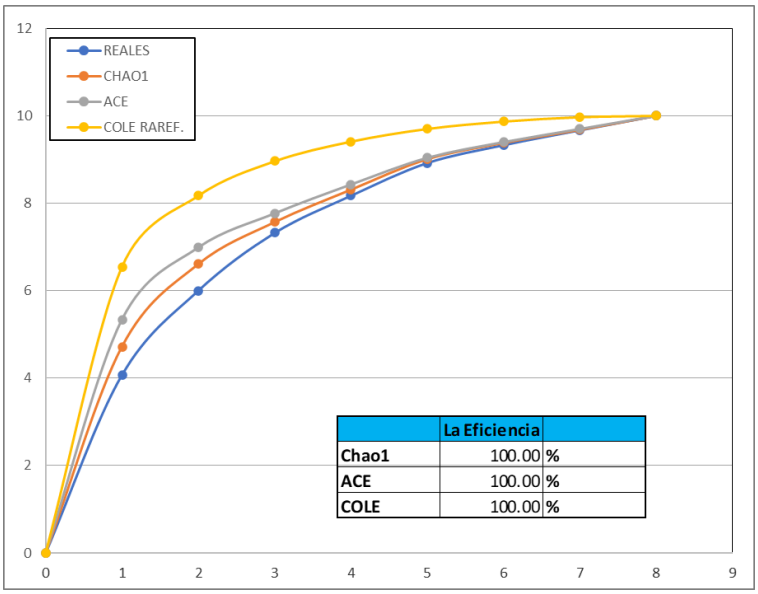



**Figura IV.12.- Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de selva con Palmar de Chit en el Área del Proyecto.**

Los resultados muestran que el nivel de eficiencia del muestreo realizado para el estrato arbóreo es del 100% y significa que es representativo y suficiente.

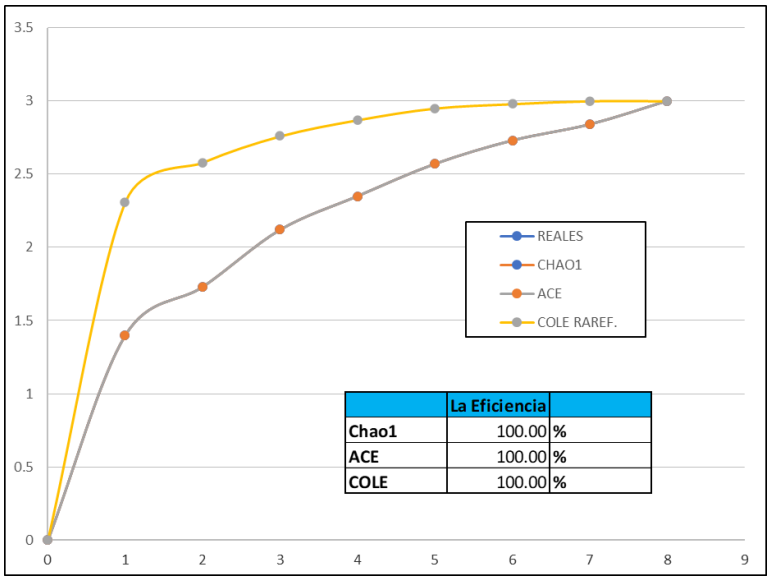



**Figura IV.13.- Curva de acumulación del estrato arbustivo especies del del Palmar en el Área del Proyecto.**

Los resultados muestran que para el estrato arbustivo el nivel de eficiencia también es del 100% y el muestreo es representativo y suficiente.

En virtud de los resultados presentados del análisis estadístico y curvas de acumulación de especies presentados por estrato vegetal y tipo de vegetación, se puede establecer que los sitios de muestreo levantados en campo para la estimación y cálculo de variables del componente de flora silvestre son suficientes.

IV.2.2.2.1.8 Riqueza de especies (S), composición taxonómica y abundancia.

**Sistema Ambiental Regional**

En la tabla y figuras siguientes, se puede apreciar la riqueza y abundancia de las especies de flora silvestre registradas en los muestreos de campo realizados en el SAR (véase listado completo en Anexo IV.1):

**Tabla IV.26.- Abundancia total de las especies de flora silvestre en el SAR.**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Borrichia frutescens* | Saladillo | 2 | 0.18 |
| **2** | *Cenchrus echinatus* | Zacate Cadillo | 119 | **10.59** |

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|
| **3** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 7 | 0.62 |
| **4** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2 | 0.18 |
| **5** | *Cocos nucifera* | Coco | 8 | 0.71 |
| **6** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 1 | 0.09 |
| **7** | *Euphorbia mesembrianthemifolia* | Siis ja' | 104 | 9.25 |
| **8** | *Euphorbia ophthalmica* | Hierba de la Golondrina | 35 | 3.11 |
| **9** | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 9 | 0.80 |
| **10** | *Melanthera nivea* | Totolquelite | 25 | 2.22 |
| **11** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 126 | **11.21** |
| **12** | *Mimosa pigra* | Zarza negra | 10 | 0.89 |
| **13** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 18 | 1.60 |
| **14** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 2 | 0.18 |
| **15** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 44 | 3.91 |
| **16** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 384 | **34.16** |
| **17** | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | 86 | 7.65 |
| **18** | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | 14 | 1.25 |
| **19** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | 8 | 0.71 |
| **20** | *Sporobolus spartinus* | Espartina | 120 | **10.68** |
| **Total general** | | | **1124** | **100.00** |

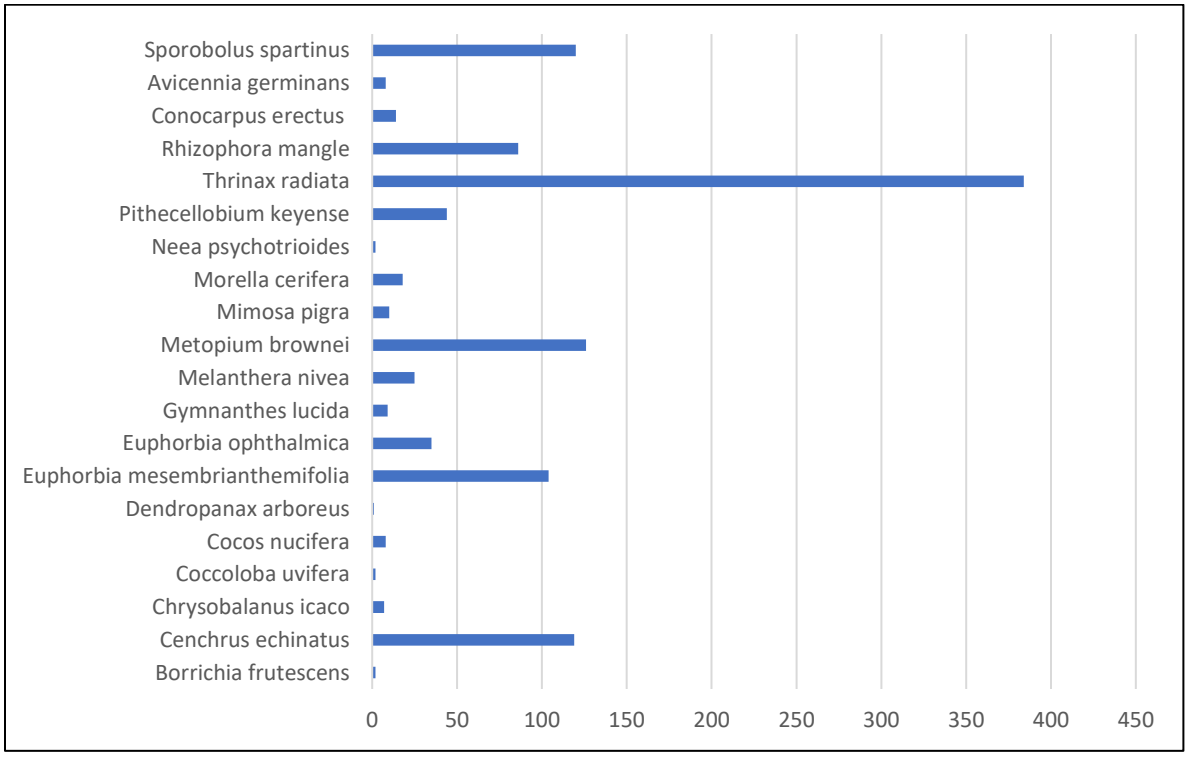



**Figura IV.14.- Representación gráfica de la abundancia por especie en el SAR.**

En el SAR, en total de las 20 especies totales registradas en los muestreos de flora silvestre, las más abundantes son: *Thrinax radiata* (Palma Chit), *Metopium brownei* (Chechem negro), *Sporobolus spartinus* (Espartina) y *Cenchrus echinatus* (Zacate Cadillo). Las especies señaladas muestran que la selva con palmar de chit es la dominante con el 34.16% del total.

A continuación, se muestran los resultados por tipo de vegetación en el SAR:

***Selva con palmar de Chit***

En el Palmar de Chit, se registraron en total 10 especies, la más abundante es *Thrinax radiata* (Palma Chit), le sigue *Metopium brownei* (Chechem negro), estas 2 especies representan el 84.86% como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.27.- Abundancia de individuos en la selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Forma de Vida | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Arbusto | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 7 | 1.16 |
| **2** | Árbol | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2 | 0.33 |
| **3** | Árbol | *Cocos nucifera* | Coco | 8 | 1.33 |
| **4** | Árbol | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 1 | 0.17 |
| **5** | Árbol | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 9 | 1.50 |
| **6** | Árbol | *Metopium brownei* | Chechem negro | 126 | **20.97** |
| **7** | Árbol | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 18 | 3.00 |
| **8** | Árbol | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 2 | 0.33 |
| **9** | Árbol | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 44 | 7.32 |
| **10** | Arbusto | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 384 | **63.89** |
| **Total** | | | | **601** | **100.00** |

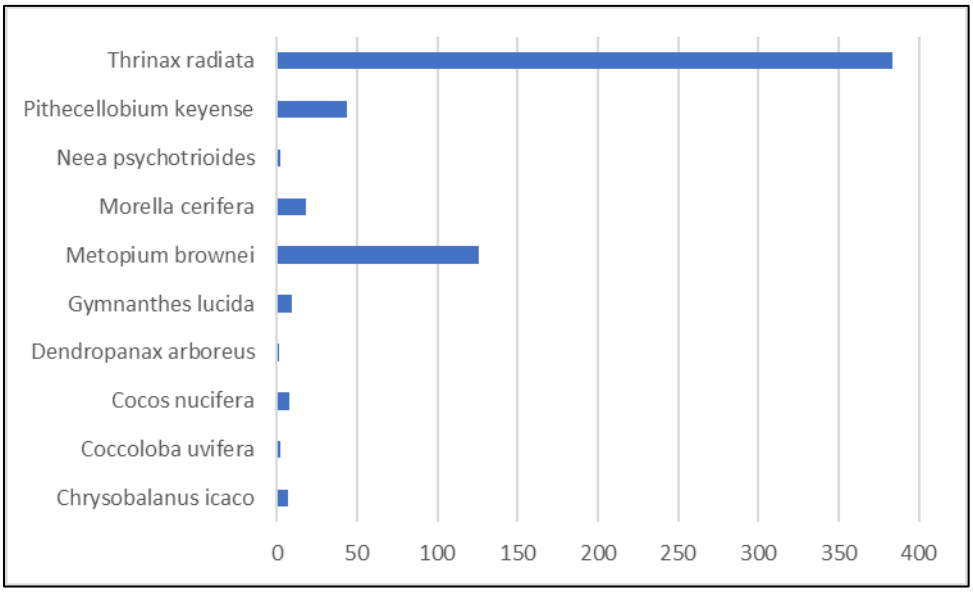



**Figura IV.15.- Abundancia de individuos en la selva con palmar de Chit del SAR.**

### *Manglar*

La comunidad vegetal de Manglar es un tipo de vegetación donde predomina el mangle, solo se distribuye en el SAR, está conformado por 3 especies de las cuales la dominante es *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo) como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.28.- Abundancia de individuos en el Manglar del SAR.**

| No. | Forma de Vida | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Árbol | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | 86 | **79.63** |
| **2** | Árbol | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | 14 | 12.96 |
| **3** | Árbol | *Avicennia germinans* | Mangle negro | 8 | 7.41 |
| **Total** | | | | **108** | ***100.00*** |

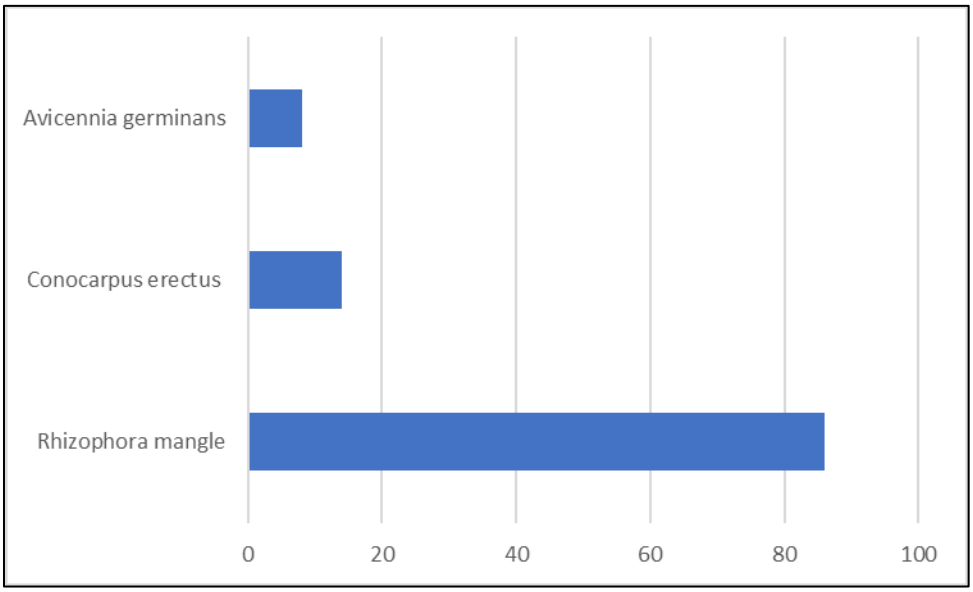



**Figura IV.16.- Abundancia de individuos en el Manglar del SAR.**

### *Pastizal Inducido*

El Pastizal Inducido es una comunidad vegetal dominado por hierbas, la especie dominante es *Sporobolus spartinus* (Espartina) con el 98.36% del total como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.29.- Abundancia de individuos en el Pastizal Inducido**

| No. | Forma de Vida | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Hierba | *Borrichia frutescens* | Saladillo | 2 | 1.64 |
| **2** | Hierba | *Sporobolus spartinus* | Espartina | 120 | 98.36 |
| **Total** | | | | **122** | **100.00** |

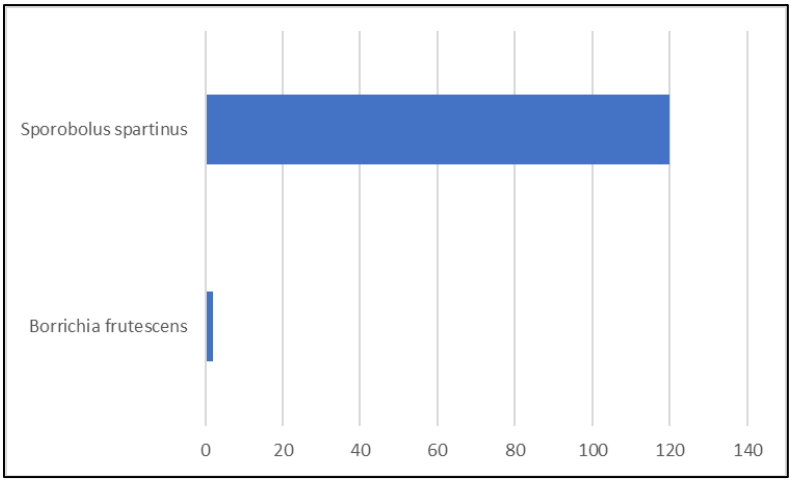



**Figura IV.17.- Abundancia de individuos en el Pastizal Inducido del SAR.**

### *Vegetación de Dunas Costeras*

La vegetación de dunas costeras, igual que el Pastizal Inducido es una comunidad vegetal dominada por hierbas. Es notable la abundancia de *Cenchrus echinatus* (Zacate Cadillo), *Euphorbia mesembrianthemifolia* (Siis ja') y *Euphorbia ophthalmica* (Hierba de la Golondrina); solo estas 2 especies concentran el 88.05% como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.30.- Abundancia de individuos en Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

| No. | Forma de Vida | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Hierba | *Cenchrus echinatus* | Zacate Cadillo | 119 | **40.61** |
| **2** | Hierba | *Euphorbia mesembrianthemifolia* | Siis ja' | 104 | **35.49** |
| **3** | Hierba | *Euphorbia ophthalmica* | Hierba de la Golondrina | 35 | **11.95** |
| **4** | Hierba | *Melanthera nivea* | Totolquelite | 25 | 8.53 |
| **5** | Arbusto | *Mimosa pigra* | Zarza negra | 10 | 3.41 |
| **Total** | | | | **293** | **100.00** |

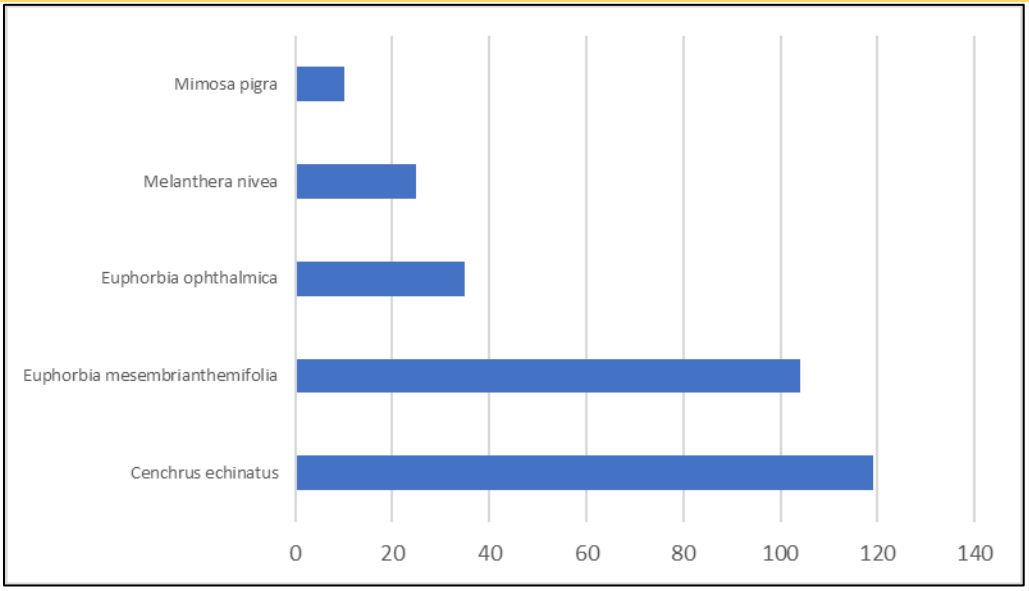



**Figura IV.18.- Abundancia de individuos en Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

### Área del Proyecto

Para el área del Proyecto, se registraron en total 13 especies y corresponden a la vegetación de Palmar que es el único tipo de vegetación a remover por el cambio de uso de suelo. En la tabla y figura siguiente, se puede apreciar la riqueza y abundancia de especies en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.31.- Abundancia por especie del Área del Proyecto.**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 2 | 0.28 |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 3 | 0.42 |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 4 | 0.56 |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | 7 | 0.98 |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 10 | 1.41 |
| **6** | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 28 | 3.94 |
| **7** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 113 | **15.89** |
| **8** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 14 | 1.97 |
| **9** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 6 | 0.84 |
| **10** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 23 | 3.23 |
| **11** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 2 | 0.28 |
| **12** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 24 | 3.38 |
| **13** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 475 | **66.81** |
| **Total** | | | **711** | **100.00** |

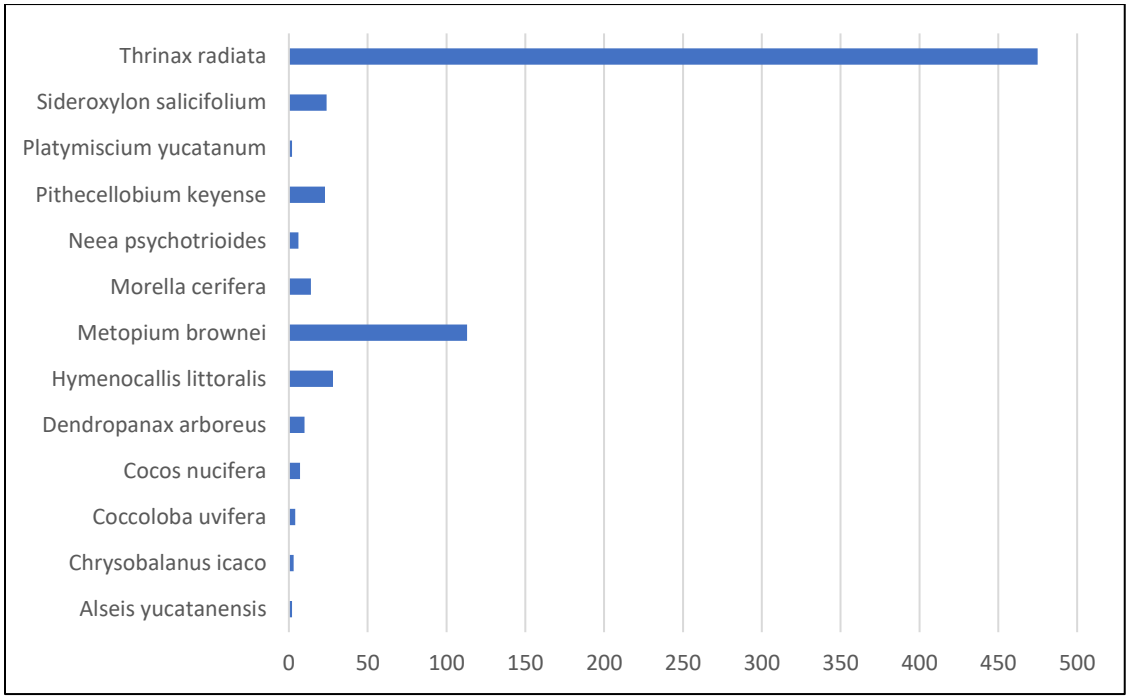



**Figura IV.19.- Representación gráfica de la abundancia de las especies en el Área del Proyecto.**

En el área del Proyecto, los muestreos de flora silvestre indican que hay 2 especies que son dominantes: *Thrinax radiata* (Palma Chit) y *Metopium brownei* (Chechem negro). Esta situación de dominancia es similar que, en el SAR, indicador con el cual se puede deducir que la vegetación dominante es selva con palmar.

***Selva con palmar de chit***

En el Palmar de Chit, la especie dominante es *Thrinax radiata* (Palma Chit) con el 66.81%, le sigue *Metopium brownei* (Chechem negro) con el 15.89%. Solo estas 2 especies concentran el 82.70% del total como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.32.- Abundancia de individuos en Selva con palmar de chit del Área del Proyecto**

| No. | Forma de Vida | Nombre Científico | Nombre Común | Abundancia | % |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Árbol | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 2 | 0.28 |
| **2** | Arbusto | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 3 | 0.42 |
| **3** | Árbol | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 4 | 0.56 |
| **4** | Árbol | *Cocos nucifera* | Coco | 7 | 0.98 |
| **5** | Árbol | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 10 | 1.41 |
| **6** | Arbusto | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 28 | 3.94 |
| **7** | Árbol | *Metopium brownei* | Chechem negro | 113 | 15.89 |
| **8** | Árbol | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 14 | 1.97 |
| **9** | Árbol | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 6 | 0.84 |
| **10** | Árbol | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 23 | 3.23 |
| **11** | Árbol | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 2 | 0.28 |
| **12** | Árbol | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 24 | 3.38 |
| **13** | Arbusto | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 475 | 66.81 |
| **Total** | | | | **711** | **100.00** |

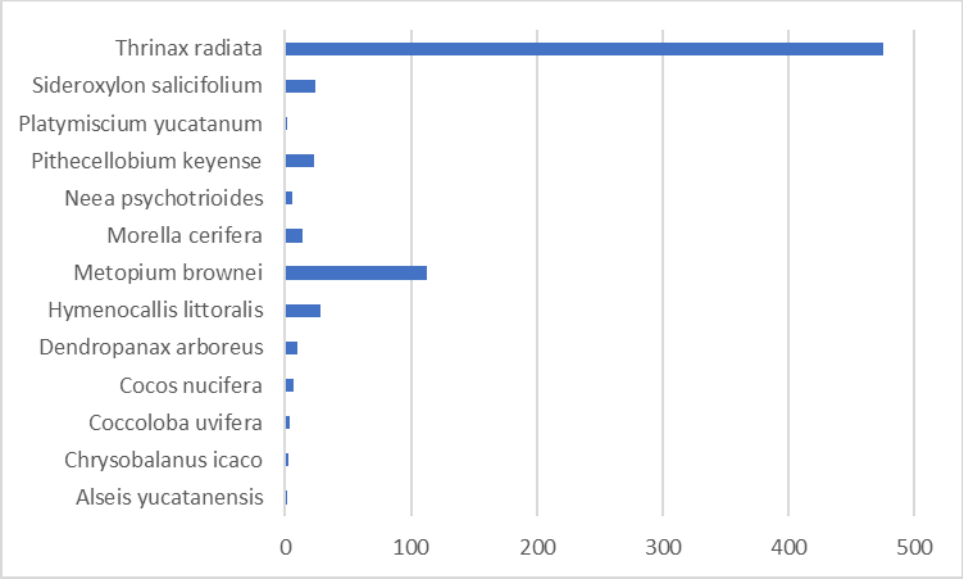



**Figura IV.20.- Abundancia de individuos en Palmar de Chit del Área del Proyecto**

IV.2.2.2.1.9 Diversidad florística por tipo de vegetación

***Índice de Margalef***

Al sustituir los valores en la fórmula antes mencionada, los valores de este indicador resultan de la siguiente manera:

**Sistema Ambiental Regional**

*Selva con palmar de Chit:*

R= (8-1)/Ln (210) = 7/5.35 = **1.31** para el estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del SAR.

R= (2-1)/Ln (391) = 1/5.97 = **0.17** para el estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR.

Considerando los valores obtenidos de este indicador; el estrato arbóreo es el más diverso (Diversidad Baja); el estrato arbustivo con diversidad Muy Baja y el estrato herbáceo no presente en los muestreos de flora silvestre.

*Manglar*

R= (3-1)/Ln (108) = 2/4.68 = **0.43** para el estrato arbóreo del Manglar del SAR.

En la vegetación de Manglar, este indicador ecológico muestra una diversidad Baja.

*Pastizal inducido*

R= (2-1)/Ln (122) = 1/4.80 = **0.21** para el estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR

En el Pastizal Inducido la diversidad se puede considerar como baja.

*Vegetación de dunas costeras*

R= (5-1)/Ln (293) = 4/5.68 = **0.70** para el estrato herbáceo de la vegetación de dunas costeras del SAR.

En la Vegetación de dunas costeras, la diversidad se puede considerar como baja.

**Área del Proyecto**

*Selva con palmar de Chit*

R= (10-1)/Ln (205) = 9/5.35 = **1.69** para el estrato arbóreo del selva con palmar de Chit del AP.

R= (3-1)/Ln (506) = 2/5.97 = **0.32** para el estrato arbustivo del selva con palmar de Chit del AP.

Para el Área del Proyecto, el estrato arbóreo es el más diverso (Diversidad Baja) y el estrato arbustivo presenta diversidad **Muy Baja,** al igual que en el SAR, en el estrato herbáceo no se registró ningún individuo de flora silvestre.

***Índice de diversidad de Simpson (D)***

Al sustituir los valores obtenidos para cada tipo de vegetación en la fórmula antes mencionada, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Sistema Ambiental Regional**
*Selva con palmar de Chit*

En cuanto al estrato arbóreo, se obtuvieron los valores de la siguiente tabla:

**Tabla IV.33.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2 | 2 |
| **2** | *Cocos nucifera* | Coco | 8 | 56 |
| **3** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 1 | 0 |
| **4** | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 9 | 72 |
| **5** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 126 | 15,750 |
| **6** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 18 | 306 |
| **7** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 2 | 2 |
| **8** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 44 | 1,892 |
| **Subtotal** | | | **210** | **18,080** |
| | | **Índice de Simpson** | | **0.5881** |
| | | **Simpson MAX** | | **0.8750** |

El valor máximo de Simpson que se puede obtener en el estrato arbóreo del Palmar de Chit del SAR para las 8 especies es de 0.8750, dado que el resultado del índice de Simpson es de 0.5881, le corresponde una **Diversidad Media o Moderada**.

Por otra parte, para el estrato arbustivo se obtuvieron los valores de la siguiente tabla:

**Tabla IV.34.- Índice de Simpson para el estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 7 | 42 |
| **2** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 384 | 147,072 |
| **Subtotal** | | | **391** | **147,114** |
| | | **Índice de Simpson** | | **0.0353** |
| | | **Simpson MAX** | | **0.500** |

El valor obtenido del índice de Simpson en relación con el máximo que se puede alcanzar, demuestra que el estrato arbustivo la selva con palmar de Chit del SAR tiene una **Diversidad Muy Baja**. Cabe aclararse que no se registraron individuos en el estrato herbáceo.

*Manglar*

Para el estrato arbóreo del manglar, que fue el único en el que se registraron individuos, se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

**Tabla IV.35.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo del Manglar del SAR**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | 86 | 7,310 |
| **2** | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | 14 | 182 |
| **3** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | 8 | 56 |
| | **Subtotal** | | **108** | **7,548** |
| | | | **Índice de Simpson** | **0.3468** |
| | | | **Simpson MAX** | **0.6667** |

El valor máximo de Simpson que se puede obtener en el estrato arbóreo del Manglar del SAR de las 3 únicas especies es de 0.6667, dado que el resultado del índice de Simpson es de 0.3468, le corresponde una **Diversidad Media o Moderada**.

*Pastizal inducido*

Para el estrato herbáceo del pastizal inducido, que fue el único en el que hubo registro de individuos, se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

**Tabla IV.36.- Índice de Simpson para el estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Borrichia frutescens* | Saladillo | 2 | 2 |
| **2** | *Sporobolus spartinus* | Espartina | 120 | 14,280 |
| | **Subtotal** | | **122** | **14,282** |
| | | | **Índice de Simpson** | **0.0325** |
| | | | **Simpson MAX** | **0.5000** |

El valor máximo de Simpson que se puede obtener en el estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR es de 0.5000, dado que el resultado del índice de Simpson es de 0.0325, le corresponde una **Diversidad Muy Baja**.

*Dunas costeras*

Para el estrato herbáceo, que fue el único en el que se registraron individuos, se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

**Tabla IV.37.- Índice de Simpson para el estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | *Cenchrus echinatus* | Zacate Cadillo | 119 | 14,042 |
| 2 | *Euphorbia mesembrianthemifolia* | Siis ja' | 104 | 10,712 |
| 3 | *Euphorbia ophthalmica* | Hierba de la Golondrina | 35 | 1,190 |
| 4 | *Melanthera nivea* | Totolquelite | 25 | 600 |
| 5 | *Mimosa pigra* | Zarza negra | 10 | 90 |
| **Subtotal** | | | **293** | **26,634** |
| | | | **Índice de Simpson** | **0.6887** |
| | | | **Simpson MAX** | **0.8000** |

El valor máximo de Simpson que se puede obtener en el estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR es de 0.8000, dado que el resultado del índice de Simpson es de 0.6887, le corresponde una **Diversidad Alta**.

### Área del Proyecto

*Selva con palmar de Chit*

El índice de Simpson también se calculó para la selva con palmar de Chit dentro del Área del Proyecto. Para el estrato arbóreo se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

**Tabla IV.38.- Índice de Simpson para el estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 2 | 2 |
| 2 | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 4 | 12 |
| 3 | *Cocos nucifera* | Coco | 7 | 42 |
| 4 | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 10 | 90 |
| 5 | *Metopium brownei* | Chechem negro | 113 | 12,656 |
| 6 | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 14 | 182 |
| 7 | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 6 | 30 |
| 8 | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 23 | 506 |
| 9 | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 2 | 2 |
| 10 | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 24 | 552 |
| **Subtotal** | | | **205** | **14,074** |
| | | | **Índice de Simpson** | **0.6635** |
| | | | **Simpson MAX** | **0.900** |

El valor máximo de Simpson que se puede obtener en el estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto para las 10 especies es de 0.9000, dado que el resultado del índice de Simpson es de 0.6635, le corresponde una **Diversidad Alta**.

En cuanto al estrato arbustivo, los resultados se observan en la siguiente tabla:

**Tabla IV.39.- Índice de Simpson para el estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | ni*(ni-1) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 3 | 6 |
| **2** | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 28 | 756 |
| **3** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 475 | 225,150 |
| **Subtotal** | | | **506** | **225,912** |
| | | **Índice de Simpson** | | **0.1159** |
| | | **Simpson MAX** | | **0.6667** |

El valor obtenido del índice de Simpson en relación con el máximo que se puede alcanzar, demuestra que el estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto tiene una **Diversidad Muy Baja**. En el caso del estrato herbáceo, no se registró ningún individuo.

### *Índice de Shannon- Wiener (H') e Índice de Pielou (J')*

Los resultados del cálculo de este indicador para cada estrato vegetal del SAR y del Área del Proyecto se puede observar en las siguientes tablas:

**Sistema Ambiental Regional**

*Selva con palmar de Chit*

**Tabla IV.40.- Índice de Shannon del estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del SAR**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2 | -4.6540 | 0.0443 | 0.0213 |
| **2** | *Cocos nucifera* | Coco | 8 | -3.2677 | 0.1245 | 0.0599 |
| **3** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 1 | -5.3471 | 0.0255 | 0.0122 |
| **4** | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 9 | -3.1499 | 0.1350 | 0.0649 |
| **5** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 126 | -0.5108 | 0.3065 | 0.1474 |
| **6** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 18 | -2.4567 | 0.2106 | 0.1013 |
| **7** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 2 | -4.6540 | 0.0443 | 0.0213 |
| **8** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 44 | -1.5629 | 0.3275 | 0.1575 |
| **Subtotal** | | | **210** | **-25.6031** | **1.2182** | **0.5858** |
| | | | | **H MAX** | **2.0794** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del SAR, le corresponde una **Diversidad Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de las especies es equitativa en un 58.58%

**Tabla IV.41.- Índice de Shannon del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 7 | -4.0228 | 0.0720 | 0.1039 |
| 2 | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 384 | -0.0181 | 0.0177 | 0.0256 |
| **Subtotal** | | | **391** | **-4.0409** | **0.0897** | **0.1295** |
| | | | | **H' MAX** | **0.6931** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del SAR, le corresponde una **Diversidad Muy Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de especies no es equitativa con tan solo 12.95%.

*Manglar*

**Tabla IV.42.- Índice de Shannon del estrato arbóreo del manglar del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | 86 | -0.2278 | 0.1814 | 0.1651 |
| 2 | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | 14 | -2.0431 | 0.2648 | 0.2411 |
| 3 | *Avicennia germinans* | Mangle negro | 8 | -2.6027 | 0.1928 | 0.1755 |
| **Subtotal** | | | **108** | **-4.8736** | **0.6390** | **0.5817** |
| | | | | **H' MAX** | **1.0986** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato arbóreo del manglar del SAR, le corresponde una **Diversidad Muy Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de especies no es equitativa con tan solo 58.17%

*Pastizal inducido*

**Tabla IV.43.- Índice de Shannon del estrato herbáceo del pastizal Inducido del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Borrichia frutescens* | Saladillo | 2 | -4.1109 | 0.0674 | 0.0972 |
| 2 | *Sporobolus spartinus* | Espartina | 120 | -0.0165 | 0.0163 | 0.0235 |
| **Subtotal** | | | **108** | **-4.1274** | **0.0837** | **0.1207** |
| | | | | **H' MAX** | **0.6931** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato herbáceo del pastizal Inducido del SAR, le corresponde una **Diversidad Muy Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de especies no es equitativa con tan solo 12.07%.

*Vegetación de dunas costeras*

**Tabla IV.44.- Índice de Shannon del estrato herbáceo de la vegetación de dunas costeras del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Cenchrus echinatus* | Zacate Cadillo | 119 | -0.9010 | 0.3660 | 0.2274 |
| **2** | *Euphorbia mesembrianthemifolia* | Siis ja' | 104 | -1.0358 | 0.3676 | 0.2284 |
| **3** | *Euphorbia ophthalmica* | Hierba de la Golondrina | 35 | -2.1248 | 0.2538 | 0.1577 |
| **4** | *Melanthera nivea* | Totolquelite | 25 | -2.4613 | 0.2100 | 0.1305 |
| **5** | *Mimosa pigra* | Zarza negra | 10 | -3.3776 | 0.1153 | 0.0716 |
| **Subtotal** | | | **293** | **-9.9005** | **1.3127** | **0.8156** |
| | | | | **H' MAX** | **1.6094** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato herbáceo de la vegetación de dunas costeras del SAR, le corresponde una **Diversidad Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de especies es equitativa en un 81.56%

**Área del Proyecto**

*Selva con palmar de Chit*

**Tabla IV.45.- Índice de Shannon del estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 2 | -4.6299 | 0.0452 | 0.0196 |
| **2** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 4 | -3.9367 | 0.0768 | 0.0334 |
| **3** | *Cocos nucifera* | Coco | 7 | -3.3771 | 0.1153 | 0.0501 |
| **4** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 10 | -3.0204 | 0.1473 | 0.0640 |
| **5** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 113 | -0.5956 | 0.3283 | 0.1426 |
| **6** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 14 | -2.6840 | 0.1833 | 0.0796 |
| **7** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 6 | -3.5313 | 0.1034 | 0.0449 |
| **8** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 23 | -2.1875 | 0.2454 | 0.1066 |
| **9** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 2 | -4.6299 | 0.0452 | 0.0196 |
| **10** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 24 | -2.1450 | 0.2511 | 0.1091 |
| **Subtotal** | | | **205** | **-30.7374** | **1.5413** | **0.6695** |
| | | | | **H MAX** | **2.3026** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato arbóreo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto, le corresponde una **Diversidad Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de las especies es equitativa en un 66.95%.

**Tabla IV.46.- Índice de Shannon del estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Ind. | LN Pi | Índice de Shannon H' | Índice de Pielou J' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 3 | -5.1279 | 0.0304 | 0.0277 |
| **2** | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 28 | -2.8943 | 0.1602 | 0.1458 |
| **3** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 475 | -0.0632 | 0.0593 | 0.0540 |
| **Subtotal** | | | **506** | **-8.0854** | **0.2499** | **0.2275** |
| | | | | **H' MAX** | **1.0986** | |

El valor obtenido del índice de Shannon para el estrato arbustivo de la selva con palmar de Chit del Área del Proyecto, le corresponde una **Diversidad Muy Baja**. El índice de Pielou muestra que la distribución de especies no es equitativa con tan solo 22.75%.

### IV.2.2.2.1.10 Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI calculado para cada estrato de los tipos de vegetación antes descritos en el SAR y Área del Proyecto se presenta en las siguientes tablas:

**Sistema Ambiental Regional**

*Selva con palmar de Chit*

**Tabla IV.47.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2.44 | 0.95 | 3.85 | 7.24 | 2.41 |
| **2** | *Cocos nucifera* | Coco | 4.84 | 3.81 | 11.54 | 20.19 | 6.73 |
| **3** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 0.41 | 0.48 | 3.85 | 4.73 | 1.58 |
| **4** | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 4.52 | 4.29 | 7.69 | 16.50 | 5.50 |
| **5** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 63.83 | 60.00 | 30.77 | 154.60 | **51.53** |
| **6** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 7.22 | 8.57 | 19.23 | 35.02 | **11.67** |
| **7** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 0.67 | 0.95 | 7.69 | 9.32 | 3.11 |
| **8** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 16.07 | 20.95 | 15.38 | 52.41 | **17.47** |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300.0** | **100.0** |

En el estrato arbóreo de selva con palmar de Chit, destaca, el IVI elevado de las especies: *Metopium brownei* (Chechem negro), *Morella cerífera* (Árbol de Cera) y *Pithecellobium keyense* (Guamúchil). Estas 3 especies concentran el 80.68% del total de las 8 especies.

**Tabla IV.48.- Cálculo del IVI del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chamaedorea seifrizii* | Xiat | 0.09 | 1.23 | 4.17 | 5.49 | 1.83 |
| **2** | *Coccothrinax readii* | náaj k'aax, Nacax | 38.93 | 18.52 | 16.67 | 74.11 | **24.70** |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300** | **100** |

De las especies del estrato arbustivo del Palmar de Chit, el mayor IVI lo tiene las especies: *Coccothrinax readii* (náaj k'aax, Nacax), *Croton reflexifolius* (P'e'es k'uuch), *Fridericia floribunda* (Bejuco morado) y *Thrinax radiata* (Ch'íit). Estas 4 especies concentran el 78.83% del total de las 10 especies.

*Manglar*

**Tabla IV.49.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo del manglar del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | 75.16 | 79.63 | 33.33 | 188.12 | 62.71 |
| **2** | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | 18.55 | 12.96 | 33.33 | 64.85 | 21.62 |
| **3** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | 6.29 | 7.41 | 33.33 | 47.03 | 15.68 |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300** | **100** |

De las especies del estrato arbóreo del Manglar del SAR, el mayor IVI lo tiene la especie *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo). Esta especie concentra el 62.71% del total de las 3 especies.

*Pastizal inducido*

**Tabla IV.50.- Cálculo del IVI del estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Borrichia frutescens* | Saladillo | 0.17 | 1.64 | 33.33 | 35.14 | 11.71 |
| **2** | *Sporobolus spartinus* | Espartina | 99.83 | 98.36 | 66.67 | 264.86 | 88.29 |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300** | **100** |

De las especies del estrato herbáceo del Pastizal Inducido del SAR, el mayor IVI lo tiene la especie *Sporobolus spartinus* (Espartina). Esta sola especie concentra el 88.29% del total de las 2 especies.

*Vegetación de dunas costeras*

**Tabla IV.51.- Cálculo del IVI del estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Cenchrus echinatus* | Zacate Cadillo | 32.79 | 40.61 | 23.08 | 96.48 | 32.16 |
| 2 | *Euphorbia mesembrianthemifolia* | Siis ja' | 32.27 | 35.49 | 23.08 | 90.85 | 30.28 |
| 3 | *Euphorbia ophthalmica* | Hierba de la Golondrina | 15.34 | 11.95 | 23.08 | 50.37 | 16.79 |
| 4 | *Melanthera nivea* | Totolquelite | 17.19 | 8.53 | 15.38 | 41.11 | 13.70 |
| 5 | *Mimosa pigra* | Zarza negra | 2.40 | 3.41 | 15.38 | 21.20 | 7.07 |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300.00** | **100.00** |

De las especies del estrato herbáceo de la Vegetación de Dunas Costeras del SAR, el mayor IVI lo tiene las especies: *Cenchrus echinatus* (Zacate Cadillo) y Euphorbia mesembrianthemifolia (Siis ja'). Estas 2 especies concentra el 62.44% del total de las 5 especies.

**Área del Proyecto**

*Selva con palmar de Chit*

**Tabla IV.52.- Cálculo del IVI del estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 0.77 | 0.98 | 5.88 | 7.63 | 2.54 |
| 2 | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 3.76 | 1.95 | 11.76 | 17.47 | 5.82 |
| 3 | *Cocos nucifera* | Coco | 5.35 | 3.41 | 14.71 | 23.47 | 7.82 |
| 4 | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 2.95 | 4.88 | 5.88 | 13.71 | 4.57 |
| 5 | *Metopium brownei* | Chechem negro | 69.28 | 55.12 | 23.53 | 147.93 | **49.31** |
| 6 | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 5.29 | 6.83 | 11.76 | 23.88 | 7.96 |
| 7 | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 3.17 | 2.93 | 5.88 | 11.98 | 3.99 |
| 8 | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 7.82 | 11.22 | 11.76 | 30.80 | **10.27** |
| 9 | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 1.11 | 0.98 | 2.94 | 5.03 | 1.68 |
| 10 | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 0.49 | 11.71 | 5.88 | 18.08 | 6.03 |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300.0** | **100** |

En el estrato arbóreo de selva con palmar de Chit del Área del Proyecto destaca, el IVI de las especies: *Metopium brownei* (Chechem negro) y *Pithecellobium keyense* (Guamúchil). Estas 3 especies concentran el 67.40% del total de las 10 especies.

**Tabla 53.- Cálculo del IVI del estrato arbustivo de selva con palmar de Chit del Área del Proyecto.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 1.51 | 0.59 | 18.18 | 20.29 | 6.76 |
| **2** | *Hymenocallis littoralis* | Azucena de Agua | 0.28 | 5.53 | 9.09 | 14.90 | 4.97 |
| **3** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 98.21 | 93.87 | 72.73 | 264.81 | **88.27** |
| **Subtotal** | | | **100.000** | **100.000** | **100.000** | **300.00** | **100.00** |

De las especies del estrato arbustivo del Palmar de Chit del SAR, el mayor IVI lo tiene la especie *Thrinax radiata* (Palma Chit) con el 88.27% del total de las 2 únicas especies.

IV.2.2.2.1.11 Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con base en los muestreos de flora silvestre, se registraron en total 4 especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; todas se distribuyen en el SAR. Es importante señalar que en el Área del Proyecto la única especie listada en la citada norma es *Thrinax radiata* (Palma Chit).

**Tabla IV.54.- Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área de Estudio.**

| Forma Biológica | Nombre Científico | Nombre Común | Categoría | SAR | Área del Proyecto |
|---|---|---|---|---|---|
| **Árbol** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | A | X | |
| | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | A | X | |
| | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | A | X | |
| **Arbusto** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | A | X | X |

A= Amenazada

IV.2.2.2.1.12 Análisis comparativo de la composición florística del SAR y Área del Proyecto

De los resultados obtenidos, a continuación, se hace una comparación para el tipo de vegetación de selva con palmar de Chit, debido a que será el único tipo de vegetación afectada por el desarrollo del presente proyecto. Esto con la finalidad de determinar el grado de afectación que tiene el cambio de uso de suelo propuesto.

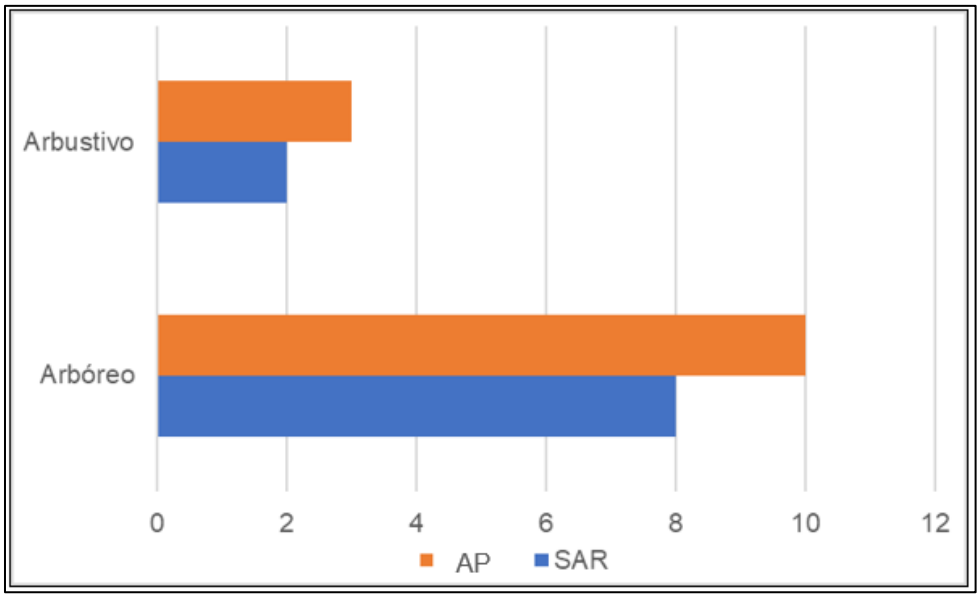



**Figura IV.21.- Comparación de Riqueza de especies de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto.**

Como resultado de los muestreos de flora silvestre, en el estrato arbóreo se registraron en total 10 especies en el Área del Proyecto y 8 especies en el SAR. Por otra parte, en el estrato arbustivo en el Área del Proyecto se registraron 3 especies y sólo 2 en el SAR.

### Estrato Arbóreo

Los resultados se presentan por estrato vegetal en la siguiente tabla:

**Tabla IV.55.- Comparativa de diversidad y abundancia del Estrato Arbóreo de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto.**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Ind/Ha | | Índice de Shannon | | IVI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | SAR | AP | SAR | Predio | SAR | AP |
| 1 | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | | 12.5 | | 0.0452 | | 7.6312 |
| 3 | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 12.5 | 25.0 | 0.0443 | 0.0768 | 7.2422 | 17.4736 |
| 4 | *Cocos nucifera* | Coco | 50 | 43.8 | 0.1245 | 0.1153 | 20.1861 | 23.4710 |
| 5 | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 6.25 | 62.5 | 0.0255 | 0.1473 | 4.7324 | 13.7134 |
| 6 | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 56.25 | | 0.1350 | | 16.4953 | |
| 7 | *Metopium brownei* | Chechem negro | 787.5 | 706.3 | 0.3065 | 0.3283 | 154.5993 | 147.9294 |
| 8 | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 112.5 | 87.5 | 0.2106 | 0.1833 | 35.0183 | 23.8826 |
| 9 | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | 12.5 | 37.5 | 0.0443 | 0.1034 | 9.3171 | 11.9793 |
| 10 | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 275 | 143.8 | 0.3275 | 0.2454 | 52.4093 | 30.8049 |
| 11 | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | | 12.5 | | 0.0452 | | 5.0302 |
| 12 | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | | 150.0 | | 0.2511 | | 18.0845 |
| **Total** | | | **1,312.5** | **1,281.3** | **1.2181** | **1.5413** | **300.00** | **300.00** |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Índice de Margalef | 1.31 | 1.69 | | | | |
| Índice de Simpson | 0.5881 | 0.6635 | | | | |
| Simpson MAX | 0.8750 | 0.9000 | | | | |
| Índice de Shannon (H) | 1.2181 | 1.5413 | | | | |
| H´MAX | 2.0794 | 2.3026 | | | | |
| Riqueza de Sp. | 8 | 10 | | | | |
| No. de Sp Compartidas | | 7 | | | | |
| Índice de Jacard | | 63.64 | | | | |

Los valores obtenidos del índice de Margalef y el Índice de Shannon, muestran en ambos casos que el estrato arbóreo del de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto son similares con diversidad baja en ambos casos.

Considerando los valores de IVI por especie, los calculados para el Área del Proyecto son ligeramente mayores en comparación con el SAR. Esta diferencia a favor del Área del Proyecto se aprecia en todos los indicadores ecológicos, incluso en el número de especies, pues el AP tiene más especies que en el SAR, diferencia que representa el 20%.

Al comparar la información del estrato arbóreo de la vegetación de selva con palmar de Chit del SAR y del Área del Proyecto, hay 3 especies que solo fueron registradas en el Área del Proyecto y no así en el SAR. Esta situación hace que las especies: *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Platymiscium yucatanum* (Granadillo) y *Sideroxylon salicifolium* (Sak-chum), sean prioritarias para considerar acciones de protección y conservación.

Con respecto al número de individuos por hectárea, hay especies que tienen densidades iguales o menores a 20 ind/Ha. que son: *Alseis yucatanensis* (Ja'as che') y *Platymiscium yucatanum* (Granadillo).

Las especies con valores del índice de Shannon igual o menores a 0.100, se encuentran *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Coccoloba uvifera* (Uva de mar) y *Platymiscium yucatanum* (Granadillo).

Al comparar los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI), se puede apreciar que en el Área del Proyecto hay especies con valores igual o menor a 20.00. Tales como: *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Dendropanax arboreus* (sak chakaj), *Neea psychotrioides* (ta'tsi'), *Platymiscium yucatanum* (Granadillo) y (*Sideroxylon salicifolium* (Sak-chum).

Finalmente, para conocer la similitud que existe entre las 2 poblaciones, se calculó el Índice de Jaccard. Al aplicar este índice en el estrato arbóreo de la vegetación de Palmar de Chit, el

resultado indica que este tipo de vegetación del SAR es similar en un 63.64% pues comparten ambas poblaciones 7 especies de las 12 especies totales.

### Estrato Arbustivo

Se compararon los resultados obtenidos de diversidad y abundancia del estrato arbustivo como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.56.- Comparativa de diversidad y abundancia del Estrato Arbustivo de la selva con palmar de Chit del SAR y Área del Proyecto**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Ind/Ha | | Índice de Shannon | | IVI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | SAR | AP | SAR | Predio | SAR | AP |
| 1 | Chrysobalanus icaco | Ciruela Blanca | 43.8 | 18.8 | 0.072 | 0.0304 | 24.5356 | 20.2889 |
| 2 | Hymenocallis littoralis | Azucena de Agua | | 175.0 | | 0.1602 | | 14.9042 |
| 3 | Thrinax radiata | Palma Chit | 2,400.0 | 2,968.8 | 0.0177 | 0.0593 | 275.4644 | 264.8069 |
| **Total** | | | **2,443.8** | **3,162.6** | **0.0897** | **0.2499** | **300** | **300** |
| Índice de Margalef | | | 0.17 | 0.32 | | | | |
| Índice de Simpson | | | 0.0353 | 0.1159 | | | | |
| Simpson MAX | | | 0.5000 | 0.6667 | | | | |
| Índice de Shannon (H) | | | 0.0898 | 0.2499 | | | | |
| H´MAX | | | 0.6931 | 1.0986 | | | | |
| Riqueza de Sp. | | | 2 | 3 | | | | |
| No. de Sp Compartidas | | | | 2 | | | | |
| Índice de Jacard | | | | 66.67 | | | | |

Los valores obtenidos del índice de Margalef y el Índice de Shannon, muestran en ambos casos que la selva con palmar de chit del SAR y Área del Proyecto son similares con diversidad baja en ambos casos.

Considerando los valores de IVI por especie, los calculados para el SAR son ligeramente mayores en comparación con el Área del Proyecto. Esta diferencia a favor del Área del Proyecto se aprecia en todos los indicadores ecológicos, incluso en el número de especies, pues el AP tiene más especies que en el SAR, diferencia que representa el 33.33%.

Al comparar la información del estrato arbóreo de la vegetación de la selva con palmar de Chit del SAR y del Área del Proyecto, hay 1 especie que sólo fue registrada en el Área del Proyecto y no así en el SAR, que es *Hymenocallis littoralis* (Azucena de Agua). Aunque es una especie nativa, es una especie propia de bosque templado y se cultiva como planta ornamental, como es el caso del Área del Proyecto, es una planta introducida, por lo que no se considera de interés ecológico para ser considerada en acciones de protección y conservación.

Con respecto al número de individuos por hectárea, solo la especie *Chrysobalanus icaco* (Ciruela Blanca) tiene una densidad menor a 20 ind/ha.

Las especies con valores del índice de Shannon igual o menores a 0.100, son *Hymenocallis littoralis* (Azucena de Agua) y *Thrinax radiata* (Palma Chit).

Con respecto a los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI), la especie *Hymenocallis littoralis* (Azucena de Agua), es la única que tiene valores menores a 20.00

De las especies registradas en el estrato arbustivo, se encuentra *Thrinax radiata* (Palma Chit), que esta listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A).

A igual que en el estrato arbóreo, se calculó el índice de Jaccard para conocer la similitud que existe entre las 2 poblaciones. Al aplicar este índice en el estrato arbustivo de la vegetación de selva con palmar de Chit, el resultado indica que este tipo de vegetación es similar en un 66.67% pues comparten ambas poblaciones 2 especies de las 3 especies totales.

Como resultado de la comparación de indicadores ecológicos de la vegetación de Palmar de Chit, se identificaron especies que requieren de acciones de protección y conservación para reducir el riesgo o pérdida de diversidad, mismas que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla IV.57.- Especies definidas para proteger y conservar**

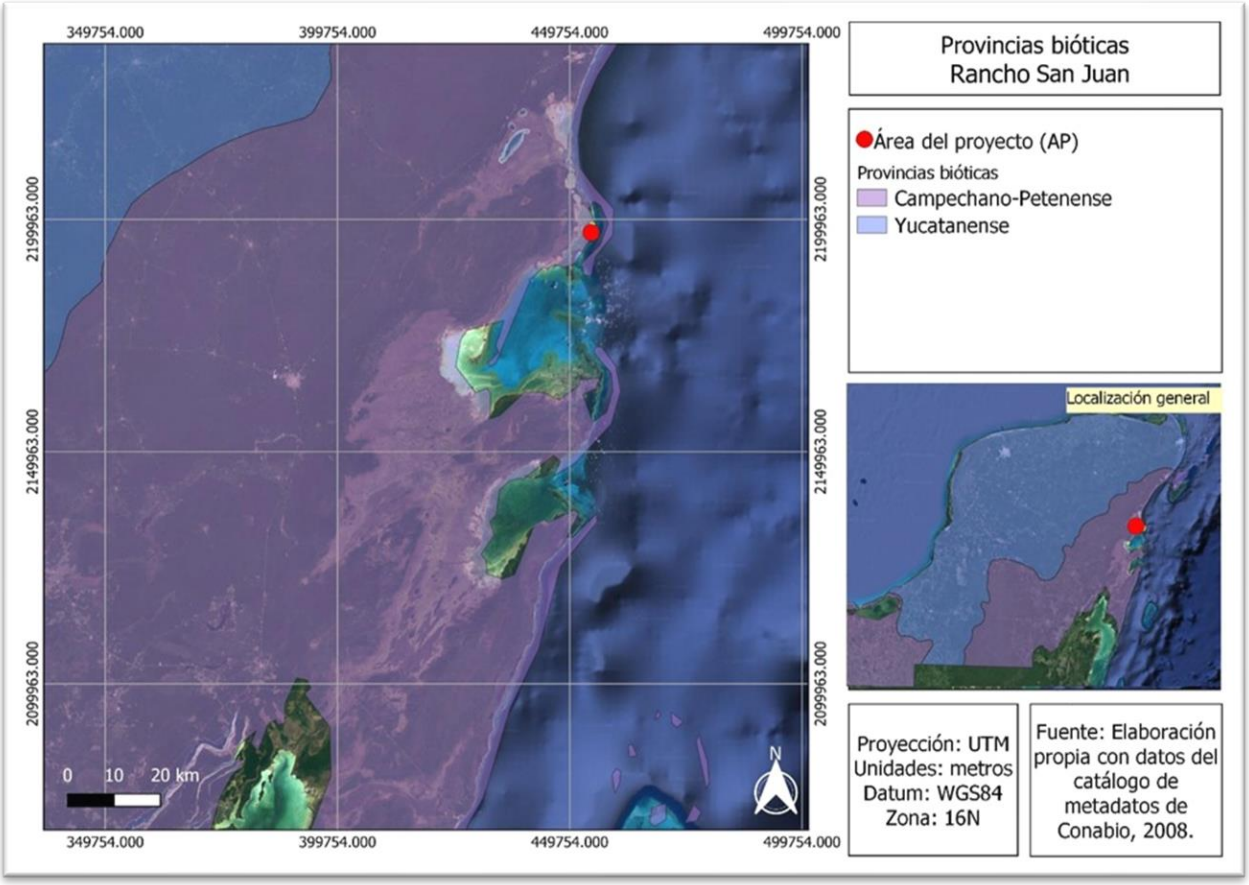
| No. | Forma Biológica | Nombre Científico | Nombre Común |
|---|---|---|---|
| **1** | Árbol | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' |
| **2** | | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar |
| **3** | | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj |
| **4** | | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' |
| **5** | | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo |
| **6** | | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum |
| **7** | Arbusto | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca |
| **8** | | *Thrinax radiata* | Palma Chit |

IV.2.2.2.2 Fauna

La separación entre la región Neártica y Neotropical es ecológico-climática, siendo los sistemas montañosos los límites entre las dos regiones. Este límite no detiene en su totalidad a la fauna que caracteriza a cada región, permitiendo que ambos elementos formen una zona de transición. El estado de Quintana Roo se encuentra inmerso en la región biogeográfica Neotropical, donde,

además, confluyen dos provincias bióticas del país (provincia biótica Yucatanense y, provincia biótica Campechano-Petenense: subprovincia Rooena). Aunado a ello, su topografía, climas y tipos de hábitat, han dado como resultado que, para el Estado de Quintana Roo, se tenga registrada la presencia de 24 especies de anfibios (Parra-Olea et al. 2014, González-Sánchez et al. 2017), 105 especies de reptiles (Flores-Villela y García-Vázquez 2014, González-Sánchez et al. 2017), 517 aves (Lapage 2022) y 108 especies de mamíferos (Sosa-Escalante et al. 2013, Sánchez-Cordero et al 2014), para un total de 754 especies de vertebrados terrestres.

El Sistema Ambiental Regional se ubica en el estado de Quintana Roo, al este de la Península de Yucatán. Se localiza en la Región Biogeográfica Neotropical, particularmente en la provincia biótica Campechano-Petenense, subprovincia Rooena como se muestra en el siguiente mapa. Presenta altitudes promedio de 8 msnm. Se encuentra inmerso en un sistema de Playa o Barra Inundables. De acuerdo con la serie VII de INEGI, el uso de suelo y vegetación corresponde a vegetación de dunas costeras y manglar. Aunado a ello, el área de estudio se ubica dentro de una de las cuatro rutas de aves migratorias del país.




**Mapa IV.27.- Provincia Biótica donde incide el Sistema Ambiental Regional.**

IV.2.2.2.2.1 Metodología de muestreo en campo

Para determinar la presencia de las especies de vertebrados terrestres en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP), la metodología de trabajo se dividió en tres etapas:

- Etapa I. Revisión bibliográfica.
- Etapa II. Muestreos en campo.
- Etapa III. Trabajo de gabinete.

A continuación, se describe cada una de estas etapas:

***Etapa I. Revisión bibliográfica***

Para esta etapa, se procedió a la consulta de publicaciones de fauna silvestre relacionadas con el SAR o zonas cercanas a este con el fin de obtener un listado potencial de las especies que pudieran ser observadas durante los trabajos de campo. Se analizaron las siguientes publicaciones:

A Checklist of the Amphibians and Reptile of Mexico (Liner 2007), Guía de los anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an y zonas aledañas (Calderón-Mandujano et al. 2005). Herpetofauna: análisis y perspectivas (Calderon-Mandujano et al. 2009), The Herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation status. Mesoamerican Herpetology (González-Sánchez et al 2017), Catalogo de reptiles de la Peninsula de Yucatán (Díaz-Gamboa et al.), Aves de la Bahía de Chetumal: distribución y pautas para investigación en conservación (Rangel-Salazar, Enríquez-Rocha y Correa-Sandoval 2009), Formación de las colecciones de referencia de aves y mamíferos de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (Pozo de la Tijera 1996), A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast México (Reid 1997), Los mamíferos silvestres de México (Ceballos y Oliva. 2005), Mamíferos terrestres (Escobedo-Cabrera, Chablé-Jiménez y Pool-Valdez 2009) y Mamíferos terrestres de la península de Yucatán (Sosa-Escalante et al. 2013).

Posteriormente, se integró un listado potencial de las especies de vertebrados reportados para el SAR. Además, se identificaron cuáles son endémicas y se determinó si están listadas bajo alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, si están listadas en alguno de los apéndices de la Convención Internacional de Tráfico de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) y si se encuentran en alguna categoría de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN).

### *Etapa II. Muestreos en campo*

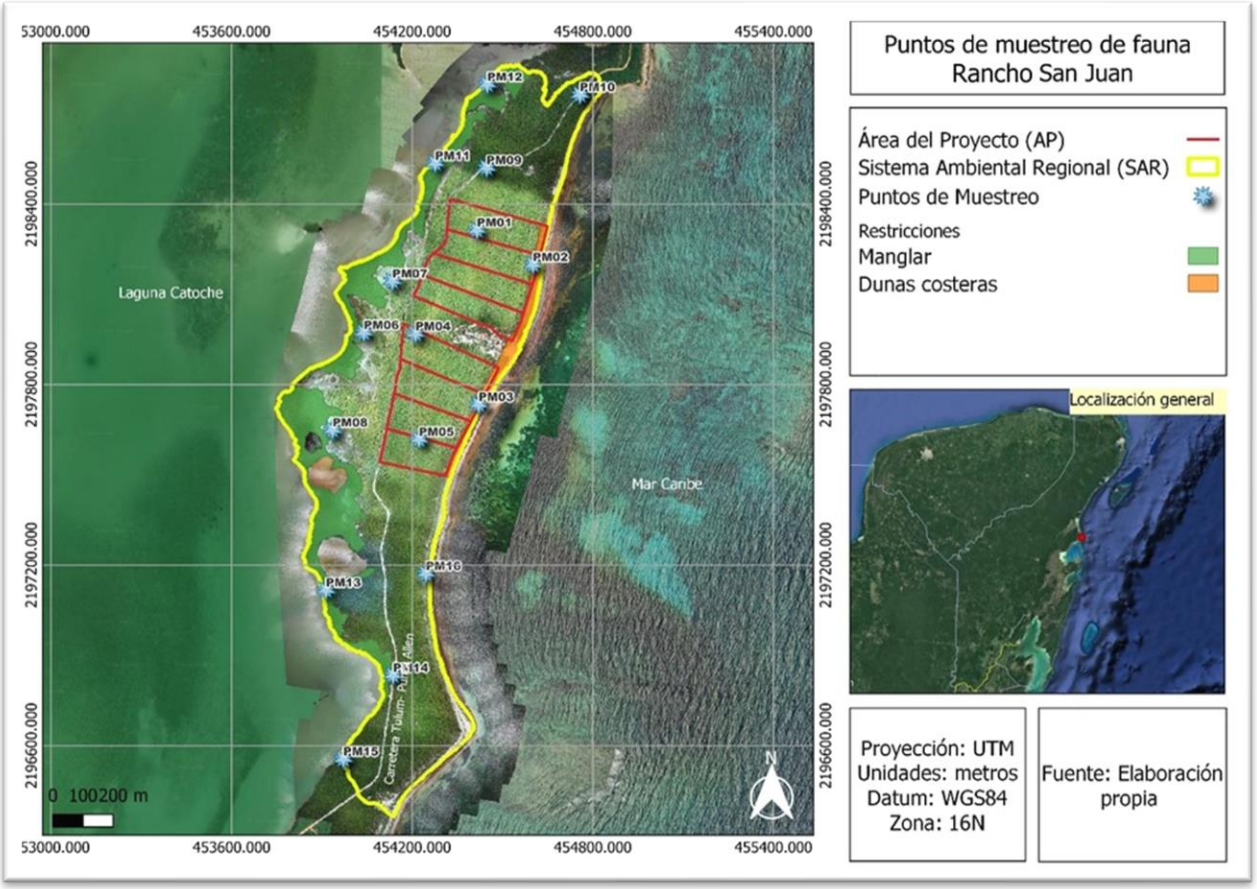
Para el muestreo de fauna silvestre en campo, se visitó la zona de estudio en el mes de junio de 2022, en donde se establecieron 16 puntos de muestreo ubicados en el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional, abarcando los diferentes tipos de hábitats presentes. En general se usaron métodos directos (observación y captura) y métodos indirectos (fotografía, registros de rastros, huellas, madrigueras, excretas, huesos, rascaderas, echaderos, nidos, pelos, plumas, restos de comida, entrevistas informales o cualquier otro indicio que delate la presencia y actividad de fauna).

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo en el SAR y Proyecto, y se ubicaron en un mapa. Es importante señalar que, al estar el SAR inmerso en una zona de terrenos privados, el acceso a otras áreas para el muestreo de fauna silvestre estuvo restringido.

**Tabla IV.58.- Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de fauna (Coordenadas UTM, zona 16N).**

| Sistema Ambiental Regional | | |
|---|---|---|
| Puntos de Muestreo | Coordenadas X | Coordenadas Y |
| **PM06** | 454039 | 2197974 |
| **PM07** | 454134 | 2198145 |
| **PM08** | 453935 | 2197650 |
| **PM09** | 454447 | 2198522 |
| **PM10** | 454757 | 2198765 |
| **PM11** | 454276 | 2198537 |
| **PM12** | 454449 | 2198799 |
| **PM13** | 453913 | 2197118 |
| **PM14** | 454136 | 2196835 |
| **PM15** | 453971 | 2196557 |
| **PM16** | 454245 | 2197173 |

| Área del Proyecto | | |
|---|---|---|
| Puntos de Muestreo | Coordenadas X | Coordenadas Y |
| **PM01** | 454415 | 2198315 |
| **PM02** | 454601 | 2198200 |
| **PM03** | 454420 | 2197735 |
| **PM04** | 454210 | 2197969 |
| **PM05** | 454222 | 2197619 |




**Mapa IV.28.- Ubicación de los sitios de muestreo de fauna.**

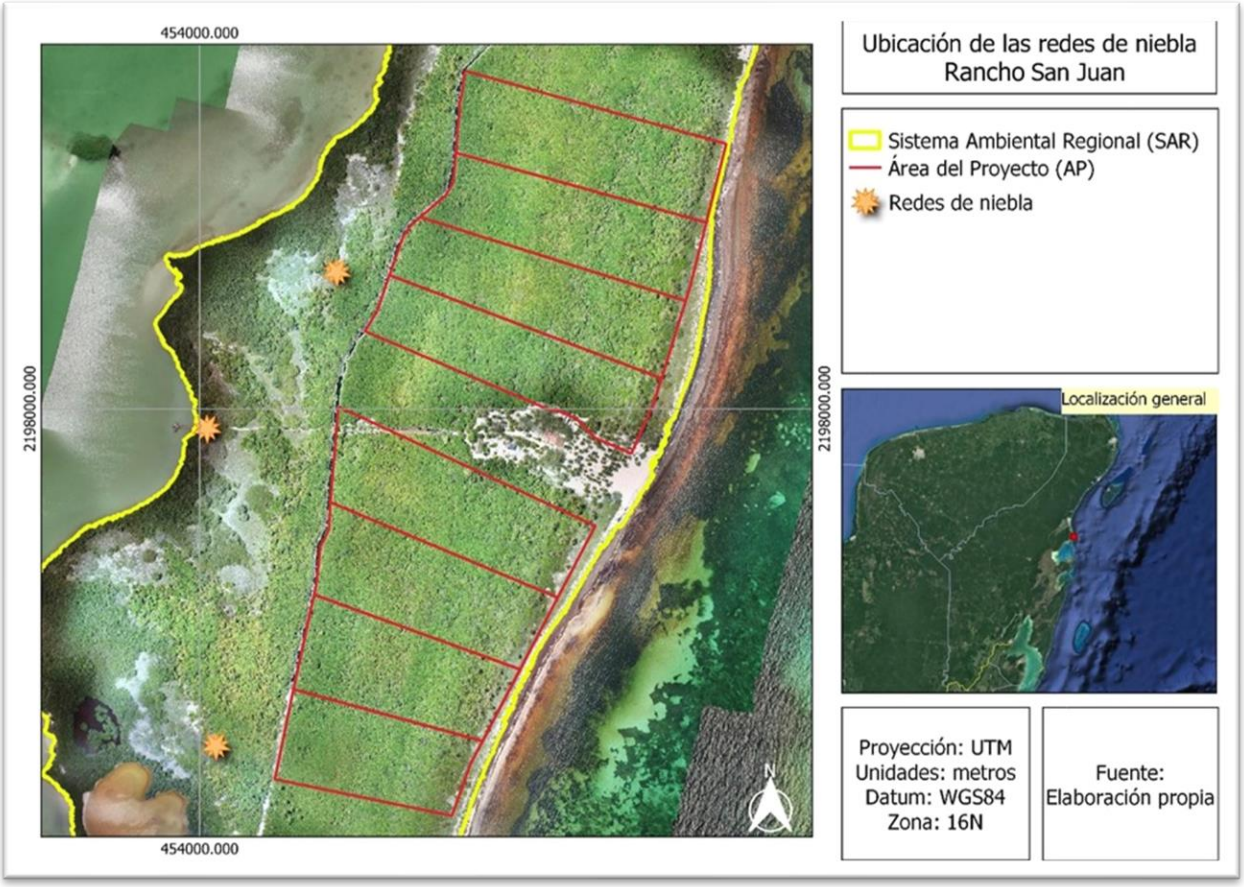
Para el registro en los Puntos de Muestreo de las diferentes especies de vertebrados se implementaron distintas técnicas de muestreo según el grupo faunístico:

**Anfibios**: Para este grupo de vertebrados se procedió a la observación, captura y liberación mediante la selección específica del hábitat, el cual constó de recorridos en busca de cuerpos de agua y ambientes húmedos en el Área del Proyecto y el SAR, ya que los anfibios están estrechamente relacionados con estos hábitats (Aguirre-León 2011). Una vez localizadas estas áreas, se caminó lentamente en los alrededores para la búsqueda intensiva de individuos. La captura se realizó directamente con la mano. Para la identificación se utilizó literatura especializada (Flores-Villela 1993, Lee 2000, Cálderon-Mandujano 2005, Liner 2007).

**Reptiles**: Para este grupo se realizó una búsqueda intensiva en un transecto de 100 m en cada uno de los 16 sitios de muestreo (Aguirre-León 2011), durante dos períodos de las 09:00 a las 12:00 h y de las 16:00 a las 20:00 h. Para este método, se caminó lentamente a través del área elegida revisando cada microhábitat potencial, tales como troncos de árboles, huecos y hendiduras, tocones, bajo troncos caídos o piedras, entre la hojarasca y grietas. La colecta de los

ejemplares se realizó directamente con la mano o con ayuda de gancho y/o pinzas herpetológicas. En otros casos, se registró la presencia de las especies por métodos indirectos: entrevistas informales con gente de la región, cadáveres, huesos, mudas, etc. Para la identificación se utilizó literatura especializada (Flores-Villela 1993, Lee 2000, Cálderon-Mandujano 2005, Liner 2007).

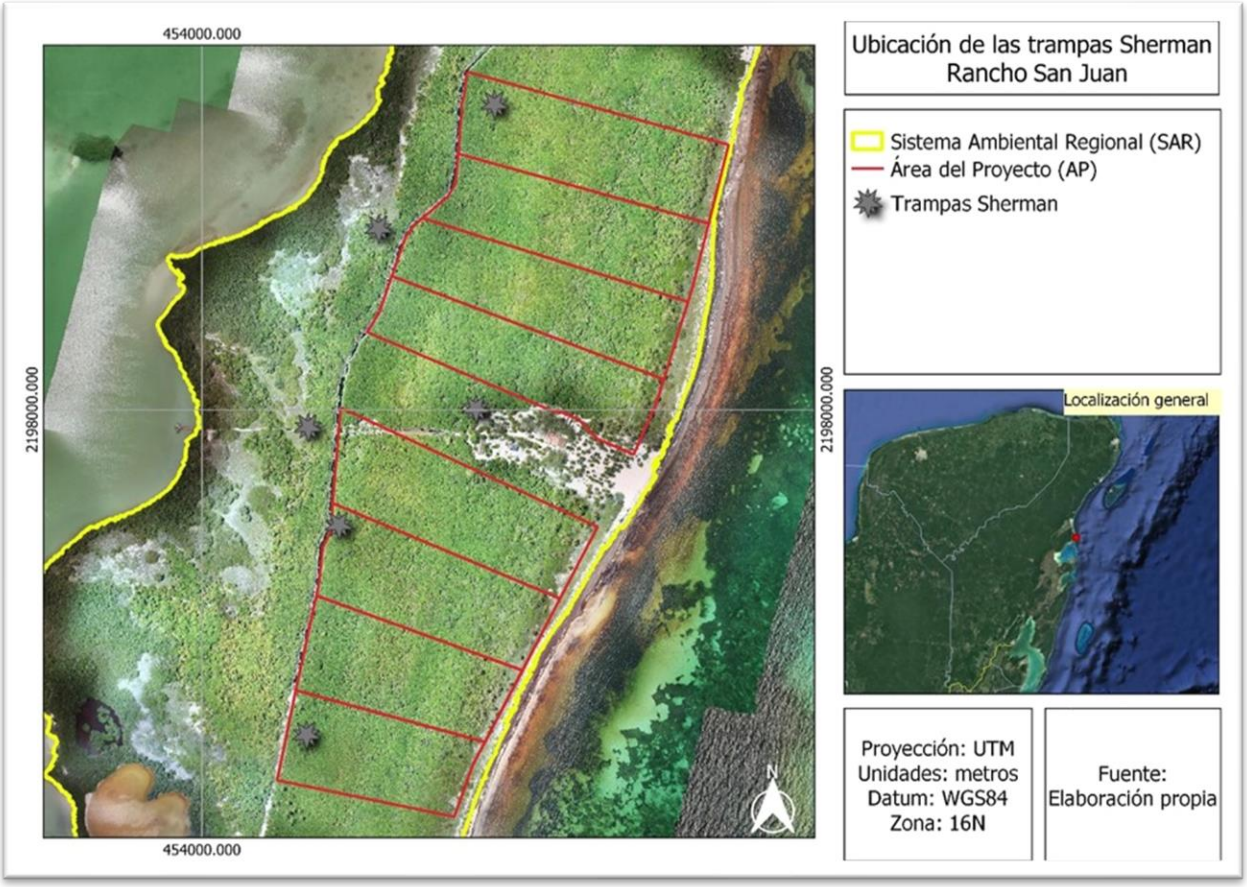
**Aves**: Para este grupo se hizo una observación directa y por vocalizaciones, en los 16 puntos de muestreo, ubicados a lo largo de los diferentes hábitats, tanto del Área del Proyecto como del SAR. Esto se hizo a lo largo de transectos de 200 m de longitud, en donde se establecieron tres puntos fijos de observación, ubicados a 100 m de distancia entre ellos. En los puntos fijos de observación se permaneció por un periodo de 10 minutos, registrando a todas las aves observadas. Los avistamientos y registros de aves se realizaron con apoyo de binoculares (Carl Zeiss 10x42) y cámara digital con zoom óptico de 83x. Los muestreos fueron realizados durante dos periodos de las 6:30 a las 10:00 h y de las 17:00 a las 19:00 h. También se realizaron capturas con redes niebla de 9 y 12 m de largo por 2.5 m de alto y 25 mm. En total se ubicaron 3 sitios de muestreo con 2 redes niebla en cada sitio, con 100 y 200m de separación entre cada una como se puede observar en el siguiente mapa. Las redes permanecieron abiertas por dos periodos en cada sitio, uno matutino (6:30 a 11:00 hr.) y vespertino (17:00 a las 20:00 hr.); las redes fueron revisadas cada 40 min. Para la identificación de las aves se utilizó literatura especializada (Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995, National Geographic 2002, Sibley 2000).




**Mapa IV.29.- Ubicación de las redes de niebla.**

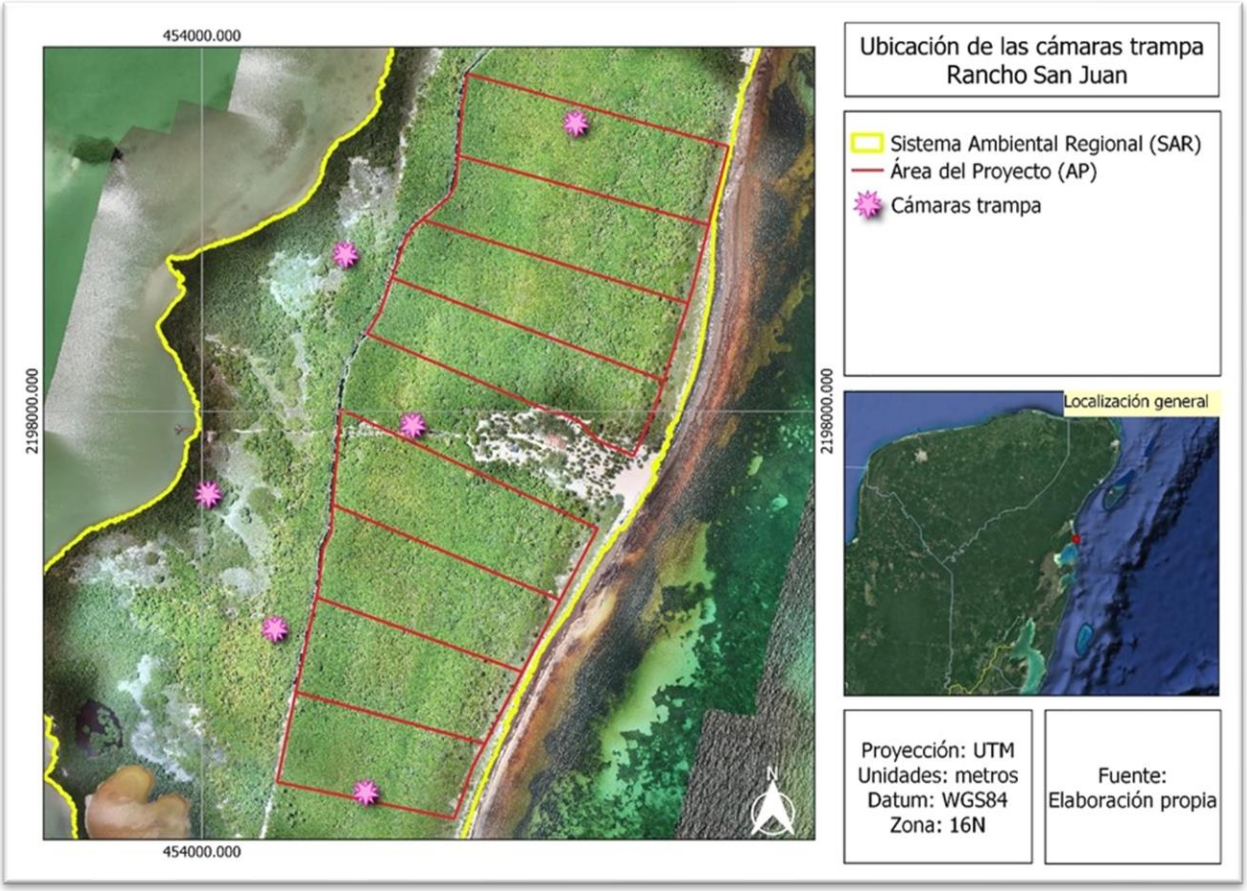
**Mamíferos**: Para el registro en campo de este grupo faunístico se implementaron varias técnicas de muestreo, mismas que se describen a continuación:

1. Para evaluar la presencia de pequeños mamíferos se establecieron 6 sitios de muestreo en el Área del Proyecto y SAR, mediante retículas de 17 trampas Sherman, en línea de 8 y 9 trampas, separadas por 10 m entre ellas. Las trampas se cebaron con una mezcla de avena y extracto de vainilla, se colocaron entre las 18:00 y 19:00 h y se revisaron entre las 7:00 y 8:00 h del día siguiente. Tres sitios de muestreo estuvieron ubicados en el Área del Proyecto y tres en el SAR, como se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.30.- Ubicación de las trampas Sherman.**

2. Para evaluar la presencia de mamíferos medianos y grandes, se realizaron recorridos a pie en el Área del Proyecto y el SAR en busca de rastros como huellas, excretas, restos óseos y madrigueras. Utilizando esta información y las imágenes de satélite de Google Earth Pro-2022, se ubicaron posibles sitios de traslado de fauna, en donde se instalaron 6 estaciones de monitoreo con cámaras-trampa. Las estaciones de monitoreo se instalaron en veredas naturales. En cada estación de monitoreo se colocó una cámara-trampa (modelos Cuddeback, Wildgame y Busnell), a una altura no mayor de 50 cm del nivel del suelo, dependiendo de la topografía e inclinación del sitio. Las cámaras-trampa se programaron para permanecer activas, durante las 24 horas del día. La posición de cada una de ellas fue georreferenciada en sistema de coordenadas UTM mediante un GPS modelo Garmin Map 64s. Las cámaras trampa permanecieron activas por un periodo de 12 días, para un esfuerzo de muestreo de 72 días-cámara.




**Mapa IV.31.- Ubicación de las cámaras trampa.**

3. El muestreo de murciélagos se realizó con redes niebla, utilizando los mismos sitios que fueron utilizados para las aves. En total se establecieron 3 sitios de muestreo con dos redes niebla en cada sitio. Las redes se colocaron entre las 19:00 y 20:00 h y se revisaron continuamente hasta las 24:00 h.

En las siguientes fotografías se pueden observar los trabajos realizados durante el muestreo de los diferentes grupos faunísticos:



**Captura y registro fotográfico de rana.**



**Captura y registro fotográfico de reptiles.**



**Registro de serpiente.**




**Recorridos nocturnos para el registro de fauna.**



**Registro de aves con binoculares.**




**Muestreo de aves con camara y binoculares.**



**Captura de aves con redes niebla.**



**Registro de ave capturada con redes niebla.**



**Recorrido en cayac para muestreo de aves acuaticas.**



**Preparación de trampas Sherman para captura de roedores.**



**Colocación de cámaras trampa.**




**Registro de coordenadas de la ubicación de cámara trampa.**



**Captura de murciélago con redes niebla.**



**Captura y registro de murciélago.**



**Registro de huellas de mamíferos.**

**Fotografía IVV.10.- Ejemplos del trabajo de campo realizado.**

De la fauna registrada en campo, se colectaron los siguientes datos: especie, número de individuos y sitio de registro para su posterior análisis.

***Etapa III. Trabajo de gabinete***

Se realizó la identificación de fauna en campo, las especies que no fueron identificadas se fotografiaron y se tomaron algunas medidas para su posterior identificación con literatura especializada. Además, se preparó un listado de especies de fauna registrada en campo que incluyó: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, identificando las especies protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, especies en CITES y especies en la lista roja de la UICN. Posteriormente, se procedió con el análisis de la información recabada que se detalla a continuación:

***Curva de acumulación de especies***

Mediante métodos no-paramétricos, se calculó la curva de acumulación de especies por grupo faunístico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en el SAR y Área del Proyecto, según los siguientes estimadores:

1. El estimador de cobertura basado en la incidencia (ICE), que se basa en el número de especies raras (las observadas en menos de 10 unidades de muestreo).

2. El estimador Chao 2, que tiene en cuenta a las especies observadas en exactamente una y dos unidades de muestreo y que su fórmula es:

$$Chao2 = S + L2/2M$$

Donde:
S= número de especies
L= número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)
M= número de especies que ocurren en exactamente dos muestras;

3. Los estimadores de tipo Jackknife de primer orden, que es una función del número de especies presentes en sólo una unidad de muestreo y Jacknife de segundo orden, que considera también a las especies presentes en dos unidades de muestreo. Sus fórmulas son:

$$Jack\ 1 = S + L(m-1)/m)$$

Donde:
S= número de especies
L= número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)
m = número de muestras

$$Jack\ 2 = S + (L(2m-3)m) - (M(m-2)2/m(m-1))$$

Donde:
S= número de especies
L= número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)
M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras
m = número de muestras

4. El estimador de tipo Bootsrap, que estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie y cuya fórmula es:

$$Bootstrap = S + \sum(1-pj)n.$$

Se eliminó el posible efecto de orden en que se añaden las muestras a la curva mediante el remuestreo aleatorio en el conjunto de unidades de muestreo de cada sitio y en todos los cálculos se aplicaron múltiples reordenaciones de muestras usando 100 aleatorizaciones, con reemplazamiento. Las estimaciones se realizaron mediante el programa EstimateS vers. 9.1.0 (Colwell 2012), posteriormente se exportaron los resultados de todas las reordenaciones aleatorias a un archivo de Excel donde se elaboró la curva de acumulación de especies.

No existen criterios que permitan tomar la decisión de cuándo se considera un inventario lo suficientemente completo. Diferentes investigadores suelen establecer límites arbitrarios para determinar si el esfuerzo de muestreo ha sido suficiente, para ello, se calcula el porcentaje del total de los datos reales y el total de los datos de cada uno de los indicadores mencionados con anterioridad, multiplicado por 100 (Total de datos reales * 100/estimador). A partir de proporciones o representatividad superior al 70% la estimación de la riqueza asíntota se hace estable (Jiménez-Valverde y Hortal 2003), razón por la cual, el esfuerzo de muestreo se considera adecuado o suficiente.

***Abundancia relativa de las especies registradas en campo***

La abundancia relativa de una especie en una comunidad se refiere a la fracción con la que contribuye dicha especie a la abundancia total (Rocha et al. 2006). Para determinar la abundancia relativa se utilizó la metodología propuesta por Bibby et al. (2000) y Cortez-Fernández (2006), la cual consiste en definir rangos o categorías en función de los individuos registrados en campo. Estos rangos están asignados de la siguiente manera:

- Raras – Especies que presentan registros de uno a cinco individuos.
- Frecuentes – Especies que presentan registros de seis a 10 individuos.
- Comunes – Especies que presentan registros de 11 a 15 individuos.
- Abundantes – Especies que presentan 16 o más registros.

***Índices de diversidad***

La diversidad de especies se puede definir en su forma más simple como el número de especies en una unidad de área determinada. Tiene dos componentes principales: la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie). La estimación se realiza a través de diferentes índices; entre los más usados se encuentran el de Shannon- Wiener y Margalef, que se describen a continuación:

***Índice de diversidad Shannon-Weiner***

El índice de Shannon-Wiener se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. Contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada

una de esas especies (abundancia; Magurran 2001). Este índice refleja si existe dominancia de una o varias especies en una muestra, y depende básicamente de la proporción de especies (*pi*) y del número de especies; es decir, en una zona en donde la riqueza de especies es baja y además cada una de estas especies tiene pocos representantes, el índice de Shannon-Wiener (*H'*) puede ser mayor que una zona con mayor riqueza de especies, pero con algunas especies con mayor dominancia. Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Este índice está dado por la ecuación:

$$H' = -\sum piLnpi$$

Donde:
*pi* = abundancia proporcional de la especie.
*i*= número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

H' Adquiere valores de cero cuando hay una sola especie o existe dominancia de una especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran 1988, Peet 1974, Baev y Penev 1995). Cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área se considera de diversidad baja, mientras que valores entre 1.6 y 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores iguales o superiores a 3.1 se consideran como diversidad alta (Magurran 1988).

De igual manera, se calculó el Índice de equitatividad de Pielou, a fin de obtener la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada y se calcula con la fórmula:

$$J' = H'/H'max$$

Donde=
*H'max* = Ln Núm. Total de especies

Su valor va de cero a uno, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

***Índice de diversidad Margalef***

El Índice de Margalef es utilizado para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Margalef 1969). El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. (Magurran 1988.). El índice está dado por la ecuación:

$$DMg = (S-1)/LnN$$

Donde:
*S*=número de especies.
*N*= número total de individuos.

Los valores inferiores a dos son considerados como zonas de baja biodiversidad y valores superiores a cinco son indicativos de alta biodiversidad (Margalef 1995).

***Índice de similitud***

Este índice permite conocer la similitud entre dos comunidades (diversidad beta), tomando en cuenta el número de especies compartidas por ambas comunidades y el número de especies de cada comunidad. Su valor va de 0, cuando no existen especies compartidas y 1, cuando comparten todas las especies. El índice de Jaccard se calcula mediante la ecuación:

$$Sj = a/(b + c - a)$$

Donde:
*a*= número de especies compartidas entre los sitios 1 y 2.
*b*= número de especies presentes en el sitio 1.
*c*= número de especies presentes en el sitio 2.

La diversidad beta también se puede analizar a través de métodos de clasificación o de ordenación, los cuales se basan en análisis de matrices ya sea a partir de datos cualitativos o cuantitativos, en los que las muestras pueden ser las diferentes comunidades y se ordenan según las especies encontradas en cada una de ellas (aquí se incluyen los clásicos dendogramas y análisis de agrupamiento). Por lo tanto, la diversidad beta o recambio/reemplazo de especies entre comunidades se puede analizar mediante la Similitud (Villarreal et al. 2006). Los cálculos multivariados de clasificación fueron realizados mediante la aplicación PAST 4.0 (Hammer et al. 2001).

#### IV.2.2.2.2.2 Resultados

##### IV.2.2.2.2.2.1 Fauna Potencial en el Sistema Ambiental Regional

De acuerdo con la revisión bibliográfica, considerando las características en cuanto a ecosistemas y condiciones ambientales mencionadas con anterioridad, para el SAR se contempla un listado potencial de 355 especies (véase listado completo en anexo IV.4) de vertebrados terrestres, es decir, aproximadamente el 47% de las especies registradas en el Estado de Quintana Roo. De las especies potenciales, 11 son anfibios, 28 son reptiles, 295 son aves y 21 son mamíferos, como se puede observar en la siguiente figura.

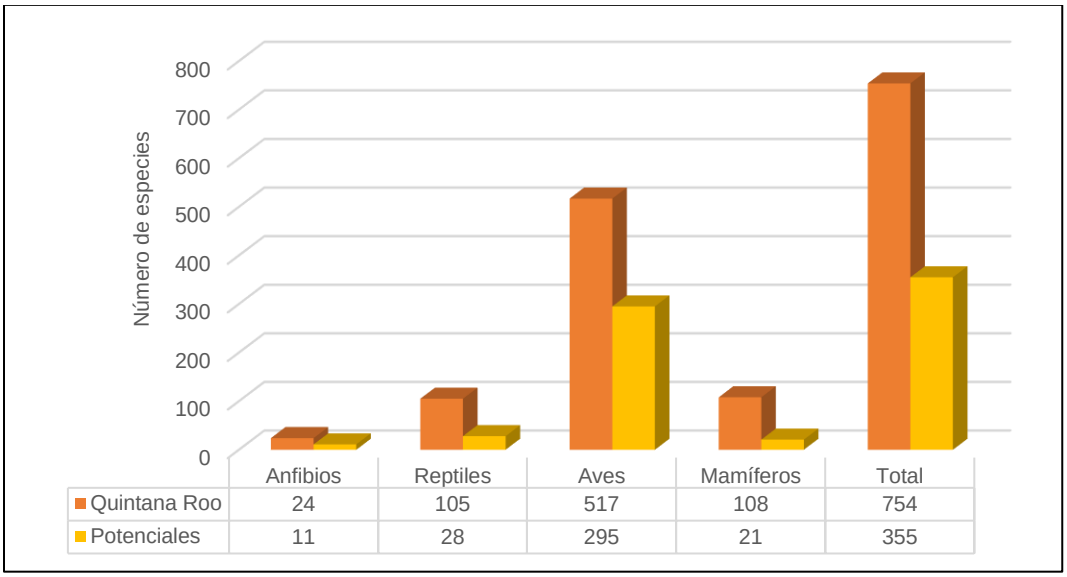
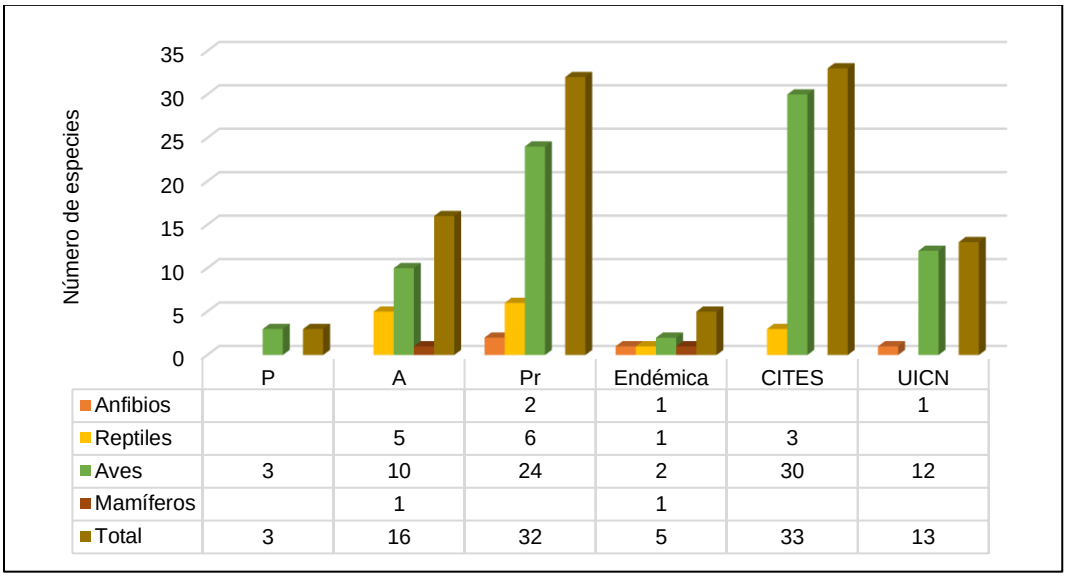



**Figura IV.22.- Número de especies potenciales de fauna silvestre para el estado de Quintana Roo y para el SAR.**

De las especies potenciales, 51 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: tres en Peligro de extinción (P), 16 Amenazadas (A) y 32 bajo Protección especial (Pr, SEMARNAT 2019). Cinco especies son consideradas endémicas al país (Howell y Webb 1995, Reid 1997, Lee 2000, Ceballos y Oliva. 2005, Liner 2007, AOU 2017, SEMARNAT 2010, Lapage 2022), dos especies de aves son consideradas semiendémicas (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año) y 11 especies son cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 $km^2$; Howell y Webb 1995, Berlanga-García et al. 2015). 33 especies están listadas en alguno de los apéndices de la Convención Internacional de Tráfico de Especies de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2023). Además, 13 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la lista roja de la UICN (11 en la de Casi Amenazada-NT y dos vulnerables-VU), mientras que 331 se encuentran con preocupación menor (LC) y 11 no se encuentran listadas (UICN 2023). Además, seis especies son consideradas exóticas o introducidas (Exo), un anfibio, 2 reptiles y cuatro aves. Véanse Figura y tablas a continuación.




Pr: Protección Especial, A: Amenazada, P: Peligro de extinción, Especies endémicas al país, Especies en CITES y Especies en la lista roja de la UICN.

**Figura IV.23.- Número de especies de fauna silvestre potenciales en el Sistema Ambiental Regional bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, en CITES y UICN.**

**Tabla IV.59.- Listado de especies potenciales bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 |
|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | Ranidae | *Lithobates brownorum* | Rana Leopardo | Pr |
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus moreletii* | Cocodrilo de pantano | Pr |
| | | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Pr |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | A |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | A |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Pr |
| | | *Thecadactylus rapicauda* | Geco cola de nabo | Pr |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Pr |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | A |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Pr |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | A |
| | | *Thamnophis proximus* | Culebra acuática centroamericana | A |
| **Aves** | Anatidae | *Cairina moschata* | Pato Real | P |
| | Podicipedidae | *Tachybaptus dominicus* | Zambullidor Menor | Pr |
| | Columbidae | *Patagioenas speciosa* | Paloma Escamosa | Pr |
| | | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | A |
| | | *Zenaida aurita* | Huilota Caribeña | Pr |
| | Rallidae | *Aramides axillaris* | Rascón Cuello Canela | A |
| | | *Hapalocrex flaviventer* | Polluela Pecho Amarillo | Pr |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 |
|---|---|---|---|---|
| | Aramidae | *Aramus guarauna* | Carrao | A |
| | Charadriidae | *Charadrius nivosus* | Chorlo Nevado | A |
| | Scolopacidae | *Calidris mauri* | Playero Occidental | A |
| | Laridae | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Pr |
| | Ciconiidae | *Jabiru mycteria* | Cigüeña Jabirú | P |
| | | *Mycteria americana* | Cigüeña Americana | Pr |
| | Sulidae | *Sula sula* | Bobo Patas Rojas | A |
| | Ardeidae | *Botaurus pinnatus* | Avetoro Neotropical | A |
| | | *Botaurus lentiginosus* | Avetoro Norteño | A |
| | | *Ixobrychus exilis* | Avetoro Menor | Pr |
| | | *Tigrisoma mexicanum* | Garza Tigre Mexicana | Pr |
| | | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | P |
| | Cathartidae | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Pr |
| | Accipitridae | *Chondrohierax uncinatus* | Gavilán Pico de Gancho | Pr |
| | | *Elanoides forficatus* | Milano Tijereta | Pr |
| | | *Busarellus nigricollis* | Aguililla Canela | Pr |
| | | *Rostrhamus sociabilis* | Gavilán Caracolero | Pr |
| | | *Ictinia plumbea* | Milano Plomizo | Pr |
| | | *Geranospiza caerulescens* | Gavilán Zancón | A |
| | | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Pr |
| | | *Buteogallus urubitinga* | Aguililla Negra Mayor | Pr |
| | | *Geranoaetus albicaudatus* | Aguililla Cola Blanca | Pr |
| | | *Buteo platypterus* | Aguililla Alas Anchas | Pr |
| | | *Buteo albonotatus* | Aguililla Aura | Pr |
| | Strigidae | *Bubo virginianus mayensis* | Búho cornudo | A |
| | Picidae | *Campephilus guatemalensis* | Carpintero Pico Plateado | Pr |
| | Vireonidae | *Vireo pallens* | Vireo Manglero | Pr |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Pr |
| | Parulidae | *Limnothlypis swainsonii* | Chipe Corona Café | Pr |
| | Cardinalidae | *Passerina ciris* | Colorín Sietecolores | Pr |
| **Mamíferos** | Cricetidae | *Otonyctomys hatti* | Rata Arborícola Yucateca | A |

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr: Protección Especial, A: Amenazada y P: Peligro de Extinción; SEMARNAT 2019).

**Tabla IV.60.- Listado de especies potenciales endémicas.**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Endémica |
|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | Craugastoridae | *Craugastor yucatanensis* | Rana Ladradora Yucateca | EN |
| **Reptiles** | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | EN |
| **Aves** | Columbidae | *Leptotila jamaicensis* | Paloma Caribeña | CE |
| | Caprimulgidae | *Nyctiphrynus yucatanicus* | Tapacaminos Huil | CE |
| | | *Antrostomus badius* | Tapacaminos Yucateco | SE |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Endémica |
|---|---|---|---|---|
| | Trochilidae | *Amazilia yucatanensis* | Colibrí Vientre Canelo | CE |
| | Strigidae | *Bubo virginianus mayensis* | Búho cornudo | EN |
| | Picidae | *Melanerpes pygmaeus* | Carpintero Yucateco | CE |
| | Tyrannidae | *Elaenia martinica* | Mosquero Elenia Caribeño | CE |
| | | *Myiarchus yucatanensis* | Papamoscas Yucateco | CE |
| | Vireonidae | *Vireo magister* | Vireo Yucateco | CE |
| | Corvidae | *Cyanocorax yucatanicus* | Chara Yucateca | CE |
| | Troglodytidae | *Uropsila leucogastra* | Saltapared Vientre Blanco | CE |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | CE |
| | Icteridae | *Icterus cucullatus* | Calandria Dorso Negro Menor | SE |
| | | *Icterus auratus* | Calandria Dorso Naranja | CE |
| | Thraupidae | *Sporophila torqueola* | Semillero Rabadilla Canela | EN |
| **Mamíferos** | Cricetidae | *Peromyscus yucatanicus* | Ratón Yucateco | EN |

Endémicas Endémica (EN), semiendémicas (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año), cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km$^2$).

**Tabla IV.61.- Especies potenciales listadas en alguno de los apéndices de CITES.**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | CITES |
|---|---|---|---|---|
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus moreletii* | Cocodrilo de pantano | II |
| | | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | II |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | II |
| **Aves** | Trochilidae | *Archilochus colubris* | Colibrí Garganta Rubí | II |
| | | *Cynanthus canivetii* | Esmeralda Oriental | II |
| | | *Amazilia rutila* | Colibrí Canelo | II |
| | | *Amazilia yucatanensis* | Colibrí Vientre Canelo | II |
| | | *Chlorestes candida* | Colibrí Cándido | II |
| | Ciconiidae | *Jabiru mycteria* | Cigüeña Jabirú | I |
| | Pandionidae | *Pandion haliaetus* | Águila Pescadora | II |
| | Accipitridae | *Chondrohierax uncinatus* | Gavilán Pico de Gancho | II |
| | | *Elanoides forficatus* | Milano Tijereta | II |
| | | *Busarellus nigricollis* | Aguililla Canela | II |
| | | *Rostrhamus sociabilis* | Gavilán Caracolero | II |
| | | *Ictinia plumbea* | Milano Plomizo | II |
| | | *Circus hudsonius* | Gavilán Rastrero | II |
| | | *Geranospiza caerulescens* | Gavilán Zancón | II |
| | | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | II |
| | | *Buteogallus urubitinga* | Aguililla Negra Mayor | II |
| | | *Rupornis magnirostris* | Aguililla Caminera | II |
| | | *Geranoaetus albicaudatus* | Aguililla Cola Blanca | II |
| | | *Buteo plagiatus* | Aguililla Gris | II |
| | | *Buteo platypterus* | Aguililla Alas Anchas | II |
| | | *Buteo brachyurus* | Aguililla Cola Corta | II |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | CITES |
|---|---|---|---|---|
| | | *Buteo albonotatus* | Aguililla Aura | II |
| | | *Buteo jamaicensis* | Aguililla Cola Roja | II |
| | Tytonidae | *Tyto alba* | Lechuza de Campanario | II |
| | Strigidae | *Megascops guatemalae* | Tecolote Sapo | II |
| | | *Bubo virginianus mayensis* | Búho cornudo | II |
| | | *Glaucidium brasilianum* | Tecolote Bajeño | II |
| | Falconidae | *Falco sparverius* | Cernícalo Americano | II |
| | | *Falco columbarius* | Halcón Esmerejón | II |
| | | *Falco rufigularis* | Halcón Murcielaguero | II |

Fuente: Convención Internacional de Tráfico de Especies Silvestres especies (CITES 2023).

**Tabla IV.62.- Especies potenciales bajo algún estatus de conservación.**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | UICN |
|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | Craugastoridae | *Craugastor yucatanensis* | Rana Ladradora Yucateca | NT |
| **Aves** | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | NT |
| | Caprimulgidae | *Antrostomus carolinensis* | Tapacaminos de Carolina | NT |
| | Apodidae | *Chaetura pelagica* | Vencejo de Chimenea | VU |
| | Charadriidae | *Charadrius nivosus* | Chorlo Nevado | NT |
| | Scolopacidae | *Calidris canutus* | Playero Rojo | NT |
| | | *Calidris pusilla* | Playero Semipalmeado | NT |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | NT |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | NT |
| | Turdidae | *Hylocichla mustelina* | Zorzal Moteado | NT |
| | Parulidae | *Vermivora chrysoptera* | Chipe Alas Amarillas | NT |
| | | *Setophaga cerulea* | Chipe Celeste | VU |
| | | *Setophaga striata* | Chipe Cabeza Negra | NT |

Fuente: Especies en lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2023). En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT).

De las 368 especies de aves potenciales, 139 especies son residentes permanentes, 100 son migratorias de invierno, 11 son migratorias de verano, 28 son transitorias y una es accidental (Howell y Webb 1995).

#### IV.2.2.2.2.2.2 Fauna registrada en campo

De acuerdo con la metodología utilizada en campo para cada grupo faunístico, se registró un total de 85 especies de fauna (véase listado completo en anexo IV.6 y IV.7), distribuidas de la siguiente manera: tres especies de anfibios, 17 especies de reptiles, 58 especies de aves y siete especies de mamíferos (véase la siguiente figura).

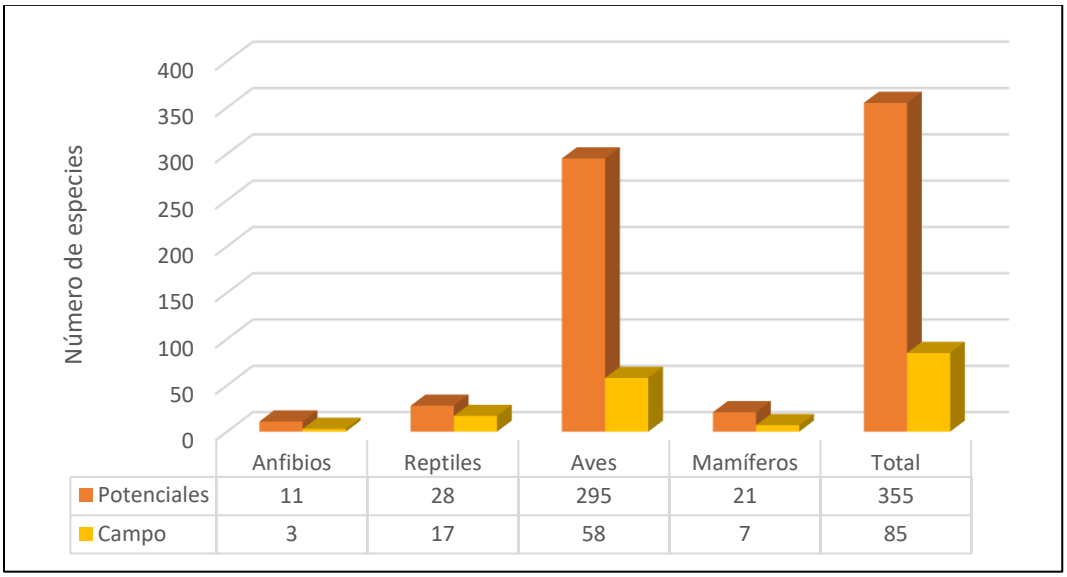
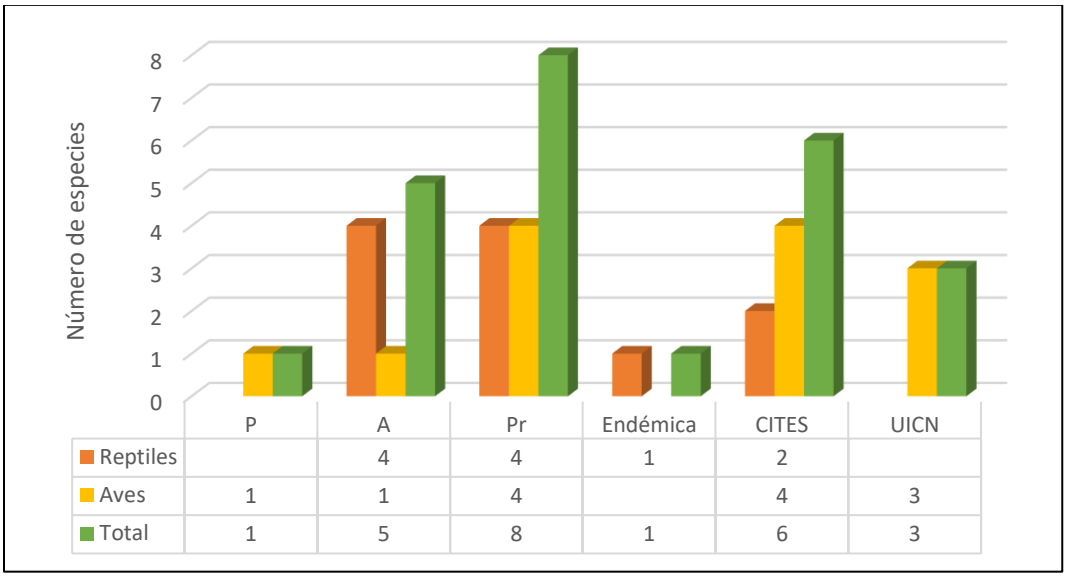



**Figura IV.24.- Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo.**

Por otro lado, 14 especies se encuentran protegidas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, siete bajo el estatus de Protección Especial (Pr), cinco como Amenazadas (A), una en Peligro de Extinción (P). Una especie es endémica a México, una especie de ave es considerada semiendémica (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año) y siete especies de aves son cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 $km^2$). seis especies de fauna silvestre se encuentran en alguno de los Apéndices de la Convención Internacional de Tráfico de Especies de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2023). tres especies se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la lista roja de la UICN (UICN 2023), tal como se muestra en siguiente figura:




NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr: Protección Especial, A: Amenazada, P: Peligro de extinción.

**Figura IV.25.- Número de especies de fauna silvestre registrada en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, especies en CITES y especies en la lista roja de la UICN.**

Aunado a lo anterior, tres especies (un anfibio, un reptil y un ave) son exóticas o introducidas.

- *Fauna registrada por grupo faunístico*

A continuación, se presentan el listado de especies por grupo faunístico, reportado durante la visita de campo, empezando por la herpetofauna, que estuvo representada por 20 especies (3 de anfibios y 17 de reptiles), pertenecientes a 15 familias y 20 géneros. La familia Colubridae fue la mejor representada con seis especies. Todas las especies fueron registradas de manera directa. Todas las especies fueron observadas en el SAR, mientras que 10 fueron registradas en el Área del Proyecto. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla IVV.63- Herpetofauna registrada en campo.**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| **Anfibios** | Eleutherodactylidae | *Eleutherodactylus planirostris* | Rana Chirriadora de Invernadero | Obs | X | X |
| | Bufonidae | *Incilius valliceps* | Sapo Costero | Obs | X | X |
| | Hylidae | *Smilisca baudinii* | Rana de Árbol Mexicana | Obs | | X |
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Obs | | X |
| | Corytophanidae | *Basiliscus vittatus* | Toloque rayado | Obs | X | X |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | Obs | | X |
| | Gekkonidae | *Hemidactylus frenatus* | Besucona asiática | Obs | X | X |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | Obs | X | X |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Obs | X | X |
| | Phyllodactylidae | *Phyllodactylus tuberculosus* | Salamanquesa vientre amarillo | Obs | X | X |
| | Scincidae | *Marisora lineola* | Eslizón Maya | Obs | | X |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Obs | | X |
| | Teiidae | *Aspidoscelis angusticeps* | Huico yucateco | Obs | X | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | Obs | X | X |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Obs | | X |
| | | *Drymarchon melanurus* | Culebra arroyera de cola negra | Obs | | X |
| | | *Drymobius margaritiferus* | Culebra corredora de Petatillos | Obs | | X |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | Obs | | X |
| | | *Mastigodryas melanolomus* | Culebra lagartijera común | Obs | X | X |
| | | *Oxybelis aeneus* | Culebra bejuquilla mexicana | Obs | | X |



**Rana Chirriadora (*Eleutherodactylus planirostris*).**



**Rana de Árbol Mexicana (*Smilisca baudinii*).**




**Cocodrilo de Río (*Crocodylus acutus*).**




**Geco de bandas yucateco (*Coleonyx elegans*).**




**Besucona asiática (*Hemidactylus frenatus*).**



**Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*).**



**lagartija espinosa de Cozumel (*Sceloporus cozumelae*).**



**Salamanquesa vientre amarillo (*Phyllodactylus tuberculosus*).**



**Eslizón Maya (*Marisora lineola*).**



**Geco enano collarejo (*Sphaerodactylus glaucus*).**



**Mazacuata (*Boa imperator*).**



**Culebra arroyera de cola negra (*Drymarchon melanurus*).**



**Culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*).**



**Culebra lagartijera común (*Mastigodryas melanolomus*).**




**Culebra bejuquilla mexicana (*Oxybelis aeneus*).**

**Fotografía IVV.11.- Herpetofauna registrada en campo.**

El grupo de las aves estuvo representado por 58 especies, en 26 familias y 48 géneros. La familia mejor representada fue Tyrannidae con nueve especies. Todas las especies fueron observadas de manera directa. Todas las especies fueron registradas en el SAR, mientras que 20 fueron registradas en el Área del Proyecto. Los resultados completos se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla IVV.64.- Aves registradas en campo.**

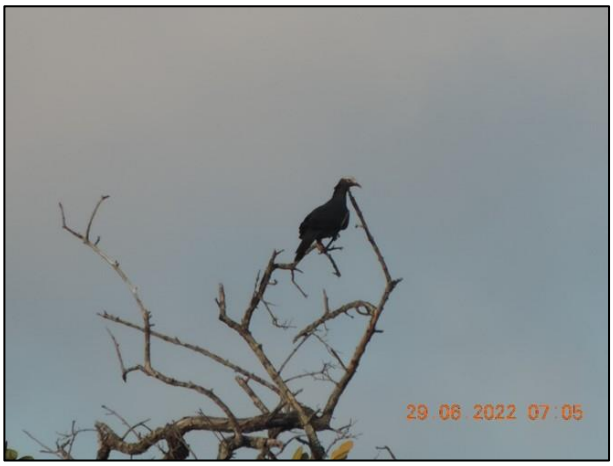
| Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Proyecto | SAR |
| **Cracidae** | *Ortalis vetula* | Chachalaca Oriental | Obs | | X |
| **Columbidae** | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | Obs | | X |
| | *Streptopelia decaocto* | Paloma de Collar Turca | Obs | X | X |
| | *Leptotila verreauxi* | Paloma Arroyera | Obs | X | X |
| | *Zenaida asiatica* | Paloma Alas Blancas | Obs | X | X |
| **Trochilidae** | *Amazilia rutila* | Colibrí Canelo | Obs | | X |
| **Laridae** | *Leucophaeus atricilla* | Gaviota Reidora | Obs | | X |
| | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Obs | | X |
| | *Hydroprogne caspia* | Charrán del Caspio | Obs | | X |
| | *Thalasseus maximus* | Charrán Real | Obs | | X |
| **Fregatidae** | *Fregata magnificens* | Fragata Tijereta | Obs | X | X |
| **Sulidae** | *Sula leucogaster* | Bobo Café | Obs | | X |
| **Anhingidae** | *Anhinga anhinga* | Anhinga Americana | Obs | | X |
| **Phalacrocoracidae** | *Nannopterum auritum* | Cormorán Orejón | Obs | | X |
| **Pelecanidae** | *Pelecanus occidentalis* | Pelícano Café | Obs | X | X |
| **Ardeidae** | *Ardea herodias* | Garza Morena | Obs | | X |
| | *Ardea alba* | Garza Blanca | Obs | | X |

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Proyecto | SAR |
| | *Egretta caerulea* | Garza Azul | Obs | | X |
| | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | Obs | | X |
| | *Bubulcus ibis* | Garza Ganadera | Obs | | X |
| | *Butorides virescens* | Garcita Verde | Obs | | X |
| | *Nyctanassa violacea* | Garza Nocturna Corona Clara | Obs | | X |
| **Threskiornithidae** | *Eudocimus albus* | Ibis Blanco | Obs | | X |
| **Cathartidae** | *Coragyps atratus* | Zopilote Común | Obs | | X |
| | *Cathartes aura* | Zopilote Aura | Obs | | X |
| | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Obs | | X |
| **Pandionidae** | *Pandion haliaetus* | Águila Pescadora | Obs | | X |
| **Accipitridae** | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Obs | | X |
| | *Rupornis magnirostris* | Aguililla Caminera | Obs | | X |
| **Trogonidae** | *Trogon caligatus* | Coa Violácea Norteña | Obs | | X |
| **Picidae** | *Melanerpes pygmaeus* | Carpintero Yucateco | Obs | | X |
| | *Melanerpes aurifrons* | Carpintero Cheje | Obs | X | X |
| **Thamnophilidae** | *Thamnophilus doliatus* | Batará Barrado | Obs | | X |
| **Tityridae** | *Tityra semifasciata* | Titira Puerquito | Obs | | X |
| | *Pachyramphus aglaiae* | Cabezón Degollado | Obs | | X |
| **Tyrannidae** | *Todirostrum cinereum* | Mosquerito Espatulilla Común | Obs | | X |
| | *Elaenia flavogaster* | Mosquero Elenia Copetón | Obs | | X |
| | *Elaenia martinica* | Mosquero Elenia Caribeño | Obs | | X |
| | *Myiarchus yucatanensis* | Papamoscas Yucateco | Obs | X | X |
| | *Myiarchus tuberculifer* | Papamoscas Triste | Obs | X | X |
| | *Pitangus sulphuratus* | Luis Bienteveo | Obs | X | X |
| | *Myiozetetes similis* | Luisito Común | Obs | X | X |
| | *Myiodynastes luteiventris* | Papamoscas Rayado Común | Obs | | X |
| | *Tyrannus melancholicus* | Tirano Pirirí | Obs | | X |
| **Vireonidae** | *Vireo magister* | Vireo Yucateco | Obs | X | X |
| **Corvidae** | *Cyanocorax yncas* | Chara Verde | Obs | | X |
| | *Cyanocorax yucatanicus* | Chara Yucateca | Obs | X | X |
| **Mimidae** | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Obs | X | X |
| | *Mimus gilvus* | Centzontle Tropical | Obs | X | X |

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Proyecto | SAR |
| **Turdidae** | *Turdus grayi* | Mirlo Café | Obs | X | X |
| **Icteridae** | *Amblycercus holosericeus* | Cacique Pico Claro | Obs | X | X |
| | *Icterus cucullatus* | Calandria Dorso Negro Menor | Obs | X | X |
| | *Icterus auratus* | Calandria Dorso Naranja | Obs | X | X |
| | *Molothrus aeneus* | Tordo Ojos Rojos | Obs | | X |
| | *Dives dives* | Tordo Cantor | Obs | X | X |
| | *Quiscalus mexicanus* | Zanate Mayor | Obs | X | X |
| **Parulidae** | *Setophaga petechia* | Chipe Amarillo | Obs | | X |
| **Thraupidae** | *Sporophila morelleti* | Semillero de Collar | Obs | | X |




**Chachalaca Oriental (*Ortalis vetula*).**




**Paloma Corona Blanca (*Patagioenas leucocephala*).**




**Paloma de Collar Turca (*Streptopelia decaocto*).**



**Paloma Arroyera (*Leptotila verreauxi*).**



**Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*).**



**Charrán Mínimo (*Sternula antillarum*).**




**Charrán del Caspio (*Hydroprogne caspia*).**



**Charrán Real (*Thalasseus maximus*).**



**Fragata Tijereta (*Fregata magnificens*).**




**Bobo Café (*Sula leucogaster*).**



**Pelícano Café (*Pelecanus occidentalis*).**



**Garza Morena (*Ardea herodias*).**



**Garza Azul (*Egretta caerulea*).**



**Garza Rojiza (*Egretta rufescens*).**



**Garcita Verde (*Butorides virescens*).**



**Ibis Blanco (*Eudocimus albus*).**



**Zopilote Común (*Coragyps atratus*) y Zopilote Aura (*Cathartes aura*).**




**Zopilote Sabanero (*Cathartes burrovianus*).**




**Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*).**




**Aguililla Negra Menor (*Buteogallus anthracinus*).**



**Carpintero Cheje (*Melanerpes aurifrons*).**




**Titira Puerquito (*Tityra semifasciata*).**



**Cabezón Degollado (*Pachyramphus aglaiae*).**




**Mosquerito Espatulilla Común (*Todirostrum cinereum*).**




**Mosquero Elenia Copetón (*Elaenia flavogaster*).**




**Mosquero Elenia Caribeño (*Elaenia martinica*).**



**Papamoscas Yucateco (*Myiarchus yucatanensis*).**



**Papamoscas Triste (*Myiarchus tuberculifer*).**




**Luisito Común (*Myiozetetes similis*).**




**Tirano Pirirí (*Tyrannus melancholicus*).**



**Vireo Yucateco (*Vireo magister*).**




**Chara Verde (*Cyanocorax yncas*).**



**Maullador Negro (*Melanoptila glabrirostris*).**




**Centzontle Tropical (*Mimus gilvus*).**




**Mirlo Café (*Turdus grayi*).**



**Calandria Dorso Negro Menor (*Icterus cucullatus*).**




**Calandria Dorso Naranja (*Icterus auratus*).**




**Tordo Ojos Rojos (*Molothrus aeneus*).**




**Geco enano collarejo (*Sphaerodactylus glaucus*).**



**Chipe Amarillo (*Setophaga petechia*).**

**Fotografía IVV.12.- Aves registradas en campo.**

Los mamíferos estuvieron representados por siete especies pertenecientes a seis familias y seis géneros. La familia Procyonidae fue la mejor representada, con dos especies. Los mamíferos fueron registrados mediante diferentes técnicas, ya sea por observación directa, en cámaras trampa y/o redes niebla. En el SAR fueron registradas cinco especies, mientras que en el Área del Proyecto solamente tres. Es importante señalar que las redes niebla sólo fueron colocadas en el SAR y de las cámaras trampa, 4 se colocaron en el SAR y 2 en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.65.- Mamíferos registrados en campo.**

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Proyecto | SAR |
| **Didelphidae** | *Didelphis virginiana* | Tlacuache Norteño | CT, Ras | | X |
| **Dasypodidae** | *Dasypus novemcinctus* | Armadillo de Nueve Bandas | Obs | X | |
| **Sciuridae** | *Sciurus yucatanensis* | Ardilla Yucateca | Obs | | X |
| **Vespertilionidae** | *Rhogeessa aeneus* | Murciélago Amarillo Yucateco | Red | | X |
| **Phyllostomidae** | *Artibeus jamaicensis* | Murciélago Frutero | Red | | X |
| **Procyonidae** | *Procyon lotor* | Mapache | Obs, CT | X | X |
| | *Nasua narica* | Coatí | CT | X | |




**Armadillo de Nueve Bandas (*Dasypus novemcinctus*).**



**Armadillo de Nueve Bandas (*Dasypus novemcinctus*).**



**Murciélago Frutero (*Artibeus jamaicensis*).**




**Mapache (*Procyon lotor*).**




**Mapache (*Procyon lotor*).**



**Mapache (*Procyon lotor*).**




**Coatí (*Nasua narica*).**

**Fotografía IVV.13.- Mamíferos registrados en campo**

De acuerdo con la metodología utilizada en campo para cada grupo faunístico, se registró un total de 85 especies de fauna, distribuidas de la siguiente manera: tres especies de anfibios, 17

especies de reptiles, 58 especies de aves y siete especies de mamíferos (véase la siguiente figura).

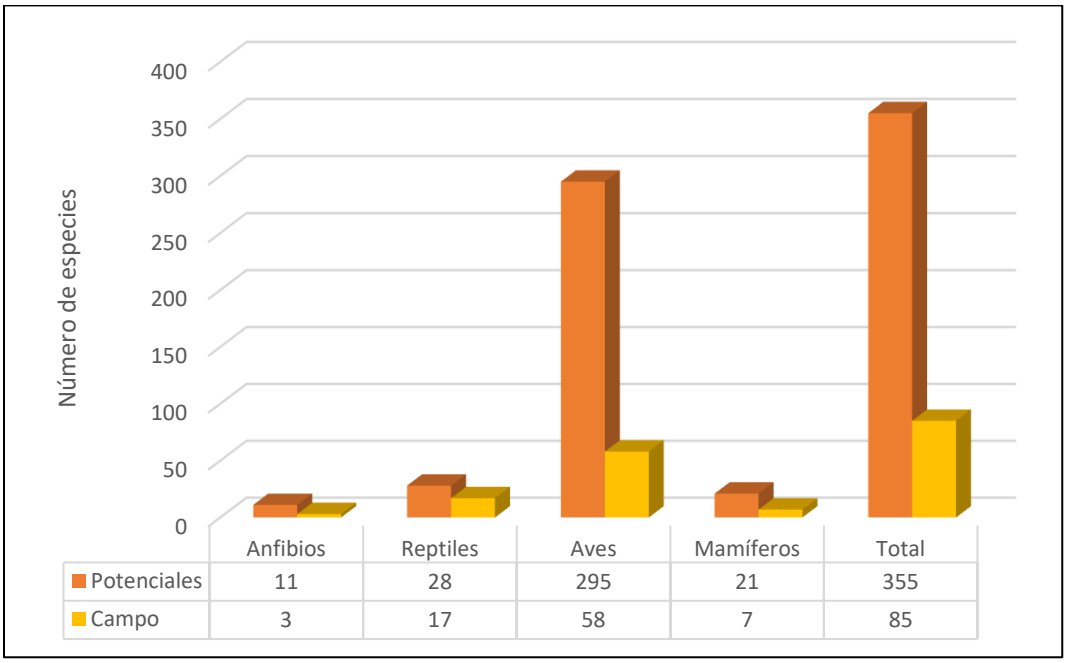



**Figura IV.26.- Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo.**

- *Fauna con algún estatus de conservación*

En total se registraron 14 especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, ocho especies de reptiles y seis aves. De estas, cinco especies se encuentran amenazadas, ocho bajo protección especial y una en peligro de extinción. Todas las especies protegidas fueron registradas en el SAR, mientras que solamente cuatro especies fueron registradas en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.66.- Especies registrados en campo bajo algún estatus de conservación. (NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr).**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Pr | | X |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | A | | X |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | A | X | X |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Pr | X | X |

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | Tipo de registro | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Pr | | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | A | X | X |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Pr | | X |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | A | | X |
| **Aves** | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | A | | X |
| | Laridae | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Pr | | X |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | P | | X |
| | Cathartidae | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Pr | | X |
| | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Pr | | X |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Pr | X | X |

***Fauna endémica***

Una especie de reptil es endémica al País (EN), mientras que una especie de ave es considerada semiendémicas (SE: especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año) y 7 son cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km$^2$). Todas las especies endémicas, semiendémicas y cuasiendémicas fueron registradas en el SAR; mientras que la especie endémica, la especie semiendémica y cinco cuasiendémicas fueron registradas en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.67.- Especies endémicas registradas en campo.**

| Grupo | Familia | Especie | Nombre común | Endémica | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| **Reptiles** | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | EN | X | X |
| **Aves** | Picidae | *Melanerpes pygmaeus* | Carpintero Yucateco | CE | | X |
| | Tyrannidae | *Elaenia martinica* | Mosquero Elenia Caribeño | CE | | X |
| | | *Myiarchus yucatanensis* | Papamoscas Yucateco | CE | X | X |
| | Vireonidae | *Vireo magister* | Vireo Yucateco | CE | X | X |
| | Corvidae | *Cyanocorax yucatanicus* | Chara Yucateca | CE | X | X |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | CE | X | X |
| | Icteridae | *Icterus cucullatus* | Calandria Dorso Negro Menor | SE | X | X |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Icterus auratus* | Calandria Dorso Naranja | CE | X | X |

***Fauna en CITES***

Dos especies de reptiles y cuatro especies de aves se encuentran enlistadas en el apéndice II de la Convención Internacional de Tráfico de Especies de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2023). Solamente una especie listada en CITES fue registrada en el Área del Proyecto y las seis especies listada en CITES, fueron registradas en el SAR.

**Tabla IV.68.- Especies registrados en campo enlistadas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2023)**

| Grupo | Familia | Especie | Nombre común | CITES | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| **Reptiles** | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | II | | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | II | X | X |
| **Aves** | Trochilidae | *Amazilia rutila* | Colibrí Canelo | II | | X |
| | Pandionidae | *Pandion haliaetus* | Águila Pescadora | II | | X |
| | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | II | | X |
| | | *Rupornis magnirostris* | Aguililla Caminera | II | | X |

***Fauna en la UICN.***

Tres especies de las registradas en campo se encuentran en la lista roja de la UICN (2023), en la categoría de Casi Amenazada (NT). Estas especies fueron registradas en el SAR, mientras que una de ellas también fue registrada en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.69. Especies registradas en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la UICN 2023. UICN: Casi Amenazada (NT).**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | UICN | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| **Aves** | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | NT | | X |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | NT | | X |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | NT | X | X |

IV.2.2.2.2.2.3 Curvas de acumulación de especies.

Se realizó la curva de acumulación de especies por grupo faunístico, para el SAR y Área del Proyecto, de acuerdo con los indicadores citados anteriormente (ICE, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap), y se estimó la representatividad de los muestreos según la curva de acumulación de especies del indicador o indicadores que forman la asíntota. A continuación, se presentan los resultados y en el Anexo IV.5 el soporte de la generación de las curvas de acumulación de especies.

- *Curva de acumulación de especies en el SAR.*

Para el SAR se realizaron once sitios de muestreo, en donde fueron registradas 84 especies. La herpetofauna estuvo representada por 20 especies (3 anfibios y 17 reptiles), las aves por 58 y los mamíferos por 6. A continuación, se presentan las figuras de acumulación de especies por grupo faunístico y sus indicadores no paramétricos.

**Herpetofauna**

En la siguiente figura, se puede observar la curva de acumulación de especies de los diferentes indicadores, Chao 2, el que comienza a suavizar su curva a partir del PM07, presentando estabilidad tendiendo hacia la asíntota. Este indicador presenta una completitud del 85%, mientras que Bootstrap, también presenta una completitud del 85%. De acuerdo con lo que mencionan Jiménez-Valverde y Hortal (2003), se considera que la riqueza de especies obtenida con el esfuerzo de muestreo realizado es representativa y los muestreos son suficientes y adecuados.

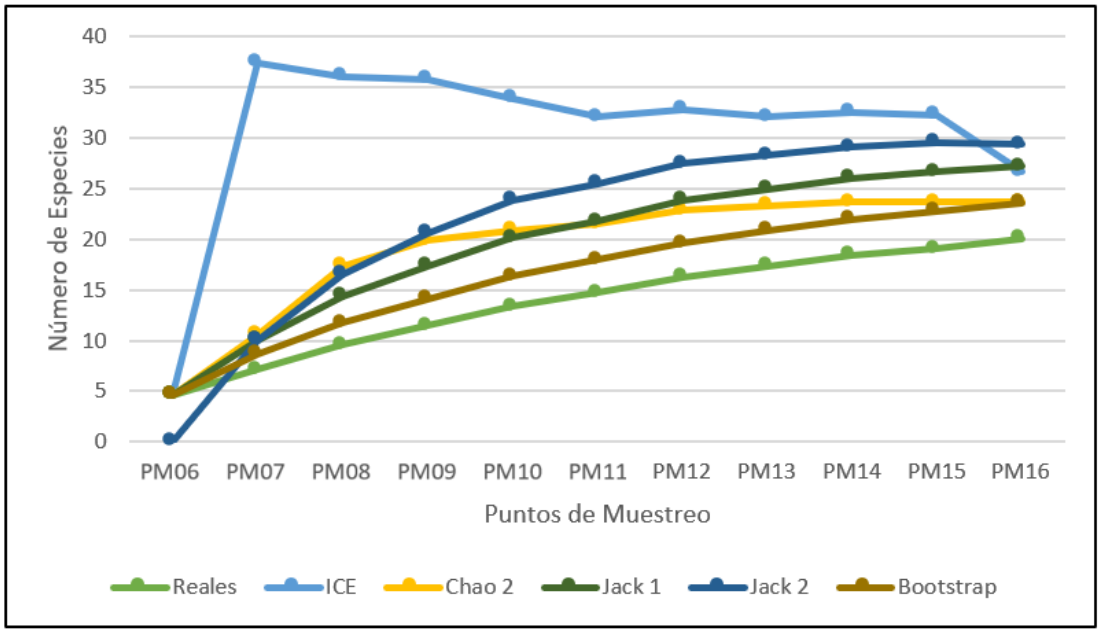



**Figura IV.27.- Curva de acumulación de especies de la herpetofauna registrada en el SAR.**

**Aves**

La curva de acumulación de especies para las aves, para los indicadores ICE comienza a suavizar su curva a partir del PM05, mientras que Chao 2 comienza a suavizar su curva a partir del PM08, tal como se puede apreciar en la siguiente figura. No obstante, es el Indicador Bootstrap el que presenta una completitud del 83%, lo que permite considerar que la riqueza de especies obtenida con el esfuerzo de muestreo realizado es representativa y los muestreos son suficientes y adecuados (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

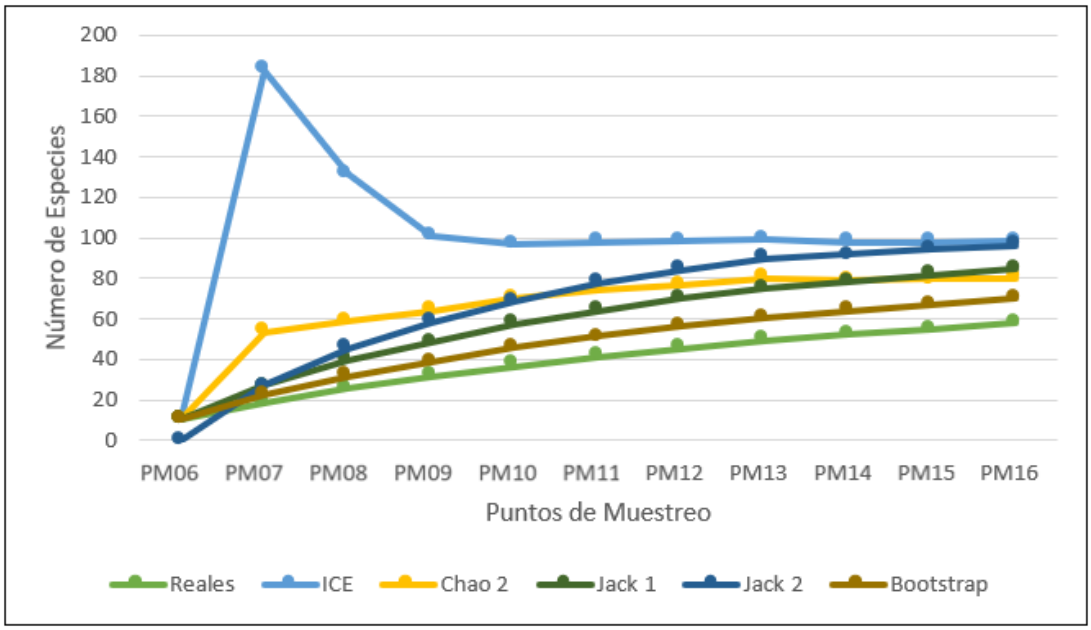



**Figura IV.28.- Curva de acumulación de especies de las aves registradas en el SAR.**

### Mamíferos

Al analizar la siguiente figura, se puede observar que la curva de acumulación de especies de los indicadores, comienzan a estabilizarse, particularmente para Chao 2, aunque sigue presentando ligeras variaciones. La riqueza de especies obtenida puede ser considerada representativa, con una completitud del 89% para este indicador (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

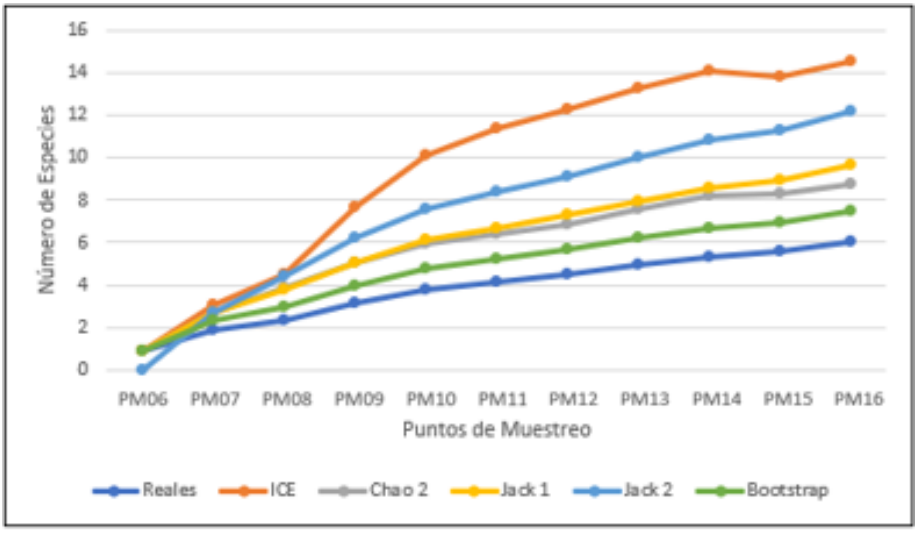



**Figura IV.29.- Curva de acumulación de especies de los mamíferos registradas en el SAR**.

- *Curva de acumulación de especies en el Proyecto*

En el Área del Proyecto se realizaron cinco sitios de muestreos, en donde se registraron 33 especies: la herpetofauna estuvo representada por 10 especies (2 de anfibios y 8 de reptiles), las aves por 20 y los mamíferos por tres. A continuación, se presenta la figura de la curva de acumulación de especies y sus indicadores.

**Herpetofauna**

De acuerdo con los indicadores evaluados, ICE y Chao 2 comienza a suavizar su curva a partir del PM03, tendiendo hacia la asíntota. Estos indicadores presentan una completitud del 87% y del 89% respectivamente, por lo que los muestreo son considerados adecuados y suficientes (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

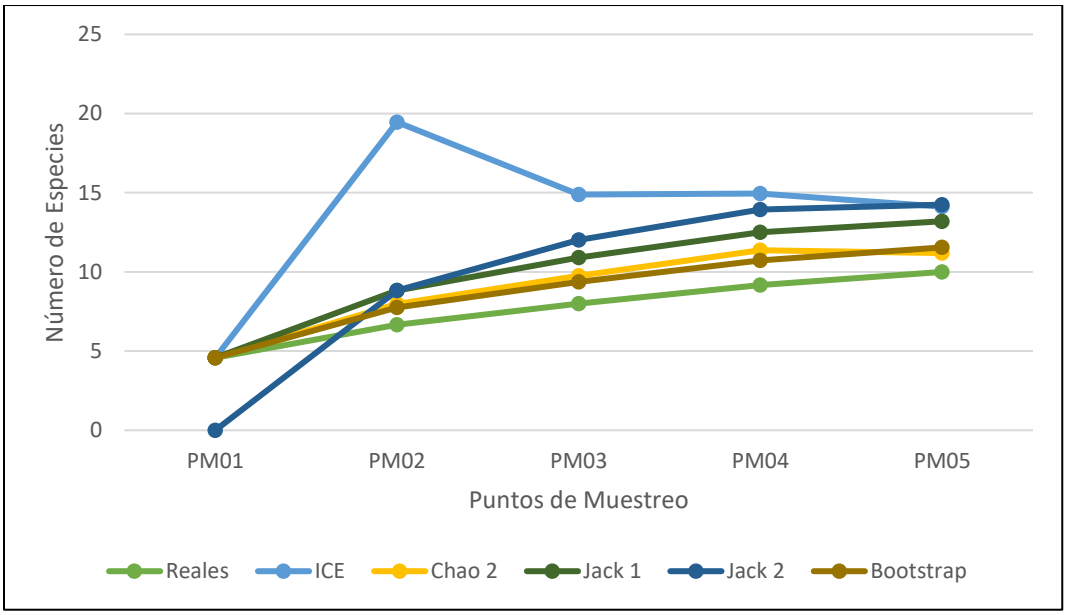



**Figura IV.30.- Curva de acumulación de especies de la herpetofauna registrada en el Área del Proyecto.**

**Aves**

De acuerdo con los diferentes indicadores, ICE y Chao 2 son los que comienzan a suavizar su curva, a partir del PM03, tendiendo hacia la asíntota. No obstante, Bootstrap con una completitud del 81%, es el indicador que mejor se ajusta. Ello permite considerar que la riqueza de especies obtenida con el esfuerzo de muestreo realizado es representativa y los muestreos son suficientes y adecuados (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

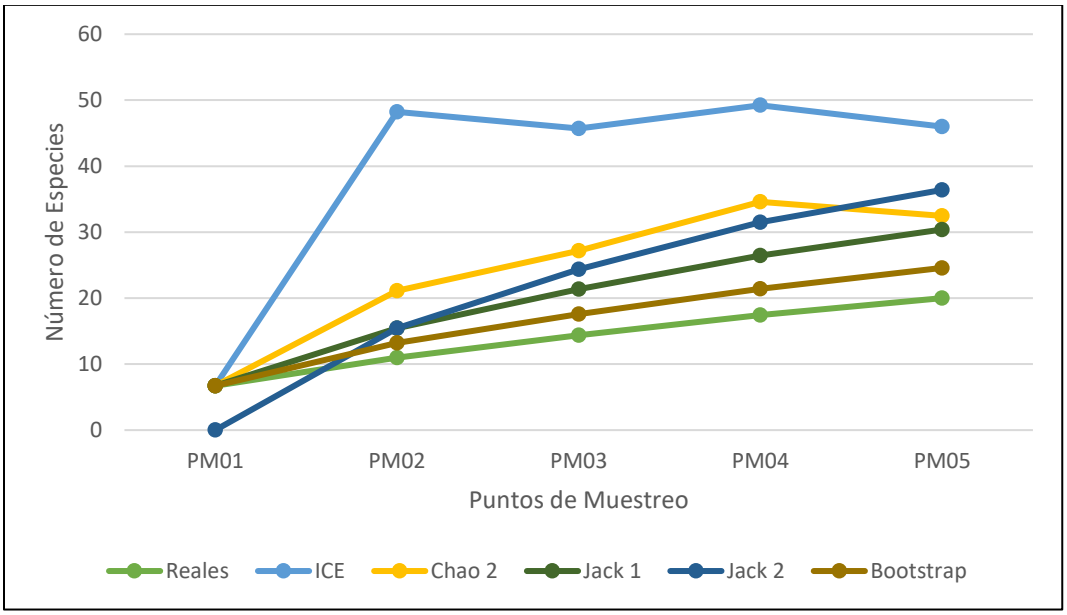



**Figura IV.31.- Curva de acumulación de especies de las aves registradas en el Área del Proyecto.**

**Mamíferos**

Para los mamíferos, ninguno de los indicadores pudo ajustar su curva, debido a que fueron registradas pocas especies e incluso, hubo puntos de muestreo en los que no fueron registrados mamíferos. No obstante, el indicador Bootstrap presento una completitud del 75%, por lo que se puede considerar que la riqueza y los muestreos realizados, son suficientes y adecuados (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

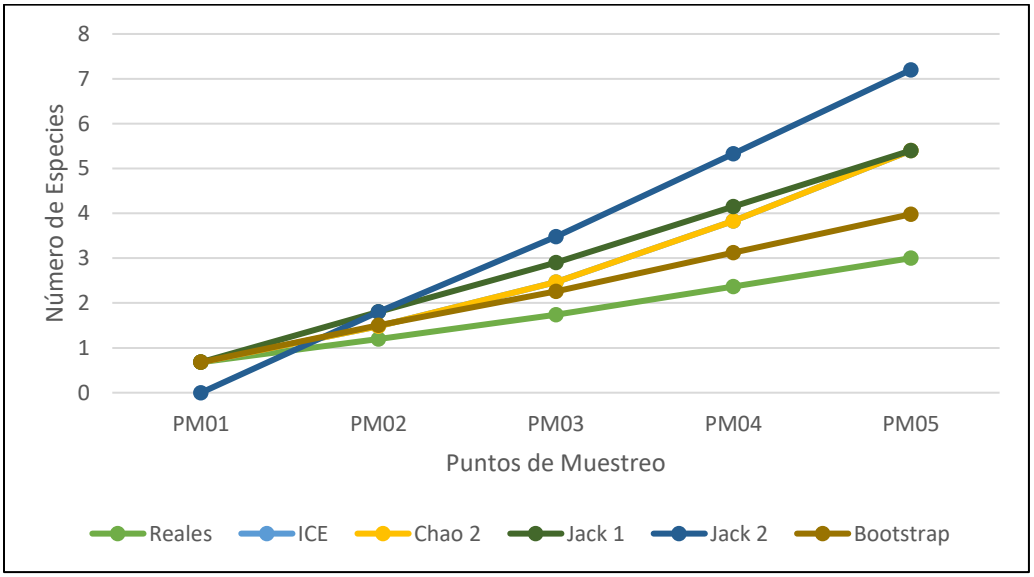



**Figura IV.32.- Curva de acumulación de especies de los mamíferos registradas en el Área del Proyecto.**

Con base en los resultados antes presentados y por las curvas de acumulación de especies y sus indicadores analizados, se concluye que los muestreos realizados en el SAR y Área del Proyecto son adecuados y la riqueza de especies es representativa.

#### IV.2.2.2.2.2.4 Abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia

- *Abundancia relativa*

Se estimó la abundancia relativa para las especies registradas en campo. En primera instancia se presentarán los resultados de abundancia de manera general, para posteriormente presentar los resultados por área (SAR y Área del Proyecto).

Durante los muestreos realizados en campo en el SAR y Área del Proyecto, se registró un total de 423 individuos, repartidos en 85 especies de vertebrados terrestres. De acuerdo con los datos de abundancia relativa obtenidos, se observaron 64 especies en categoría de raras que representan el 75% del total; 12 especies fueron frecuentes y representaron el 14% del total, mientras que tres especies fueron comunes con el 4% y seis especies fueron abundantes, representando el 7%, como se muestra en la figura a continuación:

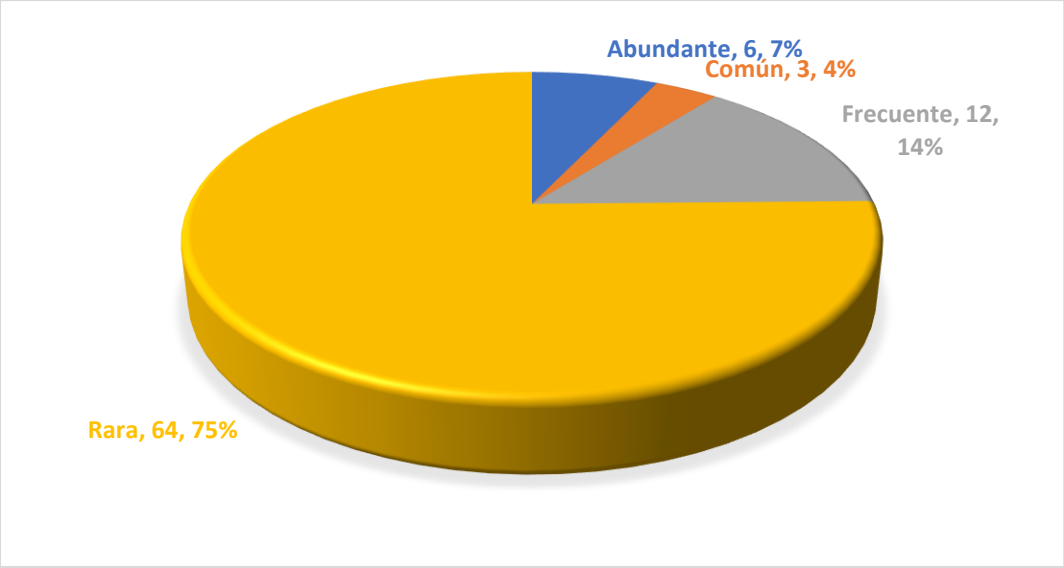
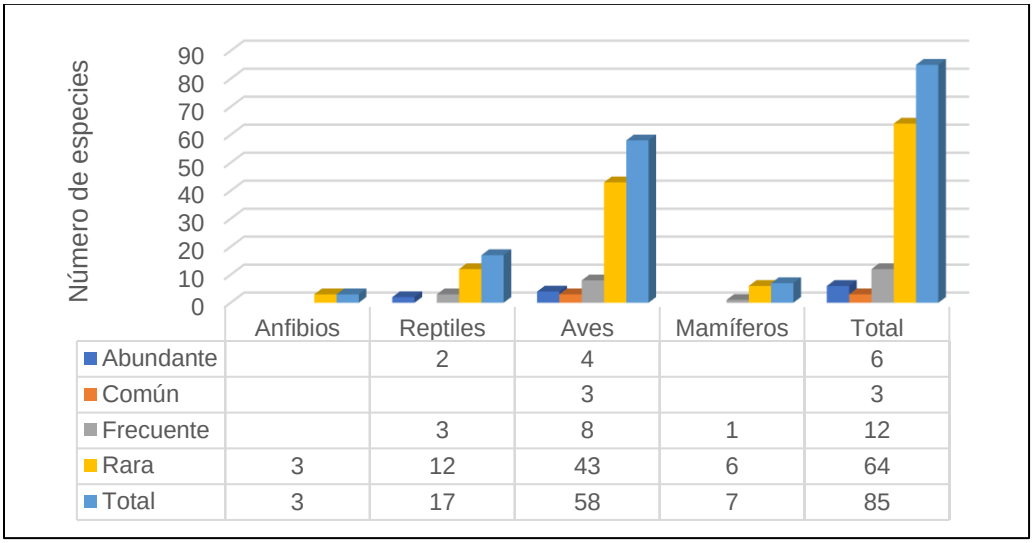



**Figura IV.33.- Porcentaje de las categorías de abundancia relativa.**

De las 64 especies catalogadas como raras, tres son anfibios, 12 reptiles, 43 aves y seis son mamíferos. Las 12 especies frecuentes estuvieron representadas por tres especies de reptiles, ocho de aves y un mamífero. Las especies comunes estuvieron representadas por tres aves y las especies abundantes por dos especies de reptiles y cuatro de aves, tal como se presenta en la siguiente figura:

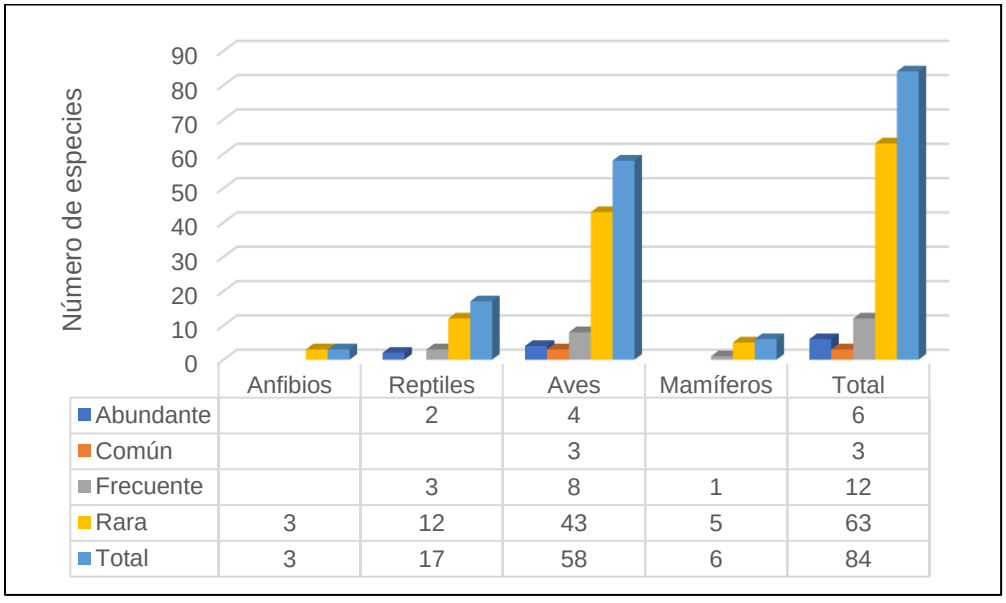



| | Anfibios | Reptiles | Aves | Mamíferos | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Abundante | | 2 | 4 | | 6 |
| Común | | | 3 | | 3 |
| Frecuente | | 3 | 8 | 1 | 12 |
| Rara | 3 | 12 | 43 | 6 | 64 |
| Total | 3 | 17 | 58 | 7 | 85 |

**Figura IV.34.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en campo.**

- *Abundancia relativa por área (SAR y Área del Proyecto)*

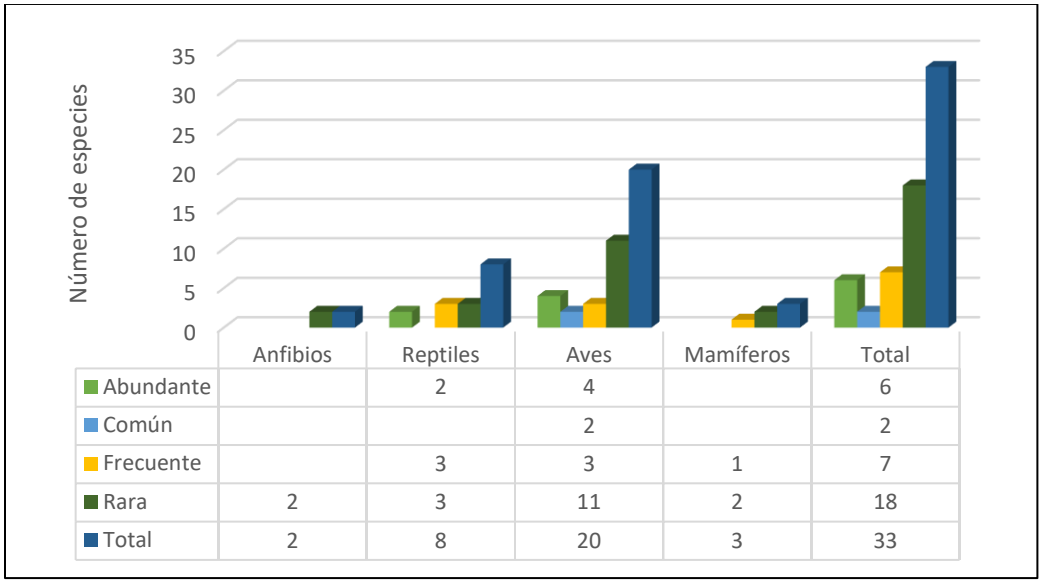
En el SAR fueron observadas 84 especies: 63 especies fueron catalogadas como raras (tres anfibios, 12 reptiles, 43 aves y cinco mamíferos), 12 especies fueron frecuentes (tres especies de reptiles, ocho de aves y un mamífero), las especies comunes fueron representadas por tres especies de aves, mientras que las especies abundantes, por dos especies de reptiles y cuatro de aves (véase la siguiente figura).




| | Anfibios | Reptiles | Aves | Mamíferos | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Abundante | | 2 | 4 | | 6 |
| Común | | | 3 | | 3 |
| Frecuente | | 3 | 8 | 1 | 12 |
| Rara | 3 | 12 | 43 | 5 | 63 |
| Total | 3 | 17 | 58 | 6 | 84 |

**Figura IV.35.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el SAR.**

Por último, 33 especies fueron registradas en el Área del Proyecto. De estas, 18 especies son consideradas raras (dos especies de anfibios, tres de reptiles, 11 de aves y dos mamíferos). siete especies fueron frecuentes (tres especies de reptiles, tres de aves y un mamífero. Dos especies de aves fueron comunes y seis especies fueron abundantes (dos reptiles y cuatro aves). Los resultados se muestran en la figura a continuación.




| | Anfibios | Reptiles | Aves | Mamíferos | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Abundante | | 2 | 4 | | 6 |
| Común | | | 2 | | 2 |
| Frecuente | | 3 | 3 | 1 | 7 |
| Rara | 2 | 3 | 11 | 2 | 18 |
| Total | 2 | 8 | 20 | 3 | 33 |

**Figura IV.36.- Comparativo de las categorías de abundancia relativa de las especies registradas en el Área del Proyecto.**

Como se puede observar en las figuras anteriores, la tendencia que presentan en cuanto a la proporción de especies raras, frecuentes, comunes y abundantes, registradas en el Área del Proyecto, SAR y las totales, es muy similar.

#### IV.2.2.2.2.2.5 Frecuencia de ocurrencia

Como se pudo observar en el apartado anterior, aproximadamente el 11 % de las especies son abundantes o comunes, es decir, que pueden ser observadas con habitualidad, aunque este dato no precisa si la distribución de las especies es homogénea en el SAR y Área del Proyecto. Por ello, también se utilizó la frecuencia de ocurrencia en los diferentes puntos de muestreo, para así, poder identificar a las especies más características de la zona, ya que esta nos dice la periodicidad con que cada especie es registrada. A continuación, se presenta la frecuencia de ocurrencia de las especies registradas en campo.

*Especies Raras*

Las especies raras fueron registradas de uno y hasta cinco puntos de muestreo en las diferentes áreas (SAR y Área del Proyecto). Especies como: *Crocodylus acutus*, *Dipsas brevifacies*,

*Drymarchon melanurus*, *Drymobius margaritiferus*, *Leptophis mexicanus*, *Oxybelis aeneus*, *Ortalis vetula*, *Amazilia rutila*, *Hydroprogne caspia*, *Thalasseus maximus*, *Sula leucogaster*, *Ardea herodias*, *Ardea alba*, *Egretta caerulea*, *Egretta rufescens*, *Bubulcus ibis*, *Cathartes burrovianus*, *Pandion haliaetus*, *Rupornis magnirostris*, *Trogon caligatus*, *Melanerpes pygmaeus*, *Thamnophilus doliatus*, *Pachyramphus aglaiae*, *Elaenia flavogaster*, *Elaenia martinica*, *Cyanocorax yncas*, *Molothrus aeneus*, *Sporophila morelleti* y *Didelphis virginiana*, *Sciurus yucatanensis* y *Rhogeessa aeneus*, solo fueron registradas en un punto de muestreo en el SAR, mientras que *Nasua narica*, fue registrada en un punto de muestreo en el Área del Proyecto. Caso contrario a *Eleutherodactylus planirostris*, que aun cuando fue rara, se registró en cinco puntos de muestreo (dos en el Área del Proyecto y tres en el SAR). Los resultados completos se presentan en la siguiente figura:

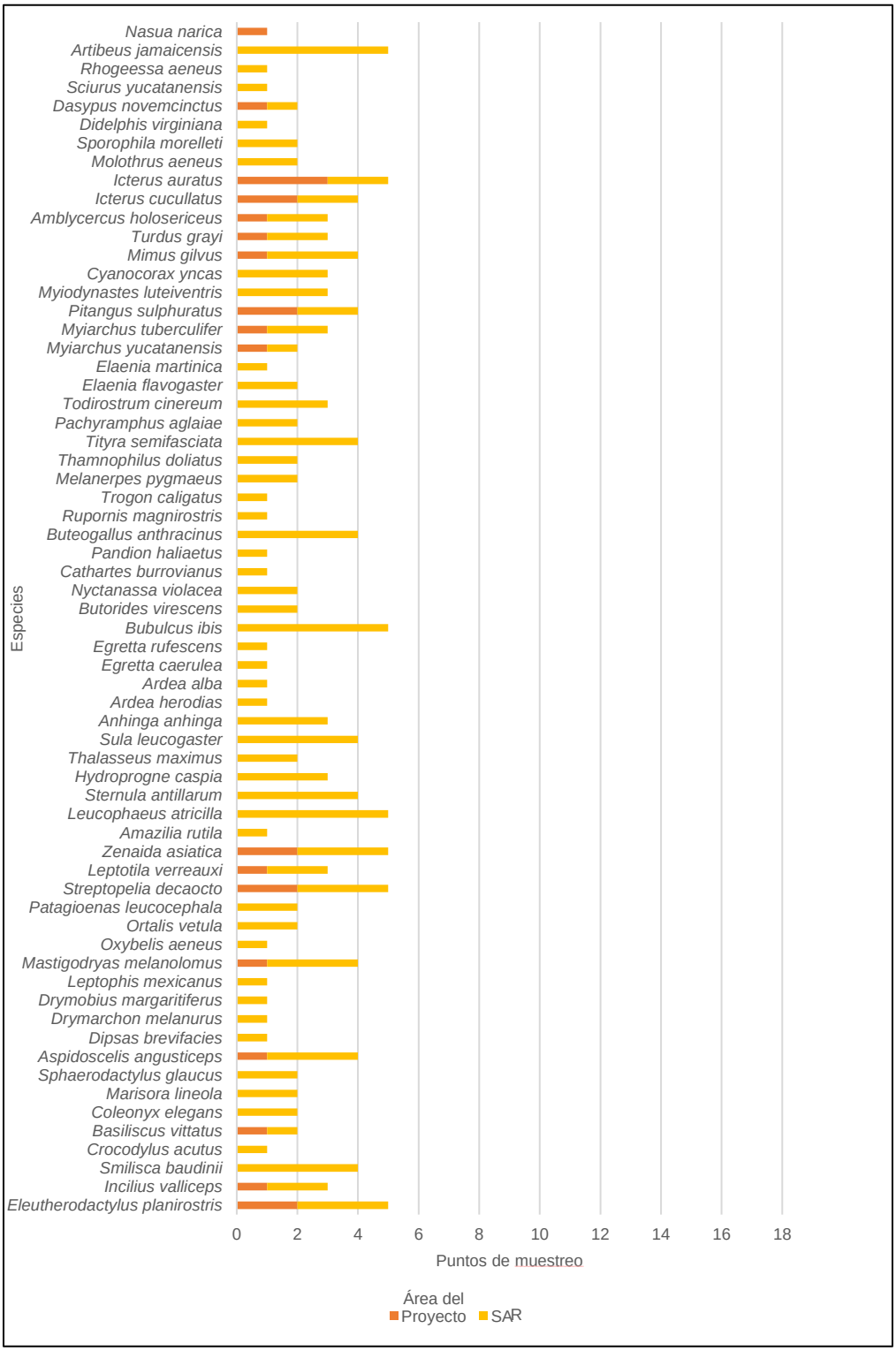



**Figura IV.37.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de raras en el SAR y Área del Proyecto.**

*Especies frecuentes*

Las especies frecuentes fueron registradas desde uno y hasta siete puntos de muestreo, ejemplo de ello, es que *Nannopterum auritum*, fue registrada únicamente en un punto de muestreo en el SAR. Por su parte, *Boa imperator*, fue registrada en siete puntos de muestreo (custro en el SAR y tres en el Área del Proyecto). Los resultados completos se muestran en la figura a continuación:

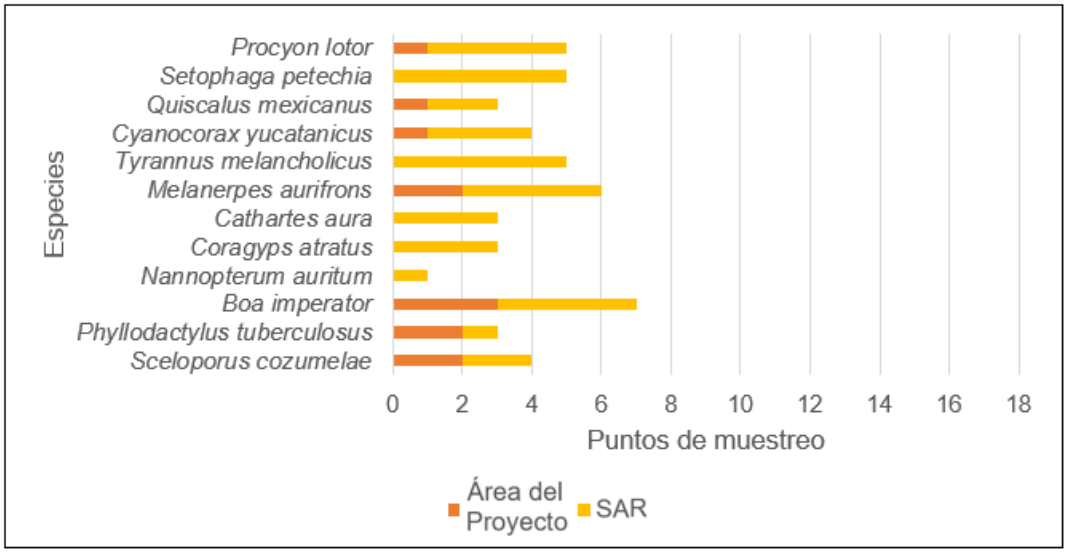



**Figura IV.38.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de frecuente en el SAR y Área del Proyecto**.

*Especies comunes*

Las especies comunes fueron registradas de uno y hasta siete puntos de muestreo. *Eudocimus albus*, fue registrada en un punto de muestreo en el SAR. Mientras que *Dives dives*, fue registrada en siete puntos de muestreo (cuatro en el SAR y tres en el Área del Proyecto). Los resultados completos se muestran en la siguiente figura:

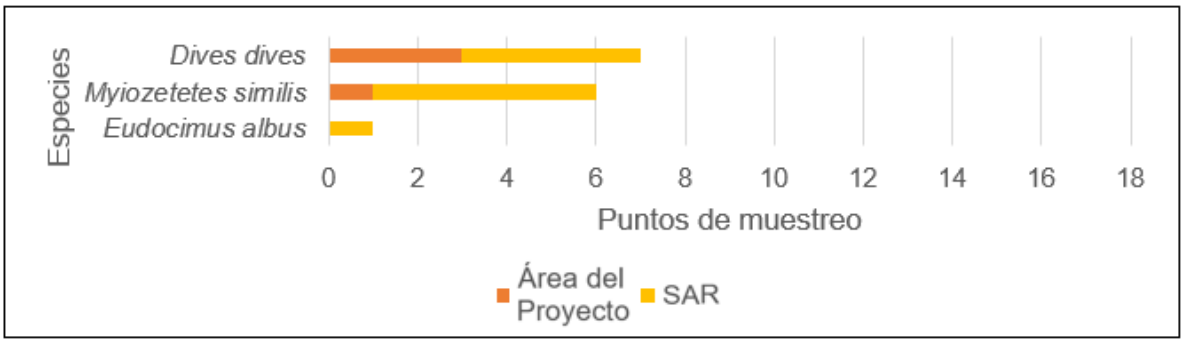



**Figura IV.39.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de común en el SAR y Área del Proyecto.**

*Especies abundantes*

No todas las especies abundantes fueron las mejor distribuidas. Ejemplo de ello, es que *Fregata magnificens*, solo se observó en cuatro puntos de muestreo (dos en el SA y dos en el proyecto), mientras que *Hemidactylus frenatus,* fue registrada en todos los puntos de muestreo. Los resultados completos se muestran en la siguiente figura.

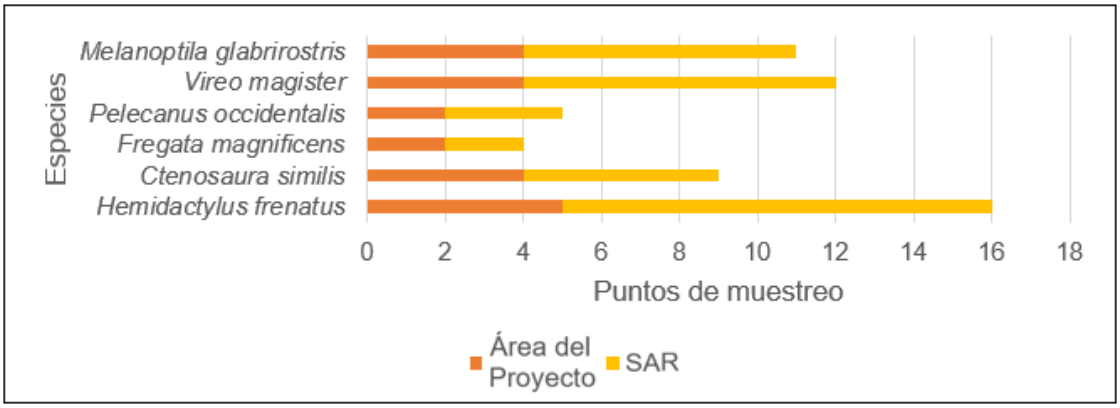



**Figura IV.40.- Número de puntos de muestreo en los que fue registrada la fauna con categoría de abundantes en el SAR y Área del Proyecto.**

IV.2.2.2.2.2.6 Distribución de la fauna

Como se mencionó en el apartado anterior, la fauna no estuvo distribuida de manera uniforme en los 16 puntos de muestreo realizados en el SAR y Área del Proyecto, esto es un resultado normal, ya que los recursos no se encuentran distribuidos de manera homogénea en los hábitats, sino que existen diferencias tanto en la composición, estructura y calidad del hábitat, en la distribución espacial y temporal de los recursos como el agua, alimento, áreas de reproducción o refugio. Estas diferencias microambientales tienen su efecto en una desigual distribución de la fauna, la cual estará presente o será más abundante en los sitios más propicios, mientras que los animales evitarán aquellos que no cumplen con un mínimo de condiciones y recursos, por ejemplo, para construir madrigueras o nidos, que posean alimento cercano o le brinden protección contra sus depredadores (Begon et al. 2006).

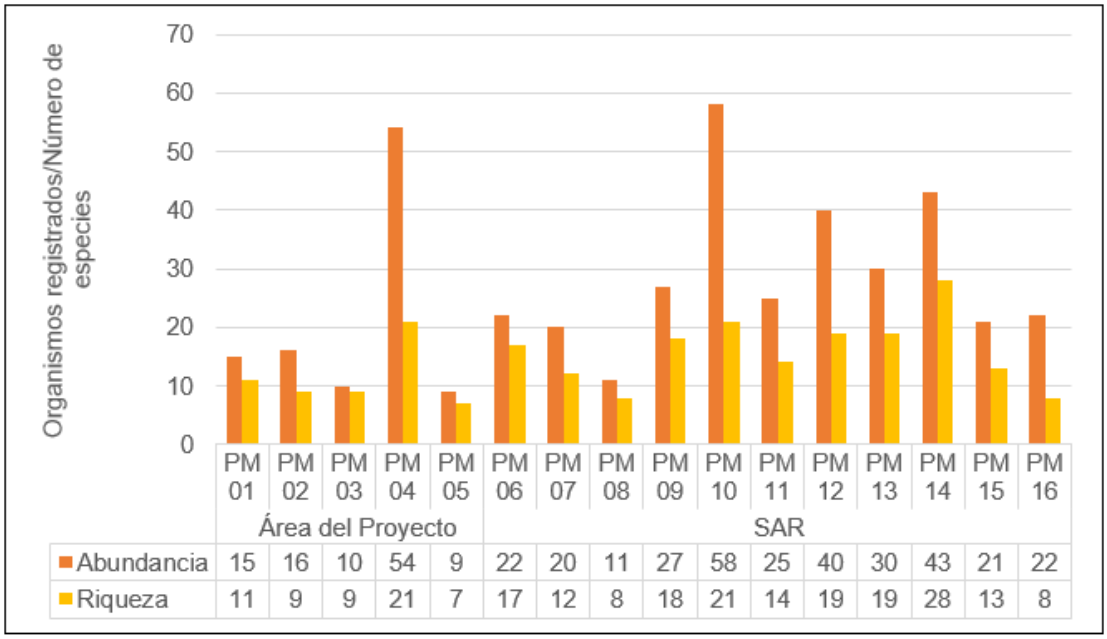
Con base en lo anterior, a continuación, se presenta la distribución de fauna silvestre por puntos de muestreo, tanto del SAR como del Área del Proyecto.

En total fueron realizados 16 puntos de muestreo, ubicados del PM01 al PM05 en el Área del Proyecto y del PM06 al PM16 en el SAR. La distribución de estos puntos de muestreo estuvo influenciada de manera directa por el acceso hacia los mismos; esto debido a que parte de los terrenos del SAR son propiedad privada y en varias ocasiones no fue posible conseguir los permisos para llegar a otros puntos. De acuerdo con lo antes citado, el PM14 fue el punto de

muestreo que tuvo la mayor riqueza con 28 especies, seguido por los PM04 y PM10 con 21 especies cada uno. Cabe señalar que la particularidad de estos puntos de muestreo es que, al estar en zonas ligeramente abiertas, fue más sencillo la observación de algunas especies, particularmente aves.

Por otro lado, el PM05, fue el punto de muestreo con menor riqueza con solo siete especies, seguida por los puntos PM08 y PM16 con ocho especies cada uno. En contraste con los puntos de muestreo con mayor diversidad, para estos puntos de muestreo, al estar en zonas más cerradas en cuanto a cobertura vegetal, el avistamiento e identificación de fauna fue un poco más complicado.

En cuanto a la abundancia, el PM10, presento la mayor abundancia con 58 individuos, seguida por el PM04 con 54. Mientras que los PM05 y PM08, además de ser los que menor diversidad presentaron, también tuvieron la menor abundancia, con nueve y 11 registros respectivamente. Los resultados completos se presentan en la siguiente figura:




| | PM 01 | PM 02 | PM 03 | PM 04 | PM 05 | PM 06 | PM 07 | PM 08 | PM 09 | PM 10 | PM 11 | PM 12 | PM 13 | PM 14 | PM 15 | PM 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abundancia | 15 | 16 | 10 | 54 | 9 | 22 | 20 | 11 | 27 | 58 | 25 | 40 | 30 | 43 | 21 | 22 |
| Riqueza | 11 | 9 | 9 | 21 | 7 | 17 | 12 | 8 | 18 | 21 | 14 | 19 | 19 | 28 | 13 | 8 |

**Figura IV.41.- Distribución de especies de fauna silvestre registrada en campo.**

IV.2.2.2.2.2.7 Índices de diversidad

Se aplicó el índice de Shannon-Wiener (*H'*), así como el índice de diversidad de Margalef ($DM_g$), para evaluar el estatus de diversidad faunística. También se calculó el índice de equitatividad de Pielou (*J'*) para definir el estado de abundancia de las especies de fauna reportadas en el trabajo de campo para el SAR y el Área del Proyecto. Los resultados se presentan en el siguiente orden: resultados generales o totales; resultados del SAR; resultados del Área del Proyecto. Es

importante señalar que las especies registradas por medio de entrevistas son consideradas en los análisis de diversidad con su abundancia mínima en los sitios de muestreo cercano a la entrevista.

- *Índices de diversidad general*

El índice de diversidad de Shannon-Wiener y de Margalef obtenido para los resultados generales, fue de ***H'*=3.9556** y ***DMg*=13.890**, respectivamente. Esta diversidad es considerada **alta**, de acuerdo con los criterios mencionados por Magurray (1988) y (Margalef 1995). Además, el índice de Pielou, presentó un valor de ***J'*=0.89**, por lo que se puede considerar que no existe dominancia de especie alguna.

En cuanto a la diversidad por grupo faunístico, las **aves** presentaron la mayor diversidad de acuerdo con los índices de Shannon-Wiener y Margalef, con valores de ***H'*=3.7554** y ***DMg*=10.090**, respectivamente. Además, el índice de Pielou (***J'*=0.91**), indica que no existe o es baja la dominancia de especies. La diversidad para este grupo faunístico, según los criterios por Magurran (1988) y Margalef (1995), es **alta**. Estos resultados son relativamente normales, ya que las aves son el grupo de vertebrados terrestres más diverso. Además, la mayoría de las aves tiene su actividad durante el día y su característica de volar, hace más sencilla su observación.

Por su parte, los **reptiles** (***H'*=2.0171** y ***DMg*=3.411**) y **mamíferos** (***H'*=1.6095** y ***DMg*=2.076**) presentaron diversidad **media,** mientras que los **anfibios** (***H'*=1.0776** y ***DMg*=0.805**) presentaron diversidad **baja** (Magurran 1988) y Margalef 1995). La menor diversidad encontrada para los reptiles y los mamíferos puede deberse a que estos grupos presentan especies con tamaños poblacionales bajos o hábitos secretivos. Además, la mayoría de las especies de fauna silvestre con frecuencia son perseguidas y cazadas, razón por la cual muchas especies han modificado su comportamiento, volviéndose esquivas ante la presencia de seres humanos. Por su parte, para los anfibios, su diversidad está estrechamente ligada a los cuerpos de agua y ambientes húmedos (Pough et al. 2004).

**Tabla IV.70.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef generales.**

| Grupo Faunístico | Abundancia Total | Riqueza de Especies | Shannon (*H'*) | Shannon ($H'_{max}$) | Pielou (*J'*) | Margalef ($DM_g$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | 12 | 3 | 1.0776 | 1.099 | 0.98 | 0.805 |
| **Reptiles** | 109 | 17 | 2.0171 | 2.833 | 0.71 | 3.411 |
| **Aves** | 284 | 58 | 3.7554 | 4.060 | 0.91 | 10.090 |
| **Mamíferos** | 18 | 7 | 1.6095 | 1.946 | 0.83 | 2.076 |
| **Total** | **423** | **85** | **3.9556** | **4.443** | **0.89** | **13.890** |

- *Índices de diversidad para el SAR*

De manera general, para el SAR, la diversidad es considerada **alta** según los índices de Shannon (***H'*=3.9522**) y Margalef (***DM*$_g$=14.397**) y su equitatividad es de **J´=0.89**, lo que indica que la dominancia de algunas especies es baja. Las **aves** presentaron diversidad **alta** (**H'=3.7554** y ***DM*$_g$=10.499**), mientras que los **reptiles** (**H'=2.1846** y ***DM*$_g$=3.805**) presentaron diversidad **media**. Por su parte, los **anfibios** (**H'=1.0609** y ***DM*$_g$=0.910**) y **mamíferos** (**H'=0.7276** y ***DM*$_g$=1.846**) tuvieron diversidad **baja**. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla IV.71.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef por grupo faunístico para el SAR.**

| Grupo Faunístico | Abundancia | Riqueza de Especies | Shannon (*H'*) | Shannon ($H'_{max}$) | Pielou (*J'*) | Margalef ($DM_g$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | 9 | 3 | 1.0609 | 1.099 | 0.97 | 0.910 |
| **Reptiles** | 67 | 17 | 2.1846 | 2.833 | 0.77 | 3.805 |
| **Aves** | 228 | 58 | 3.7554 | 4.060 | 0.92 | 10.499 |
| **Mamíferos** | 15 | 6 | 0.7276 | 1.792 | 0.41 | 1.846 |
| **Total** | **319** | **84** | **3.9522** | **4.431** | **0.89** | **14.397** |

- *Índices de diversidad para el Área del Proyecto*

En cuanto a la diversidad para el Área del Proyecto, esta fue considerada **alta**, (***H'*=3.0688** y ***DM*$_g$=6.890**), con un índice de equitatividad de Pielou de ***J'*=0.88**. Las **aves** presentaron diversidad **media** (***H'*=2.7509** y ***DM*$_g$=4.720**), mientras que los **anfibios** (**H'=0.6365** y ***DM*$_g$=0.910**), **reptiles** (***H'*=1.5685** y ***DM*$_g$=1.873**) y **mamíferos** (**H'=1.0986** y ***DM*$_g$=1.820**), tuvieron diversidad **baja**. Los resultados se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla IV.72.- Índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Margalef por grupo faunístico para el Área del Proyecto.**

| Grupo Faunístico | Abundancia | Riqueza de Especies | Shannon (*H'*) | Shannon ($H'_{max}$) | Pielou (*J'*) | Margalef ($DM_g$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Anfibios** | 3 | 2 | 0.6365 | 0.693 | 0.92 | 0.910 |
| **Reptiles** | 42 | 8 | 1.5685 | 2.079 | 0.75 | 1.873 |
| **Aves** | 56 | 20 | 2.7509 | 2.996 | 0.92 | 4.720 |
| **Mamíferos** | 3 | 3 | 1.0986 | 1.099 | 1.00 | 1.820 |
| **Total** | 104 | 33 | **3.0688** | **3.497** | **0.88** | **6.890** |

Como se puede apreciar en los resultados mostrados con anterioridad, se puede concluir que el Área del Proyecto presento una diversidad similar a la del SAR.

- *Índice de Similitud de Jaccard*

Se aplicó el índice de similitud de *Jaccard* ($S_j$), para conocer la semejanza que existe entre los diferentes puntos de muestreo en el SAR y el Área del Proyecto. En la siguiente tabla se muestran en color azul, los puntos de muestreo que presentaron mayor similitud de acuerdo con el índice de *Jaccard*, siendo las parejas PM02 – PM16 y PM03 – PM16 con un índice de $S_j$= 0.42), las que mayor similitud tienen.

Por otro lado, la similitud más baja se muestra en la tabla en color naranja. La mayor diferencia entre los puntos de muestreo, la presentaron el PM03 – PM13 y PM13 – PM16 con un índice de $S_j$= 0.04. Los resultados completos se muestran en la siguiente tabla, mientras que en la figura a continuación, se pueden apreciar gráficamente estos resultados.

**Tabla IV.73. Índice de similitud Jaccard para los diferentes puntos de muestreo.**

| Ubicación | | Área del Proyecto | | | | | | SAR | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Puntos de Muestreo | PM 01 | PM 02 | PM 03 | PM 04 | PM 05 | PM 06 | PM 07 | PM 08 | PM 09 | PM 10 | PM 11 | PM 12 | PM 13 | PM 14 | PM 15 | PM 16 |
| Área del Proyecto | PM01 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PM02 | 0.33 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| | PM03 | 0.18 | 0.38 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | PM04 | 0.28 | 0.20 | 0.11 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| | PM05 | 0.29 | 0.23 | 0.07 | 0.22 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| SAR | PM06 | 0.17 | 0.08 | 0.08 | 0.15 | 0.14 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| | PM07 | 0.15 | 0.17 | 0.11 | 0.18 | 0.19 | 0.26 | 1.00 | | | | | | | | | |
| | PM08 | 0.12 | 0.13 | 0.06 | 0.12 | 0.25 | 0.09 | 0.11 | 1.00 | | | | | | | | |
| | PM09 | 0.21 | 0.17 | 0.08 | 0.18 | 0.25 | 0.21 | 0.11 | 0.08 | 1.00 | | | | | | | |
| | PM10 | 0.23 | 0.36 | 0.30 | 0.20 | 0.12 | 0.12 | 0.18 | 0.07 | 0.11 | 1.00 | | | | | | |
| | PM11 | 0.25 | 0.15 | 0.05 | 0.17 | 0.24 | 0.29 | 0.24 | 0.22 | 0.10 | 0.09 | 1.00 | | | | | |
| | PM12 | 0.25 | 0.22 | 0.17 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.19 | 0.13 | 0.09 | 0.21 | 0.14 | 1.00 | | | | |
| | PM13 | 0.15 | 0.17 | 0.04 | 0.29 | 0.18 | 0.20 | 0.24 | 0.23 | 0.06 | 0.14 | 0.22 | 0.19 | 1.00 | | | |
| | PM14 | 0.22 | 0.16 | 0.12 | 0.36 | 0.21 | 0.18 | 0.11 | 0.20 | 0.24 | 0.14 | 0.14 | 0.18 | 0.24 | 1.00 | | |
| | PM15 | 0.20 | 0.16 | 0.16 | 0.26 | 0.11 | 0.15 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 1.00 | 0.11 |
| | PM16 | 0.12 | 0.42 | 0.42 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.13 | 0.21 | 0.16 | 0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.11 | 1.00 |

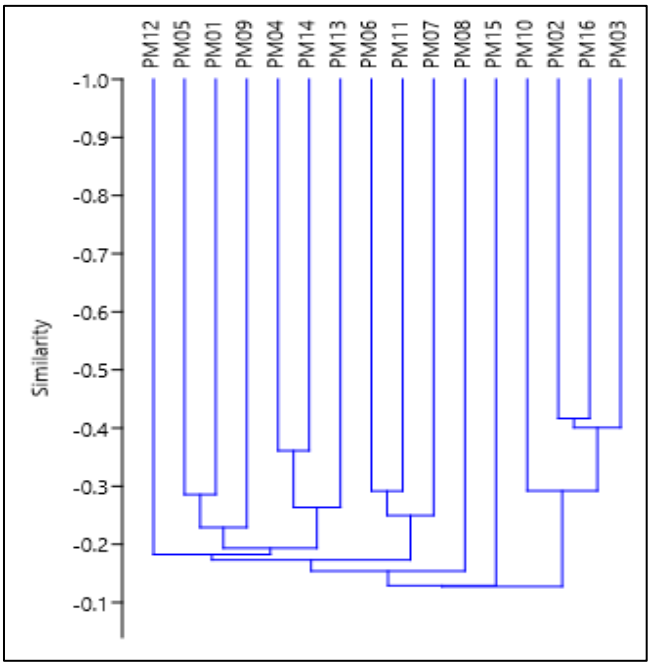



**Figura IV.42.- Dendograma de similitud de especies de fauna silvestre por punto de muestreo, de acuerdo con el Índice de similitud Jaccard.**

IV.2.2.2.2.2.8 Presencia de especies exóticas

Las especies exóticas, introducidas o no nativas, son especies que se encuentran fuera de su distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural (Álvarez *et al.* 2008). Cuando las especies introducidas llegan a establecerse, se alimentan, compiten por alimento, hibridan con especies nativas, transforman y destruyen los hábitats, además pueden ser portadoras de enfermedades y parásitos transmisibles capaces de enfermar y exterminar poblaciones nativas enteras. El resultado puede ser catastrófico y pone en peligro de extinción no solo a algunas de las especies nativas, sino también alteran muchos de los procesos ecológicos determinantes para el buen funcionamiento de los ecosistemas, situación que puede no ser reconocible sino hasta varios años después de la introducción (Álvarez et al. 2008).

La presencia de estos organismos conlleva una serie de problemas como lo son la extinción o el desplazamiento de especies nativas debido a la competencia por los recursos y, pueden disminuir el número de individuos de una población debido a la introducción de parásitos o enfermedades, por lo que es importante conocer las especies exóticas presentes en un área determinada, y tener presente el daño ecológico que pueden causar sobre los ecosistemas naturales.

Las especies exóticas pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de relación que mantienen con el hombre. Son comensales cuando actualmente se encuentran íntimamente asociadas a las poblaciones humanas y dependen de ellas al menos parcialmente, pero no están bajo control

directo del ser humano. Por otra parte, se consideran controladas cuando se encuentran bajo control intencional del ser humano, ya sea porque dependen del abasto de recursos vitales, y/o porque se encuentran dentro de encierros. Finalmente, son ferales cuando se originaron a partir de especies domésticas, pero posteriormente se han establecido en el medio silvestre. En la siguiente tabla se presentan las especies exóticas que fueron observadas en el SAR.

**Tabla IV.74.- Especies de vertebrados terrestres exóticos registrados en el área de estudio.**

| Especie | Nombre común | Doméstico | No doméstico |
|---|---|---|---|
| ***Eleutherodactylus planirostris*** | Rana Chirriadora de Invernadero | | X |
| ***Hemidactylus frenatus*** | Besucona asiática | | X |
| ***Streptopelia decaocto*** | Paloma de Collar Turca | | X |
| ***Bubulcus ibis*** | Garza Ganadera | | X |
| ***Gallus gallus*** | Gallina doméstica | X | |
| ***Meleagris gallopavo domesticus*** | Guajolote | X | |
| ***Canis lupus familiaris*** | Perro | X | |
| ***Felis catus*** | Gato | X | |

### IV.2.2.2.2.2.9 Fauna silvestre de valor cinegético y comercial

- *Especies de importancia cinegética*

Para el estado de Quintana Roo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha autorizado el aprovechamiento extractivo sustentable de 13 especies de animales para la temporada 2021-2022, de las cuales siete son mamíferos y seis son aves.

De las especies incluidas en el Calendario de Épocas Hábiles, para la zona de estudio se registraron dos especies de aves: la Chachalaca Oriental (*Ortalis vetula*) y la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*), y dos especies de mamíferos: el tejón o cuatí (*Nasua narica*) y el mapache (*Procyon lotor*). En la siguiente tabla se muestra el calendario de aprovechamiento para las especies mencionadas. Cabe resaltar que este estudio no tiene como objetivo la extracción de especies.

**Tabla IV.75.- Especies autorizadas por la SEMARNAT (Temporada 2021-2022) para su aprovechamiento cinegético para el estado de Quintana Roo y que se distribuyen en el área de estudio.**

| Grupo | Especies | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| **AVES** | Agachona común (*Gallinago delicata*) [antes: (*gallinago gallinago*)] | cuarto viernes de noviembre de 2021 | tercer domingo de febrero de 2022 |
| | Chachalaca (*Ortalis vetula*) | primer viernes de noviembre de 2021 | primer domingo de enero de 2022 |

| Grupo | Especies | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| | Hocofaisán (*Crax rubra*) | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) | cuarto viernes de septiembre de 2021 | primer domingo de enero de 2022 |
| | Paloma morada (*Patagioenas flavirostis*) [antes: (*Columba flavirostris*)] | tercer viernes de octubre de 2021 | segundo domingo de diciembre de 2022 |
| | Pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| **MAMÍFEROS** | Agutí o Guaqueque negro (*Dasyprocta punctata*) | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Pecarí de collar (*Pecari tajacu*) | segundo viernes de octubre de 2021 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Mapache (*Procyon lotor*) | segundo viernes de agosto de 2021 | segundo domingo de diciembre de 2021 |
| | Tejón o Coatí (*Nasua narica*) | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Tepezcuintle (*Cuniculus paca*) | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Venado temazate (*Mazama temama*) [antes: (Mazama americana)] | cuarto viernes de enero de 2022 | cuarto domingo de mayo de 2022 |
| | Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) | cuarto viernes de noviembre de 2021 | cuarto domingo de marzo de 2022 |

IV.2.2.2.2.2.10 Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA´s).

Para el mes de septiembre del 2022, se tienen registradas 140 Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre en el Estado de Quintana Roo, de estas, 88 son consideradas extensivas y 52 intensivas. Es importante resaltar que ni en el SAR ni en el Área del Proyecto se identificó alguna UMA.

IV.2.2.2.2.2.11 Aprovechamiento de aves canoras y de ornato para fines de subsistencia.

Para la temporada 2021–2022, para Quintana Roo, la SEMARNAT, a través de su calendario de aprovechamiento de aves canoras y de ornato con fines de subsistencia no tiene contemplada la autorización de aves canoras y de ornato. Es importante señalar que este proyecto no tiene como objetivo el uso o aprovechamiento de especies de aves canoras o de ornato.

IV.2.2.2.2.2.12 Uso de la Fauna.

Si bien es común el aprovechamiento de especies nativas por parte de los lugareños, en el área de estudio no se detectó la utilización de alguna especie de fauna silvestre.

### IV.2.2.2.2.2.13 Áreas de conservación e importancia ecológica

- *Áreas Naturales Protegidas (ANP)*

Es importante mencionar que tanto el Área del Proyecto como el SAR se encuentran inmersos en el Área Natural Protegida (ANP) Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, por lo que el presente DTU toma en cuenta todas las restricciones aplicables de acuerdo con la normatividad vigente, además de que se contemplan medidas de mitigación que garantizarán que la diversidad de fauna silvestre no se vea comprometida. De igual manera, se contempla un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna.

- *Otras Áreas de Importancia Ecológica (RHP, RMP, RTP, AICA's y RAMSAR)*

Para conocer el grado de conservación que guarda la fauna en la zona del proyecto, se utilizaron los criterios de la NOM-059-SEMARNAT-2010, endemismos y del CITES; aunado a ello, también se utilizaron los criterios de conservación manejados por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Conservación de las Aves (CIPAMEX), y la CONABIO a través de las llamadas Regiones Prioritarias.

El proyecto Rancho San Juan se encuentra inmerso en la Región Hidrológica Prioritaria RHP No. 108 "Sian Ka'an", así como en la Región Terrestre Prioritaria RTP No. 147 "Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak". Estas Regiones Prioritarias comparten gran parte de su territorio. Presentan vegetación natural de selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable, palmar inundable y sabana. La flora característica son especies como: *Acacia globulifera, tasiste Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Atriplex cristata, Bactris balanoidea, Bucida buceras, chaca Bursera simaruba, Caesalpinia gaumeri, Cameraria latifolia, Capparis flexuosa, C. incana, Coccoloba reflexiflora, C. uvifera, palmas nakax Coccothrinax readii y Pseudophoenix sargentii, Cordia sebestena, Crescentia cujete, Curatella americana, Cyperus planifolius, Dalbergia glabra, Eugenia lundellii, palo tinte Haematoxylum campechianum, Hampea trilobata, Hyperbaena winzerlingii, Ipomoea violacea, chechén Metopium brownei, Pouteria campechiana, P. chiricana y Roystonea dunlapiana*.

Por otra parte, en esta región se presentan frecuentemente cenotes, cuya flora fitoplanctónica generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna y Terpsinoe musica*.

La fauna característica está representada por peces como los cíclidos *Archocentrus octofasciatus, Cichlasoma friedrichsthali, C. meeki, C. octofasciatum, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Petenia splendida, Thorichthys meeki*, *Belonesox belizanus*,

*Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia latipinna, P. mexicana, P. orri y P. petenensis; Astyanax altior*; la anguila americana *Anguilla rostrata, Eleotris picta, Megalops atlanticus, Rhamdia guatemalensis, Synbranchus marmoratus*. *Astyanax altior, Atherinella*, la brótula ciega *Ogilbia pearsei*, la anguila *Ophisternon infernale* y *Poecilia velifera*, las cuales se encuentran amenazadas por lo reducido y aislado de sus hábitats, además de aves como *Patagioenas leucocephala*, *Cyanocorax yucatanicus, Melanoptila glabrirostris, Meleagris ocellata, Cathartes burrovianus, Crax rubra, Falco peregrinus, Ramphastos sulfuratus, Sarcoramphus papa*; mamíferos como el tepescuintle *Caniculus paca, Coendou mexicanus, Herpailurus yagouaroundi, Leopardus pardalis, L. wiedii, Panthera onca, Puma concolor, Tapirus bairdii, Tamandua mexicana*, entre otros.

En cuanto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), proyecto se encuentra inmerso en el AICA -179 “Sian Ka’an”. Esta AICA, corresponde a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an se ubica en un área plana y poco elevada sobre el nivel del mar. No existen ríos, el agua que recibe el suelo se filtra rápidamente. La vegetación de la zona es muy variada e incluye lagunas costeras y cayos. La zona se considera Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. Existen varias especies cuasiendémicas de aves y 9 endémicas, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción. Es de gran importancia para las aves de selva y acuáticas. El tipo de vegetación corresponde a Selvas medianas en un gradiente hacia el mar pasando a selvas inundables, pantanos de agua dulce y salobre, lagunas costeras y cayos y también petenes. En esta AICA habitan más de 330 especies.

Es importante señalar que el presente estudio contempla medidas de mitigación que garantizarán que la diversidad de fauna silvestre no se vea comprometida en ninguna de estas áreas de importancia ecológica. De igual manera, se contempla la ejecución de un programa de Rescate y Reubicación de Fauna durante las diferentes etapas de construcción del proyecto.

### IV.2.2.3 Medio socioeconómico

El crecimiento socioeconómico de las zonas cercanas al Área del Proyecto ha sido rápido debido a las actividades turísticas, que han resultado además en un crecimiento demográfico por fenómenos de inmigración.

La riqueza biológica, arqueológica y paisajística de la Península de Yucatán y particularmente del estado de Quintana Roo ha convertido a la región en uno de los mayores atractivos turísticos, que además ha tenido desarrollo a gran escala.

### IV.2.2.3.1 Demografía

#### Población total

En el municipio de Tulum, la población total registrada en 2010 fue de 28,263 habitantes, de los cuales el 48% son mujeres y el 52% hombres. Los datos del Censo de Población y Vivienda del 2010 de INEGI se muestran a continuación:

**Tabla IV.76.- Pirámide poblacional del municipio de Tulum por rangos de edad, 2010.**

| Hombres | | Mujeres | |
|---|---|---|---|
| Rango de edad | No. de habitantes | Rango de edad | No. de habitantes |
| **0-4 años** | 1,753 | 0-4 años | 1,615 |
| **5-9 años** | 1,519 | 5-9 años | 1,443 |
| **10-14 años** | 1,408 | 10-14 años | 1,381 |
| **15-19 años** | 1,463 | 15-19 años | 1,401 |
| **20-24 años** | 1,738 | 20-24 años | 1,535 |
| **25-29 años** | 1,485 | 25-29 años | 1,438 |
| **30-34 años** | 1,288 | 30-34 años | 1,218 |
| **35-39 años** | 1,104 | 35-39 años | 1,034 |
| **40-44 años** | 854 | 40-44 años | 676 |
| **45-49 años** | 601 | 45-49 años | 515 |
| **50-54 años** | 461 | 50-54 años | 357 |
| **55-59 años** | 277 | 55-59 años | 279 |
| **60-64 años** | 228 | 60-64 años | 175 |
| **65-69 años** | 119 | 65-69 años | 103 |
| **70-74 años** | 79 | 70-74 años | 63 |
| **75-79 años** | 61 | 75-79 años | 45 |
| **80-84 años** | 24 | 80-84 años | 24 |
| **85-89 años** | 17 | 85-89 años | 15 |
| **90-94 años** | 1 | 90-94 años | 4 |
| **95-99 años** | 3 | 95-99 años | 2 |
| **100 años y más** | 1 | 100 años y más | 1 |
| **No especificado** | 1 | No especificado | 225 |
| **Total hombres** | 14,714 | **Total mujeres** | 13,549 |

Fuente: INEGI

Este municipio, junto con los de Solidaridad y Benito Juárez, es de los que presenta mayor crecimiento poblacional en el país. La razón principal para este fenómeno es la inmigración al mismo, propiciado por la oferta de empleo y el desarrollo económico producto del turismo en la zona. A nivel nacional, la ciudad de Tulum es la que presenta mayor crecimiento poblacional.

En contraste con el Censo de 2010, la población total registrada en el Censo de Población y vivienda del 2020 (INEGI) fue de 46,721 habitantes, de los cuales el 47.8% corresponde a mujeres y el 52.2% hombres. La siguiente Tabla corresponde a la población registrada para el municipio de Tulum en 2020:

**Tabla IV.77.- Pirámide poblacional del municipio de Tulum por rangos de edad, 2020.**

| Hombres | | | Mujeres | |
|---|---|---|---|---|
| Rango de edad | No. de habitantes | | Rango de edad | No. de habitantes |
| **0-4 años** | 2,503 | | 0-4 años | 2,498 |
| **5-9 años** | 2,246 | | 5-9 años | 2,100 |
| **10-14 años** | 2,068 | | 10-14 años | 1,854 |
| **15-19 años** | 1,916 | | 15-19 años | 1,870 |
| **20-24 años** | 2,509 | | 20-24 años | 2,211 |
| **25-29 años** | 2,706 | | 25-29 años | 2,405 |
| **30-34 años** | 2,430 | | 30-34 años | 2,269 |
| **35-39 años** | 2,152 | | 35-39 años | 1,929 |
| **40-44 años** | 1,657 | | 40-44 años | 1,504 |
| **45-49 años** | 1,329 | | 45-49 años | 1,138 |
| **50-54 años** | 987 | | 50-54 años | 881 |
| **55-59 años** | 658 | | 55-59 años | 616 |
| **60-64 años** | 490 | | 60-64 años | 436 |
| **65-69 años** | 334 | | 65-69 años | 247 |
| **70-74 años** | 185 | | 70-74 años | 157 |
| **75-79 años** | 89 | | 75-79 años | 92 |
| **80-84 años** | 57 | | 80-84 años | 44 |
| **85 años y más** | 42 | | 85 años y más | 48 |
| **Total hombres** | 24,358 | | **Total mujeres** | 22,299 |

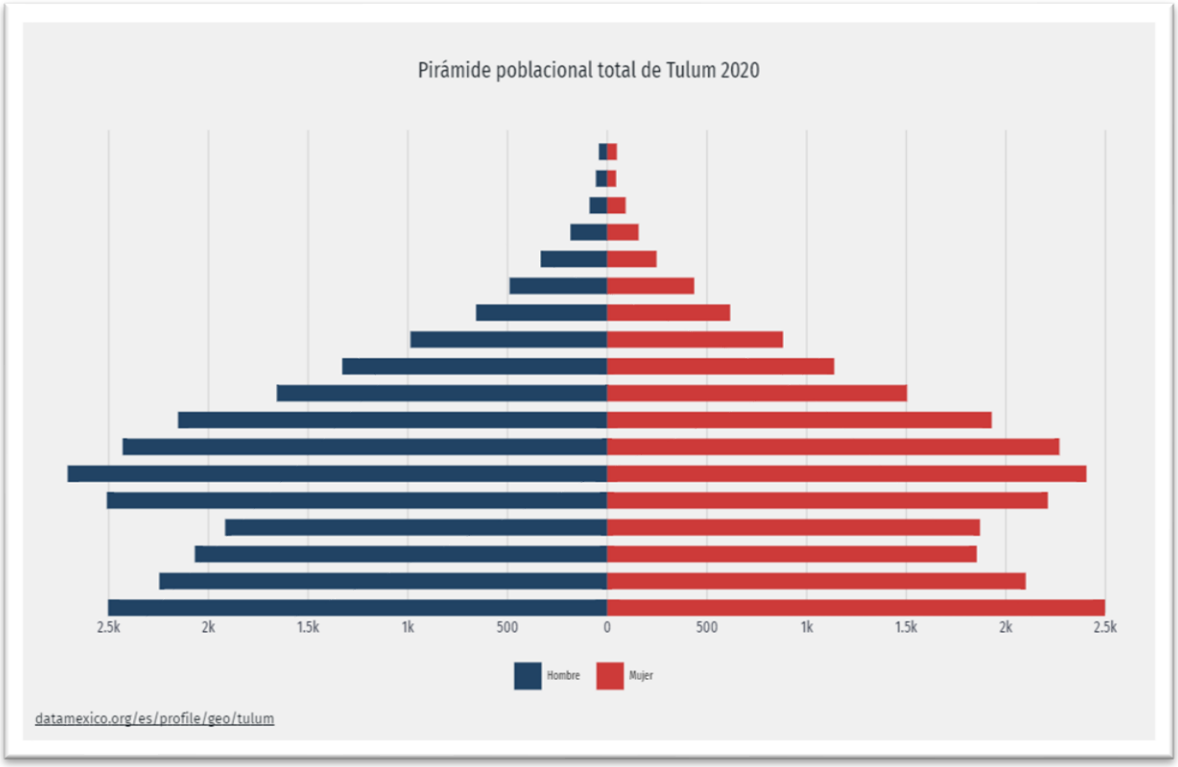



**Figura IV.43.- Pirámide poblacional total de Tulum.**

Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI, 2020.

### Crecimiento y distribución de la población

En comparación a 2010, según los datos registrados en el Censo de población y vivienda de INEGI de 2020, esta creció un 65.3%.

## Indicadores sociodemográficos

### Migración

El fenómeno de migración en toda la península de Yucatán ha sido importante en los últimos años. En el caso de Tulum, la mayor cantidad de migrantes que ingresó son originarios de Estados Unidos (133 personas), Argentina (106 personas) y Cuba (54 personas) como se puede observar en la siguiente Figura:

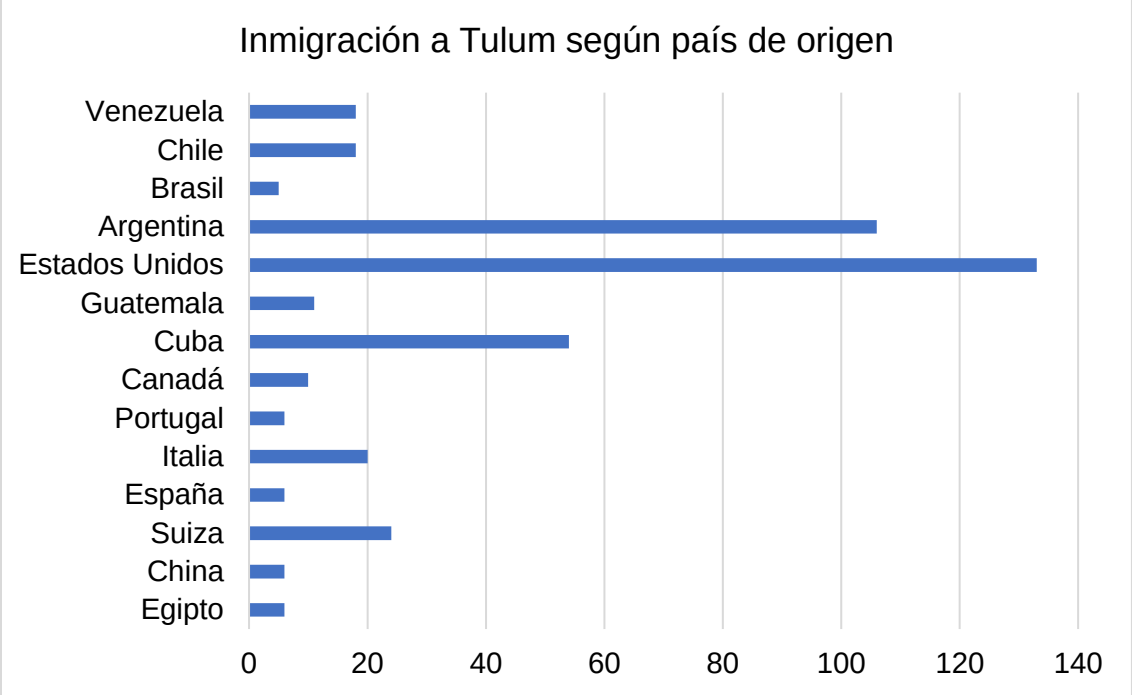



**Figura IV.44.- Población inmigrante en el municipio de Tulum según país de origen**

Fuente: Cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda, INEGI

La principal causa de inmigración al municipio de Tulum fue por cuestiones laborales (151 personas), la segunda es por causas familiares (126 personas) y la tercera vivienda (63 personas). Las causas de migración a este municipio se observan en la siguiente Figura:

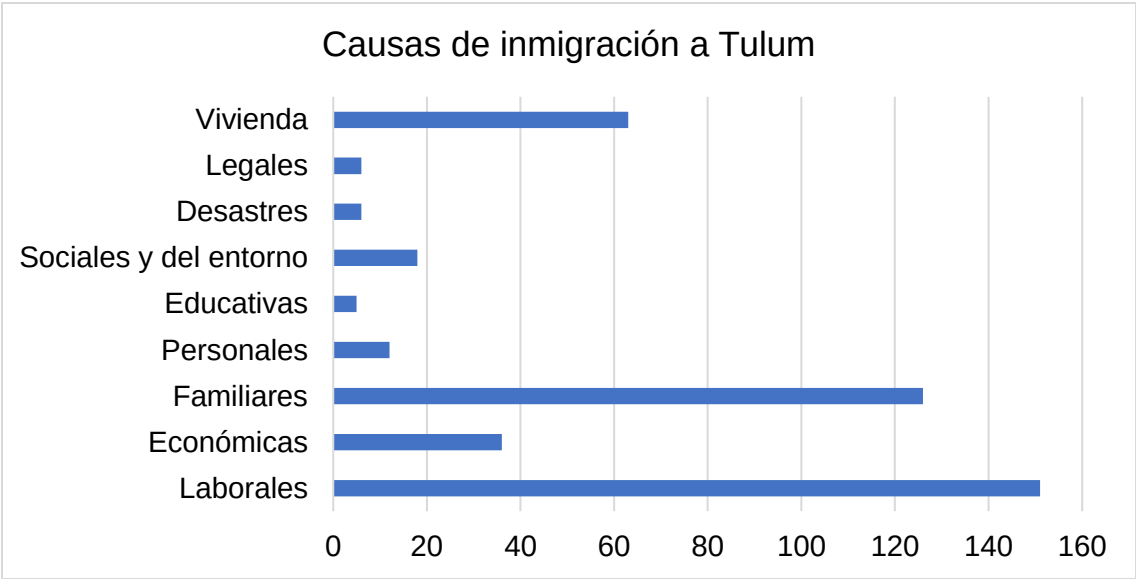



**Figura IV.45.- Principales causas de inmigración a Tulum**

Fuente: Cuestionario ampliado de censo de población y vivienda, INEGI, 2020.

IV.2.2.3.2 Factores socioculturales

Grupos étnicos

El crecimiento general de la población del estado de Quintana Roo en las últimas 3 décadas ha sido a tasas mayores a las registradas a escala nacional; por el contrario, la población hablante de lengua indígena con respecto a la población total del estado ha decrecido, en 1990 el 27% de la población hablaba alguna lengua indígena, para el año 2000 esta se redujo al 19.8% y para el 2010 sólo el 15% de la población total del estado es hablante de alguna lengua indígena.

En el municipio de Tulum hay 15,300 personas mayores a 3 años que hablan alguna lengua indígena, de las cuales la mayoría son de origen maya (14,599 habitantes), el resto se distribuyen de la siguiente forma:

**Tabla IV.78.- Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Tulum.**

| Lengua indígena | Población que la habla |
|---|---|
| **Maya** | 14,599 |
| **Tseltal** | 217 |
| **Tsotsil** | 162 |
| **Ch'ol** | 122 |
| **No especificado** | 83 |
| **Mixe** | 50 |
| **Náhuatl** | 27 |
| **Zapoteco** | 12 |
| **Popoluca** | 12 |
| **Tojolabal** | 11 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI.

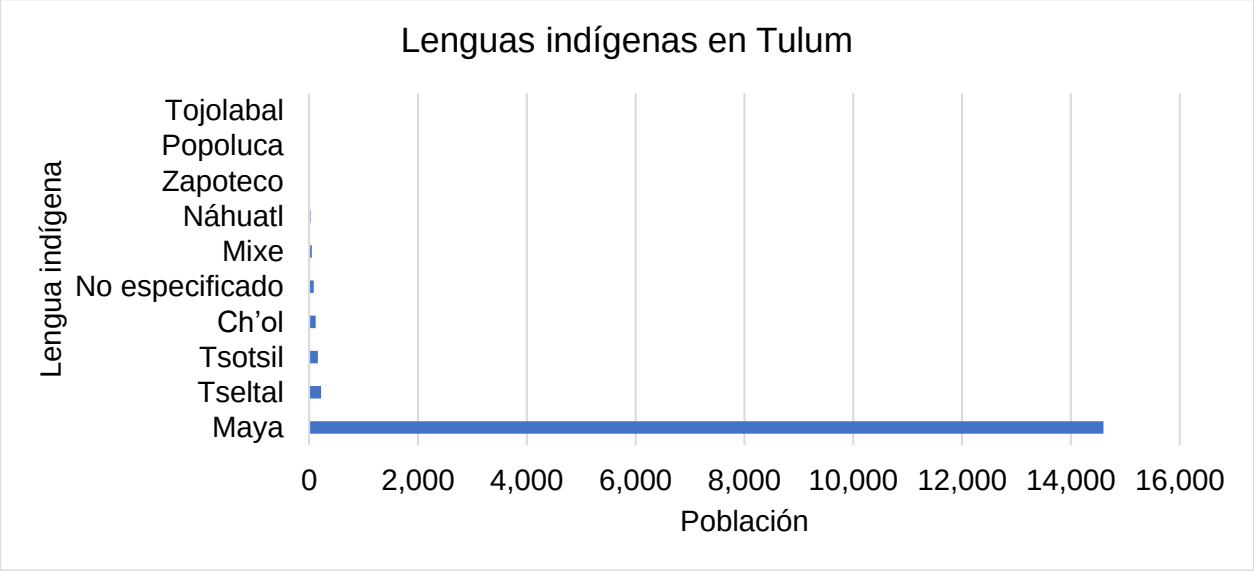



**Figura IV.46.- Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Tulum.**

Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI.

La lengua indígena predominante tanto en el municipio de Tulum como en el estado de Quintana Roo es el maya yucateco o peninsular, que en este estado presenta una variante de la lengua que puede ser considerada representativa de esta zona. Las diferencias no solamente son léxicas, también presenta características morfosintácticas. Se dice que el maya hablado en Quintana Roo en comparación con el de Yucatán es más conservado, por lo que algunos hablantes e investigadores la han denominado como “Jach maya” o “la verdadera maya”, considerado la variante no corrupta de esta lengua (CONEVAL, 2010).

En la actualidad, el uso de la lengua maya experimenta un importante descenso que se atribuye a varios factores como el fenómeno migratorio hacia los polos turísticos, los cambios económicos que refuerzan la necesidad de abandonar las zonas rurales para integrarse a zonas urbanas y en general que las actividades económicas tradicionales han dejado de ser redituables en comparación con las actividades del sector turístico.

### Sitios arqueológicos

#### Tulum

En el municipio de Tulum, dentro del Parque Nacional Tulum, se ubica el sitio arqueológico de nombre Tulum, el cual corresponde a una ciudad amurallada que data del periodo Postclásico Medio y Tardío (1250- 1550) con algunos elementos de etapas previas fechados en 564. Los datos arqueológicos indican que la ciudad de Tulum fue una de las principales ciudades mayas de los siglos XIII a XIV por su ubicación estratégica entre las provincias mayas de Cochuah y Cozumel, que se encuentra en una posición elevada y que posee un sistema defensivo muy eficiente.

Su arquitectura muestra algunos elementos del estilo Puuc con algunos detalles propios del sitio. La decoración de los edificios de Tulum consiste en gran parte de nichos sobre los dinteles de las puertas, que abrigan representaciones de estuco de un dios descendiente. La pintura mural de Tulum es de enorme complejidad en su ejecución y contenido religioso, siendo su rasgo más sobresaliente la representación de figuras de perfil humanas o animales con objetos de frente (INAH, 2022).

Este sitio arqueológico se encuentra a aproximadamente 37 kilómetros de distancia del SAR del presente proyecto y es la tercera zona arqueológica más visitada de todo México (Enseñat-Soberanis, F., 2021).

#### Cobá

El sitio arqueológico de Cobá se localiza en la parte oriental del poblado de Cobá, dentro del municipio de Tulum. Se encuentra rodeada por cinco lagunas y cuenta con aproximadamente 50

caminos levantados que se conocen como sacbé en maya (camino blanco) que culminan en conjuntos ceremoniales- administrativos- habitacionales. Estos caminos permitieron en su época de apogeo el control de otros grupos y el acercamiento a otras entidades con fines de comercio.

El inicio de este poblado sucedió en el siglo I a.C. con pequeñas aldeas agricultoras con actividades de caza. A partir del siglo II d.C. comienza a crecer el desarrollo económico y la organización política, con lo que se consolida la ciudad. Entre los siglos V y X, la ciudad crece y erige monumentos de mayor tamaño, construye caminos y establece relaciones políticas y comerciales con otros asentamientos. En los años 900 o 1000, entra en rivalidad con Chichen-Itzá, que posteriormente derrotó y confinó a segundo plano a la ciudad de Cobá, que ya se encontraba en estado de abandono cuando ocurrió la Conquista Española. La arquitectura del sitio consiste de influencias del estilo petenero, pero con un estilo propio muy marcado (INAH, 2022).

### Otros sitios arqueológicos

Dentro del Área Natural Protegida Complejo Sian Ka'an, se ubican numerosos vestigios arqueológicos de la época del dominio maya de los periodos clásico y postclásico, de los cuales destacan tres de mayor importancia: Muyil en la zona norte, Chaac Mol en el centro y Tres Cruces en el sur, además de Chenchomac, Vigía del Lago, Xamach, Tupac y El Platanal, y los vestigios de un canal artificial de 24 kilómetros de longitud. En todos estos sitios se han rescatado cientos de vestigios y piezas prehispánicas.

### Religión

De acuerdo con INEGI, en 2020 en el estado de Quintana Roo se registró que el 54.7% de la población practica la religión católica, el 20.7% es protestante y el 21.9% corresponde a las personas sin religión. En la siguiente gráfica se aprecia cómo cambió el porcentaje de practicantes por religión en este estado:

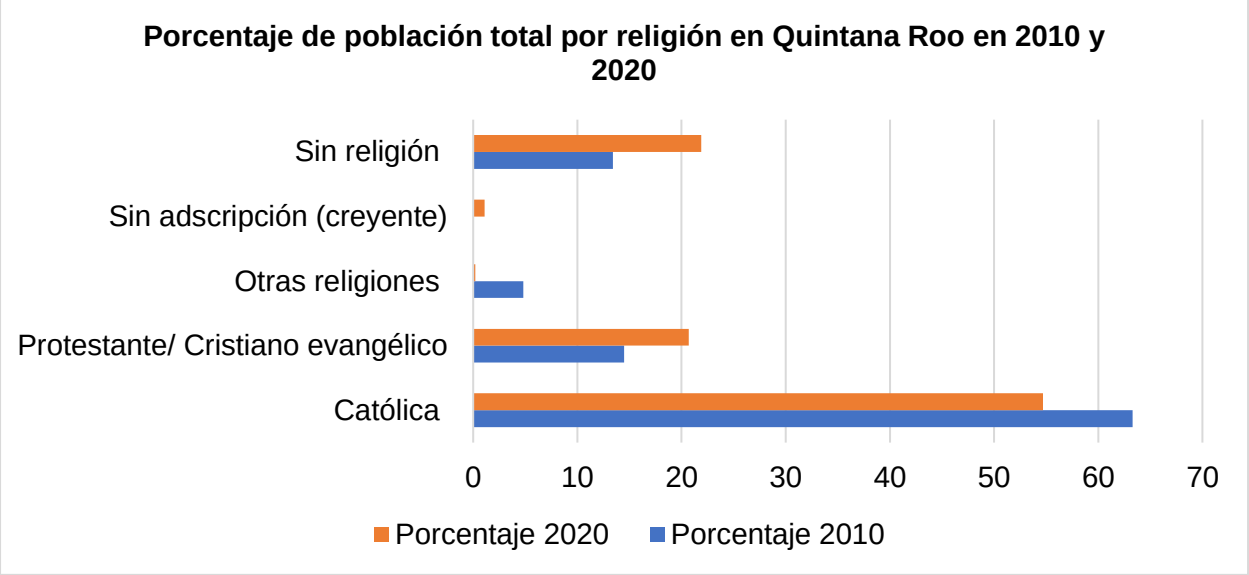



**Figura IV.47.- Porcentaje de población total de Quintana Roo por religión en 2010 y 2020.**

Fuente: Censo de población y vivienda INEGI, 2020.

## Salud

En el municipio de Tulum, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de INEGI del 2020, las opciones de atención de salud más utilizadas fueron los Centros de Salud u Hospital de la Secretaría de Salud (Seguro Popular) por 19,300 personas, IMSS (Seguro Social) por 9,640 personas y Consultorio de farmacia por 8,770 personas. Del total de la población que requirió servicios médicos en este municipio, el 42.6% fue atendido por Seguro Popular y el 21.3% por el Seguro Social.

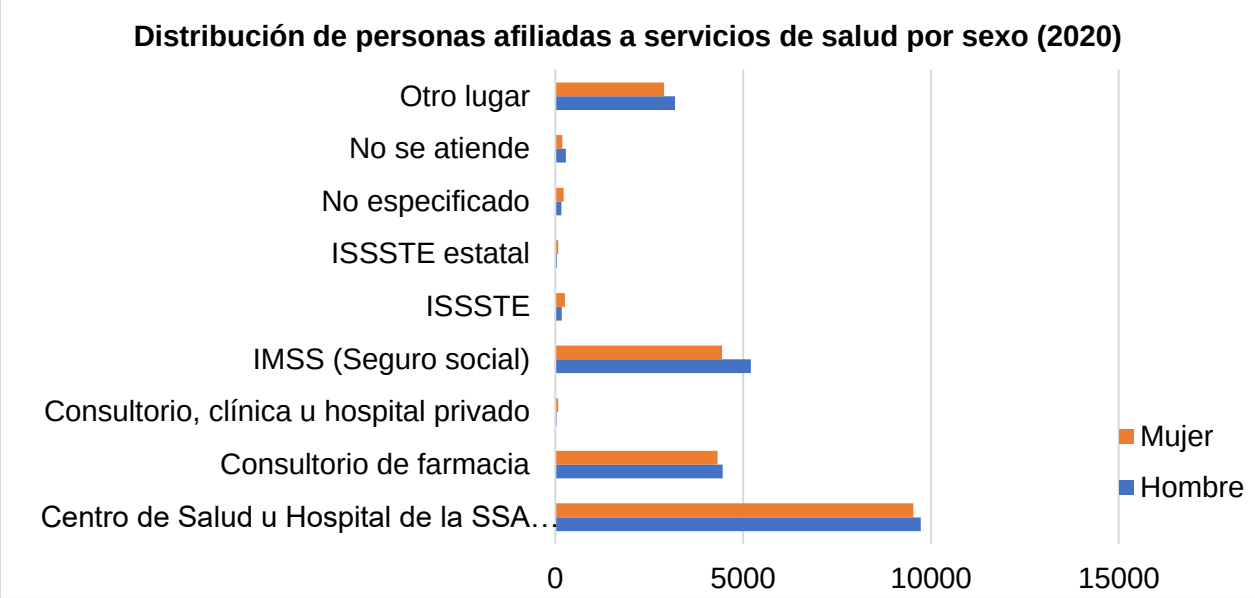



**Figura IV.48.- Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020).**

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020.

De acuerdo con el mismo Censo de INEGI, las principales discapacidades presentes en la población del municipio de Tulum fueron discapacidad visual (584 personas), discapacidad física (515 personas) y discapacidad motriz (323 personas), como se puede observar en la siguiente Figura:

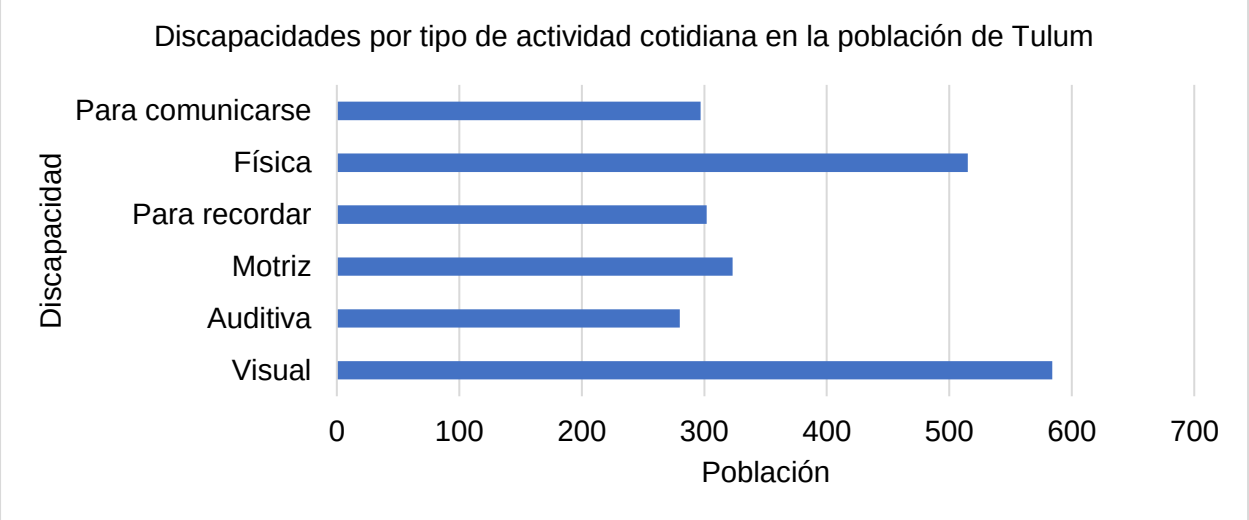



**Figura IV.49.- Discapacidades por tipo de actividad en la población de Tulum.**

Fuente: Censo de Población y vivienda INEGI, 2020.

### Educación

En el año 2020, los grados académicos predominantes de la población de Tulum fueron secundaria (10,100 personas o 32.8%), preparatoria o Bachillerato General (9,340 personas o 30.3%) y primaria (7,340 personas o 23.8%) como se puede observar en la siguiente Figura:

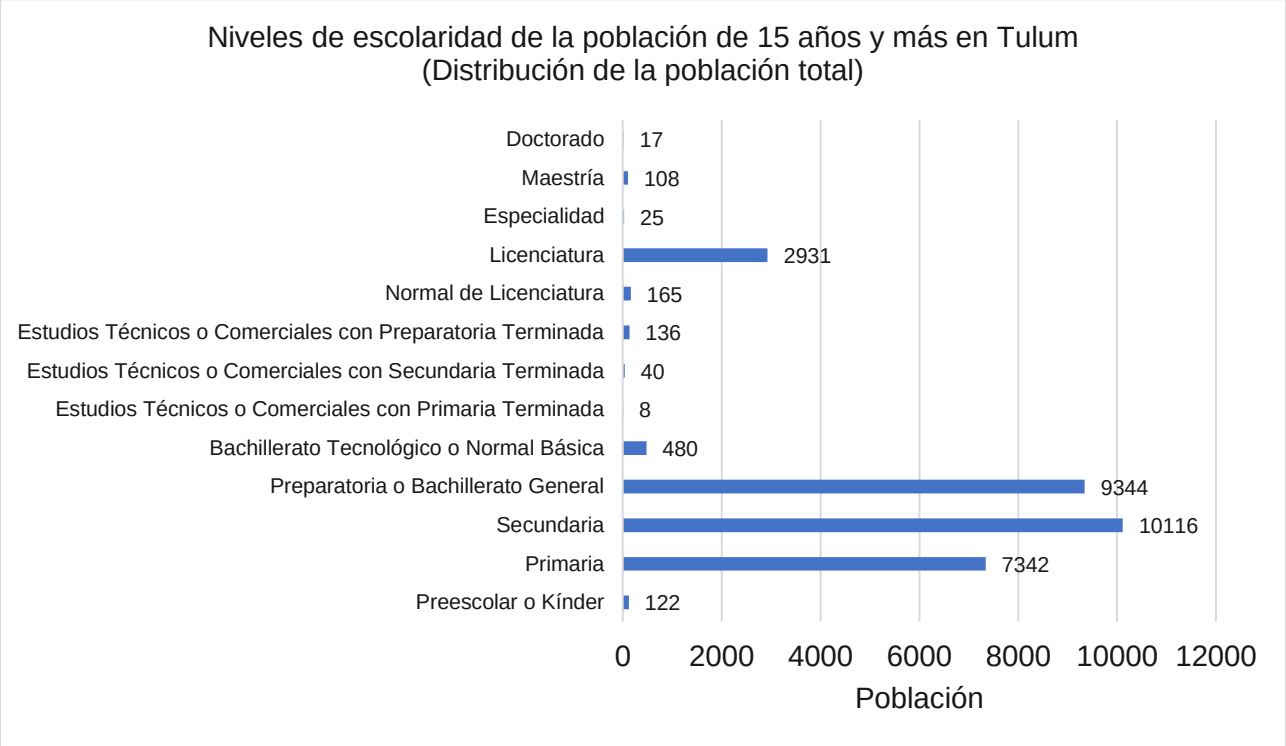



**Figura IV.50.- Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Tulum (distribución de la población total).**

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020.

A su vez, la tasa de analfabetismo promedio en 2020 se registró como del 4.72%, de los cuales el 40.8% corresponde a hombres y el 59.2% a mujeres.

### Vivienda

En 2010, se registró en el Censo de Población y Vivienda de INEGI que la mayoría de las viviendas particulares habitadas en el municipio de Tulum contaba con 1 y 2 cuartos, que corresponde al 38% y 26% respectivamente.

Para el año 2020, las viviendas particulares habitadas con 1 y 2 dormitorios corresponden a 37% y 32% respectivamente, como se puede observar en la siguiente Figura:

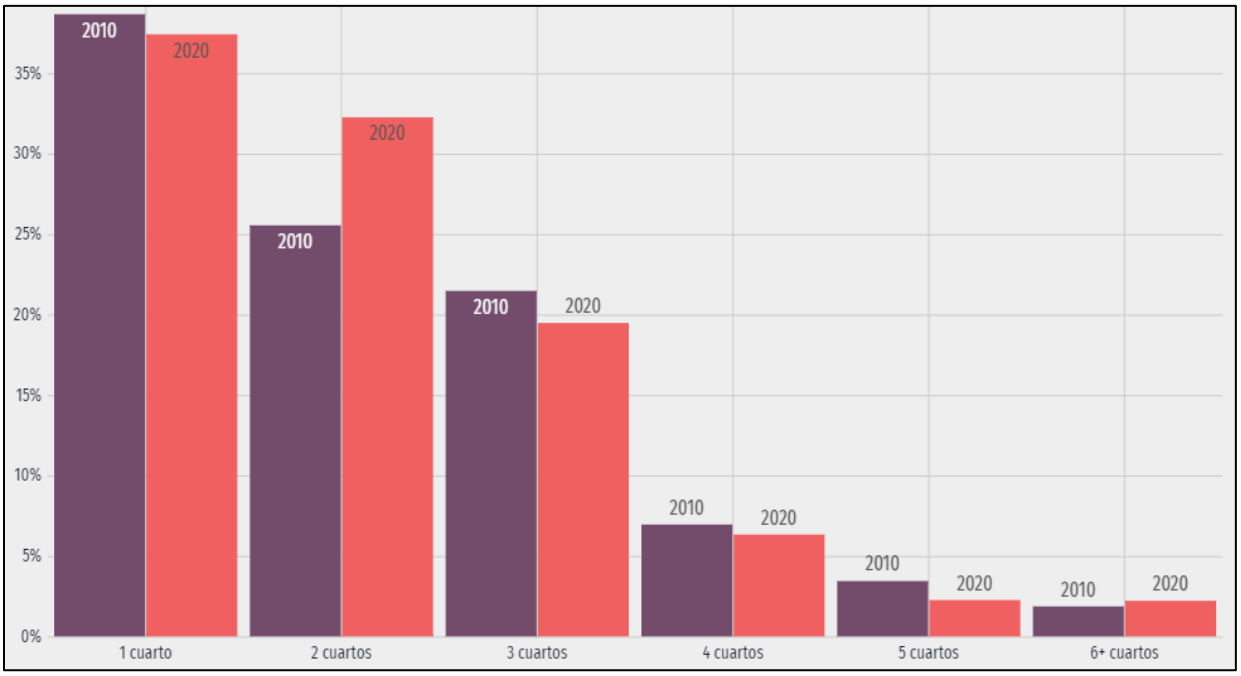



**Figura IV.51.- Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020**.

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2010 y 2020.

Disponibilidad de servicios de comunicación y entretenimiento y de bienes

En cuanto a las viviendas con acceso a internet, en el Censo de Población y Vivienda de INEGI del 2020 se registró que en el municipio de Tulum el 45.1% cuentan con este servicio. Del total, el 27.4% disponen de una computadora y el 87.3% disponen de un celular.

Por otro lado, de los servicios de entretenimiento el 49% de viviendas disponen de televisión de paga, el 14.8% disponen de servicio de películas y el 5.29% disponen de una consola de videojuegos.

El 22.2% de las viviendas del municipio cuentan con horno, el 64.9% disponen de lavadora y el 73.4% disponen de refrigerador, mientras que el 32% poseen un automóvil, el 21.9% de motocicleta y el 51% de bicicleta.

IV.2.2.3.3 Actividades económicas

De acuerdo con los datos del Censo económico de 2019, los sectores económicos que concentraron mayores ingresos totales en Tulum fueron los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas ($4,845 millones de pesos), comercio al por menor ($3,346 millones de pesos) y servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles ($1,275 millones de pesos), como se observa en la siguiente Tabla:

**Tabla IV.79.- Ingreso total y Unidades Económicas según sector económico en 2019 para el municipio de Tulum.**

| Sector | Ingresos totales (mdp) | Unidades Económicas |
|---|---|---|
| Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas | 4,845 | 610 |
| Comercio al por menor | 3,346 | 833 |
| Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles | 1,275 | 56 |
| Comercio al por mayor | 1,272 | 45 |
| Transportes, correos y almacenamiento | 537 | 5 |
| Servicios de apoyo a los negocios, manejo de residuos y desechos y servicios de remediación | 352 | 35 |
| Servicios de esparcimientos culturales, deportivos y otros servicios recreativos | 238 | 54 |
| Otros servicios excepto actividades gubernamentales | 149 | 190 |
| Industrias manufactureras | 92 | 84 |
| Servicios profesionales, científicos y técnicos | 70 | 40 |
| Servicios financieros y de seguros | 53 | 16 |
| Servicios financieros y de seguros | 19 | 16 |
| Servicios de salud y de asistencia social | 16 | 40 |
| Servicios educativos | 5 | 9 |
| Información en medios masivos | 4 | 4 |

Fuente: Censo Económico, 2019

## Sector primario

### Agropecuario, forestal y pesca

Las actividades de agricultura del municipio se desarrollan en la periferia de la ciudad de Tulum y en la zona maya. Dentro del mismo, no existe una gran diversificación de cultivos para comercialización, sino para subsistencia. Por el tipo de clima de la región, la mayoría de los cultivos son de temporal, es decir, dependen de la temporada de lluvias que se presenta de mayo a septiembre.

De manera general, la ganadería se realiza en pequeña escala para autoconsumo. Se compone principalmente por la cría de bovinos, porcinos y aves (gallinas, gallos y pollos). De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo del municipio de Tulum 2011-2013, se cuenta con 10,637 hectáreas con pastos utilizables para la actividad ganadera bovina. La mayoría de la producción ganadera la encabezan los porcinos, que en 2010 presentó una producción total de 189 mil 900 toneladas de carne en canal (que corresponde a 6 millones 457 mil pesos), mientras que la producción de ganado bovino para el mismo año fue de 190 toneladas de carne en canal (que equivale a 2 millones 486 mil pesos).

Otra actividad agropecuaria que se realiza en el municipio es la apicultura, que por su calidad atrae importantes mercados internacionales, exportándose la mayoría de la miel que se produce.

Por otro lado, la zona forestal del municipio cuenta con recursos maderables, de los cuales se distinguen las maderas duras tropicales bajo aprovechamiento forestal selectivo, entre las que se incluye el chicozapote (*Malnikara zapota*)., chechem (*Metopium brownei*), katalox (*Swartzia cubensis*), entre otras. También se explota, en menor medida, la resina del chicozapote para la producción del chicle. El aprovechamiento forestal del municipio es muy escaso en comparación con otros de Quintana Roo.

La pesca comercial para consumo humano es una actividad significativa, que se desarrolla principalmente en Punta Allen. En el año de 2010 se registraron 105 pescadores integrados en dos cooperativas, Tulum y Vigía Chico. De estas, la primera alcanzó una producción de 61.8 toneladas (1.3% del total de la producción pesquera estatal), entre la que se resalta la producción de langosta (30% de la producción estatal).

### Sector secundario

En cuanto a la industria dedicada a la transformación de materias primas, en el municipio solamente se desarrolla la producción de materiales pétreos (3.2% de la producción estatal).

Un sector de importancia para el municipio es el de la construcción, que en el año 2009 presentó una participación del 10.3% de la población a nivel estatal y que es producto de las grandes inversiones públicas y privadas.

### Turismo

En 2010, el sitio arqueológico de Tulum registró 992 mil 964 visitantes, que representa el 59.1% de los visitantes a zonas arqueológicas administradas por el INAH en el estado.

### Desigualdad

El índice y grado de marginación por municipio del estado de Quintana Roo se presenta a continuación, de acuerdo con las estimaciones de CONAPO basadas en el Censo de Población y Vivienda de 2020:

**Tabla IV.80.- Índice y grado de marginación a nivel municipal, 2020.**

| Municipio | Población total | Índice de marginación 2020 | Grado de marginación 2020 |
|---|---|---|---|
| **José María Morelos** | 39,165 | 52.456 | Alto |
| **Felipe Carrillo Puerto** | 83,990 | 52.606 | Medio |
| **Bacalar** | 41,754 | 53.443 | Medio |

| Municipio | Población total | Índice de marginación 2020 | Grado de marginación 2020 |
|---|---|---|---|
| **Lázaro Cárdenas** | 29,171 | 53.552 | Medio |
| **Tulum** | 46,721 | 56.107 | Bajo |
| **Isla Mujeres** | 22,686 | 56.902 | Muy bajo |
| **Othón P. Blanco** | 233,648 | 57.775 | Muy bajo |
| **Puerto Morelos** | 26,921 | 58.209 | Muy bajo |
| **Cozumel** | 88,626 | 58.637 | Muy bajo |
| **Solidaridad** | 333,800 | 59.535 | Muy bajo |
| **Benito Juárez** | 911,503 | 59.673 | Muy bajo |

Fuente: CONAPO, basado en el Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

Seis municipios presentan un grado de marginación “muy bajo”, tres un grado de marginación “medio” y sólo uno presenta un grado de marginación “alto”. En el caso del municipio de Tulum, se considera que presenta un grado de marginación bajo. De acuerdo con los indicadores sociodemográficos del índice de marginación por municipio, Tulum es el quinto municipio del estado de Quintana Roo con el mayor número de población de 15 años o más en condiciones de analfabetismo y el sexto con mayor porcentaje de población sin educación básica. En cuanto a ingresos, Tulum concentra el mayor porcentaje de la población ocupada que subsiste con menos de dos salarios mínimos al día.

**Tabla IV.81.- Indicadores sociodemográficos de educación a nivel municipal, 2020.**

| Municipio | Población total | % Población de 15 años o más analfabeta | % Población de 15 años o más sin educación básica | % Población ocupada con ingresos menores a 2 salarios mínimos |
|---|---|---|---|---|
| **José María Morelos** | 39,165 | 10.19 | 37.26 | 85.59 |
| **Felipe Carrillo Puerto** | 83,990 | 9.93 | 34.59 | 83.69 |
| **Bacalar** | 41,754 | 11.12 | 41.67 | 79.55 |
| **Lázaro Cárdenas** | 29,171 | 7.98 | 35.84. | 79.01 |
| **Tulum** | 46,721 | 4.74 | 29.67 | 51.26 |
| **Isla Mujeres** | 22,686 | 3.26 | 31.52 | 56.79 |
| **Othón P. Blanco** | 233,648 | 4.08 | 24.62 | 69.30 |
| **Puerto Morelos** | 26,921 | 3.53 | 23.82 | 66.55 |
| **Cozumel** | 88,626 | 2.64 | 21.26 | 65.54 |
| **Solidaridad** | 333,800 | 1.73 | 17.73 | 51.48 |
| **Benito Juárez** | 911,503 | 1.87 | 20.37 | 51.63 |

Fuente: CONAPO, basado en el Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

Otra de las variables para medir la pobreza y marginación son las condiciones de la vivienda. En la siguiente tabla, se observa que Tulum es el cuarto municipio con el mayor porcentaje de

ocupantes de viviendas sin drenaje o escusado, sin agua entubada y con algún nivel de hacinamiento. Es el tercero en viviendas sin energía eléctrica, el segundo con el mayor porcentaje de viviendas con piso de tierra y el quinto con el mayor porcentaje de población que habita en localidades de menos de 5 mil habitantes:

**Tabla IV.82.- Indicadores sociodemográficos de vivienda a nivel municipal.**

| Municipio | Población total | % Ocupantes en viviendas sin drenaje ni escusado | % Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica | % Ocupantes en viviendas sin agua entubada | % Ocupantes en viviendas con piso de tierra | % Viviendas con algún nivel de hacinamiento | % Población en localidades con menos de 5000 habitantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **José María Morelos** | 39,165 | 10.99 | 2.22 | 3.13 | 6.78 | 43.90 | 65.96 |
| **Felipe Carrillo Puerto** | 83,990 | 9.85 | 2.38 | 2.30 | 10.17 | 46.38 | 57.16 |
| **Lázaro Cárdenas** | 29,171 | 6.83 | 2.72 | 2.88 | 4.11 | 42.72 | 72.11 |
| **Tulum** | 46,721 | 3.64 | 2.46 | 2.85 | 7.43 | 43.24 | 28.57 |
| **Isla Mujeres** | 22,686 | 0.41 | 2.37 | 6.02 | 3.23 | 39.38 | 12.54 |
| **Othón P. Blanco** | 233,648 | 0.76 | 0.94 | 1.77 | 2.59 | 24.32 | 25.28 |
| **Cozumel** | 88,626 | 0.16 | 0.34 | 0.46 | 0.77 | 31.78 | 4.63 |
| **Solidaridad** | 333,800 | 0.27 | 0.82 | 1.13 | 1.60 | 24.26 | 1.79 |
| **Benito Juárez** | 911,503 | 0.06 | 0.36 | 1.61 | 1.38 | 22.35 | 0.32 |

Fuente: CONAPO, basado en el Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

### IV.2.2.4 Paisaje

La primera aproximación sobre la conformación paisajística del territorio correspondiente al Sistema Ambiental Regional del proyecto Rancho San Juan permite reconocer el predominio de terrenos planos y semi ondulados en clima cálido subhúmedo, con presencia de vegetación predominante y de alto valor ambiental, como los son los palmares, los manglares y las dunas costeras. En tanto que para conocer la estructura y el funcionamiento del medio físico-biótico se requiere del análisis de los componentes naturales y sus relaciones, lo que permitirá comprender los principios fundamentales de los procesos naturales del territorio en cuestión, cuyas manifestaciones ambientales más evidentes son la presencia de determinados ecosistemas y la abundancia o escasez de ciertos recursos naturales.

El objetivo de este apartado es identificar y conocer la estructura y composición de los paisajes naturales, entendidos como unidades naturales organizadas de manera jerárquica. El estudio del territorio bajo la perspectiva de paisajes implica el análisis y la síntesis de su estructura, lo que conlleva a la comprensión integral de su funcionamiento. Por otro lado, la caracterización de los

paisajes naturales proporcionara información básica sobre la organización y configuración del medio natural con el que, de una u otra forma, interactúa la sociedad contigua al SAR del Rancho San Juan.

#### IV.2.2.4.1 Área de Estudio

El área geográfica del levantamiento cartográfico de los paisajes naturales corresponde al territorio del proyecto Rancho San Juan, que ocupa una superficie de 24.31 hectáreas, ubicado en el municipio Tulum, Qroo., sobre una porción del litoral del municipio, en contacto con la Laguna Catoche (al oeste) y el Mar Caribe (al este). Este territorio se puede considerar de origen geológico reciente, puesto que la formación de su estructura estratigráfica predominante sucedió durante el periodo cuaternario (era Cenozoica). Predomina en su territorio alargado norte-sur una planicie costera, con la presencia de colinas pequeñas de poca disección vertical, con aturas máximas de 9 m sobre el nivel de mar, constituidas de depósitos de litoral del Holoceno (Qholi), que consisten en arena de bioclastos de coral, espículas de equinodermos, gasterópodos, ostrácodos, pelecípodos y esponjas. Por su edad de formación y por el tipo de material litológico predominante el territorio es susceptible a deformaciones derivadas de movimientos tectónicos y a la acción de los procesos denudativos. De este modo, la configuración de relieve del proyecto Rancho San Juan se distingue por el predominio de un territorio plano, muy ligeramente ondulado, característico de litoral de México.

El clima predominante del territorio del proyecto San Juan-Tulum es el cálido subhúmedo, con lluvias de verano Aw2(x'), con temperatura media anual de 22° C y temperatura media del mes más frío de 18° C. Este clima corresponde al más húmedo de los subhúmedos. En cuanto al componente edáfico, según el INEGI (2013), en la totalidad del terreno bajo estudio predomina el suelo arenosol calcárico (ARcahso/1), típico suelo arenoso de las zonas tropicales muy lluviosas del sureste de México, de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. Este tipo se suelos se caracterizan por ser ricos en cal y nutrientes de plantas, además de tener una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes (INEGI, 2004).

#### IV.2.2.4.2 Enfoque, materiales y metodología

Para la identificación y comprensión de los paisajes naturales del territorio del proyecto Rancho San Juan se aplicó el enfoque geoecológico de la ecología del paisaje reconocido como Geografía Física-Compleja. La virtud de este enfoque estriba en que su interés se centra en el estudio de problemas relacionados con la estructura y composición de los complejos naturales observables en la superficie terrestre (Mateo, 1984; Moss, 2001). Los supuestos de los que parte para examinar un territorio determinado se derivan de las propias peculiaridades del objeto de estudio: A) Cada Complejo Territorial Natural (CTN) “es un complejo completo de cinco miembros

[estructura rocosa, aire, agua, suelo, organismos vivos], que surge a causa de la estrecha interacción de cada uno de los miembros. B) “La capacidad de los CTN de formar una estructura espacial de diferente complejidad y de diverso nivel sistemático” (Mateo, 1984).

Esta perspectiva resalta el papel de las relaciones entre los componentes (miembros) como las fuerzas que determinan la complejidad y el rango taxonómico de cada CTN, “así como las interrelaciones entre estos, su interdistribución y disposición espacial” (Priego et al., 2004). Por lo tanto, brinda los elementos teórico-conceptuales y una base metodológica para el análisis integral y dinámico de la naturaleza, lo que implica la consideración de los “principios estructuro-genéticos e histórico-evolutivos de la geosfera” y las transformaciones causadas por las actividades humanas (Mateo, 1984; Mateo y Ortiz, 2001; Priego et al., 2004).

Conforme a los supuestos de la Geografía Física-Compleja, el paisaje o CTN es “la asociación de objetos y fenómenos naturales intercondicionados e interrelacionados que se presentan frente a nosotros bajo la forma de complejos geográficos de diferente rango taxonómico, formados históricamente y que se desarrollan permanentemente” (Milkov, 1967, citado en Mateo, 1984). La observación de un complejo geográfico, en un momento dado, implica el reconocimiento de una unidad territorial cuya especificidad resulta de la acción conjunta de sus fenómenos, así como de su ubicación geográfica relativa, a su interior y al exterior, por lo tanto, “se distingue de otros por fronteras geográficas y naturales” (Troll, 2003).

Por otra parte, Bertrand (2002) considera que el paisaje es el resultado “de la combinación dinámica y, por lo tanto, inestable, de elementos físicos, biológicos y antrópicos que interactuando dialécticamente los unos con los otros hacen del paisaje un conjunto único e indisociable en continua evolución”. La interacción dialéctica entre los componentes, imprime el carácter único de los CTN, lo que permite abordarlos como sistemas dinámicos con límites territoriales (Mateo, 1984; Mateo, 2002).

Asimismo, la guía para la formulación de una manifestación de impacto ambiental de la SEMARNAT plantea que el paisaje debe considerarse como un componente del medio ambiente físico (biótico y abiótico) y su valoración deberá sustentarse en dos aspectos fundamentales: 1) el paisaje como elemento perceptual, aglutinador de toda una serie de características del medio físico y 2) el efecto negativo o positivo que podría generar el desarrollo del proyecto bajo un contexto determinado.

Aunque se reconoce la diversidad de construcciones conceptuales desde diferentes enfoques del término paisaje, en este trabajo se asumieron las propuestas de los autores citados, puesto que contribuirán, de manera significativa, a la identificación y caracterización de los paisajes presentes en el Territorio del proyecto Rancho San Juan.

#### IV.2.2.4.2.1 Materiales

Para el levantamiento de los paisajes del territorio del proyecto Rancho San Juan se utilizaron los siguientes insumos cartográficos digitales: 1. Curvas de nivel levantadas a cada metro, obtenidas del levantamiento topográfico realizado en campo; 2. Carta geológica-minera, escala 1:250,000, generada por el Servicio Geológico Mexicano (2006); 3. Carta edafológica Serie II, escala 1:250,000, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013); 4. Carta climática, escala 1:1 000 000, elaborada por García y CONABIO (1998); y 5. Mapa de vegetación y uso del suelo, con levantamiento a gran escala (2022), sobre la base de un mosaico de imágenes con resolución espacial de 50 centímetros. Este mosaico también se utilizó para la definición a detalle del límite del área bajo estudio.

Los cinco insumos cartográficos se estandarizaron y se ajustaron a los límites del territorio del proyecto Rancho San Juan, con el fin de constituir un banco de información geográfica específico para de facilitar la manipulación y el análisis espacial requerido para el levantamiento cartográfico de los paisajes naturales. En tanto que el software SIG utilizado para la aplicación del análisis espacial fue ArcMap, versión 10.5.

A partir de los insumos mencionados se obtuvieron las variables cartográficas, parámetros representativos de los componentes del medio físico-biótico, necesarios para el levantamiento de los paisajes naturales del territorio del proyecto Rancho San Juan. Al realizar el levantamiento de los paisajes con base en información cartográfica, el resultado se considera como una propuesta hipotética, de los paisajes presentes pues, para asumir como cercanos a la realidad los resultados, depende en gran medida de la precisión y calidad de la información utilizada, así como de las implicaciones derivadas de la manipulación de la misma.

#### IV.2.2.4.2.2 Metodología

Una vez obtenidos los mapas temáticos representativos de los componentes y elementos de la estructura territorial del Rancho San Juan, se procedió al levantamiento o delimitación de la hipótesis cartográfica de los paisajes naturales. Esta forma de realizar el levantamiento de paisajes implicó la práctica del análisis espacial como a continuación se describe:

1. La preparación cartográfica de los parámetros territoriales (mapas temáticos), antes descrita, se realizó según los principios del enfoque integral de paisajes que, en términos metodológicos, consistió en la selección y ordenación de los datos geográficos. En este sentido, la clasificación temática significó una primera aproximación para la identificación de los paisajes naturales, puesto que la conformación de categorías como medio de

generalización e identificación de regularidades espaciales, refleja la comprensión de los paisajes como hechos que forman parte de una unidad territorial coherente, estructurada, contigua y diversa (en cuanto a sus formas), donde se "combinan la naturaleza, la economía y la sociedad [⋯]" (Mateo, 1984:66).

2. El levantamiento de los paisajes naturales consistió en la identificación y delimitación de entidades territoriales, así como en la clasificación jerárquica de éstas, bajo los principios histórico-evolutivos y estructuro-genético propuestos por Mateo (*Ibid*.). De acuerdo con estos principios, los componentes naturales del territorio "co-evolucionan en el espacio y tiempo" gracias a la acción de procesos internos y externos que, a la vez, dan origen a las formas de la superficie terrestre, por lo que "todas las entidades geográficas poseen una determinada estructura y todas son consecuencia de un definido proceso genético" (Hernández et al., 2006).

Desde esta perspectiva integral, en el levantamiento de los paisajes naturales, como proceso cognoscitivo del territorio bajo estudio, las relaciones entre los componentes naturales tienen un significado fundamental. En este sentido, la identificación y la clasificación jerárquica de los paisajes se sustentaron en el análisis de las correlaciones espaciales dadas entre los componentes naturales del territorio.

#### IV.2.2.4.3 Resultados

El levantamiento cartográfico de los paisajes se realizó bajo el esquema integral de componentes naturales de la siguiente figura. Para la definición y clasificación de los paisajes, apoyados en herramientas SIG, se consideraron los criterios cartográficos desarrollados por Priego (2004).

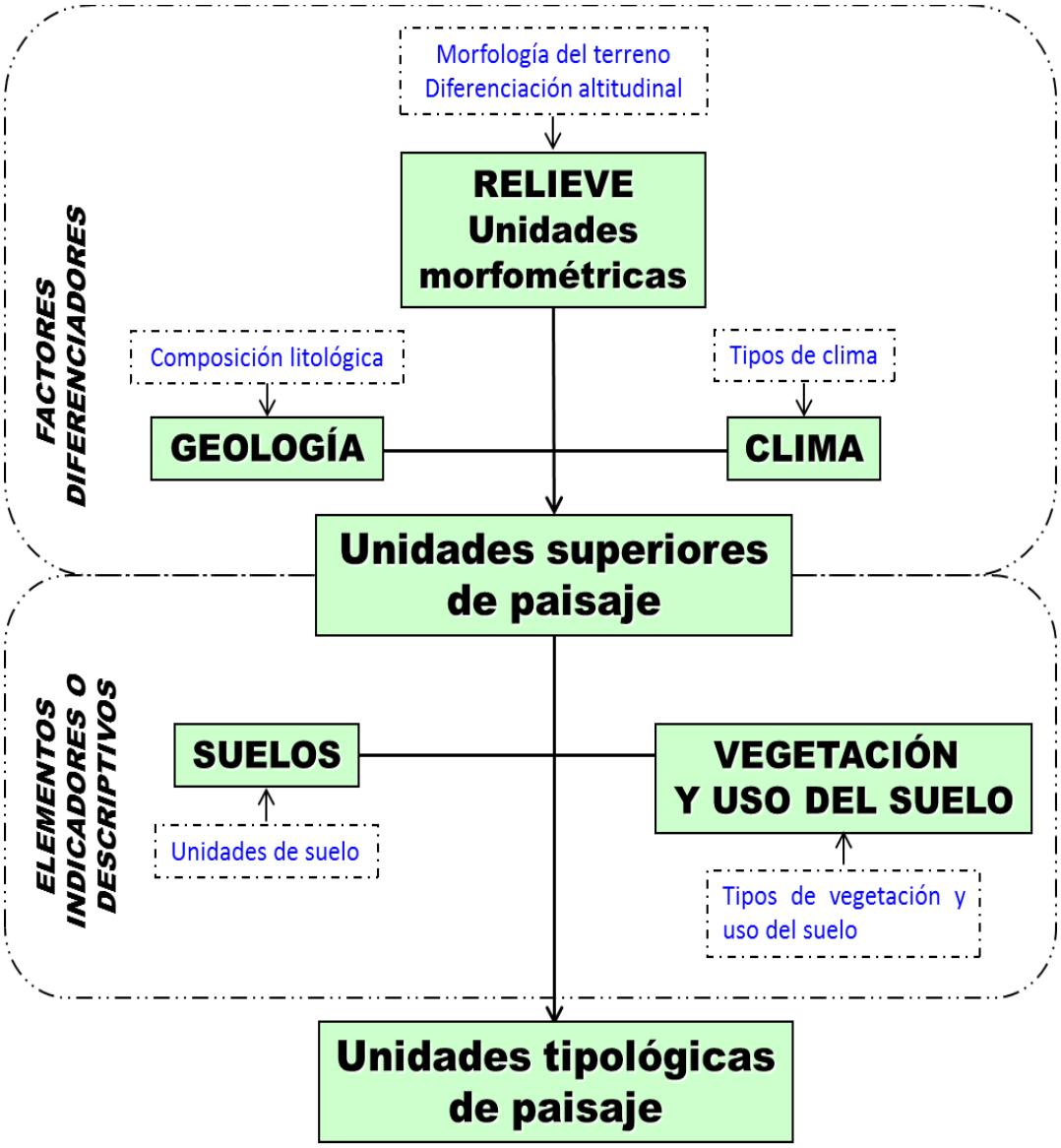



**Figura IV.52.- Esquema integral de componentes naturales**

La clasificación tipológica de los paisajes fue producto del análisis de las discontinuidades de los componentes naturales en sentido vertical, bajo los principios de clasificación histórico-evolutivo y estructural. Por lo tanto, la delimitación espacial de los paisajes naturales se realizó en función de la diferenciación geólogo-geomorfológica e hidroclimática; mientras que la caracterización de los paisajes resultantes se hizo a partir de la asociación edafo-biógena A continuación se presentan los pasos metodológicos fundamentales llevados a cabo, a través de dos etapas.

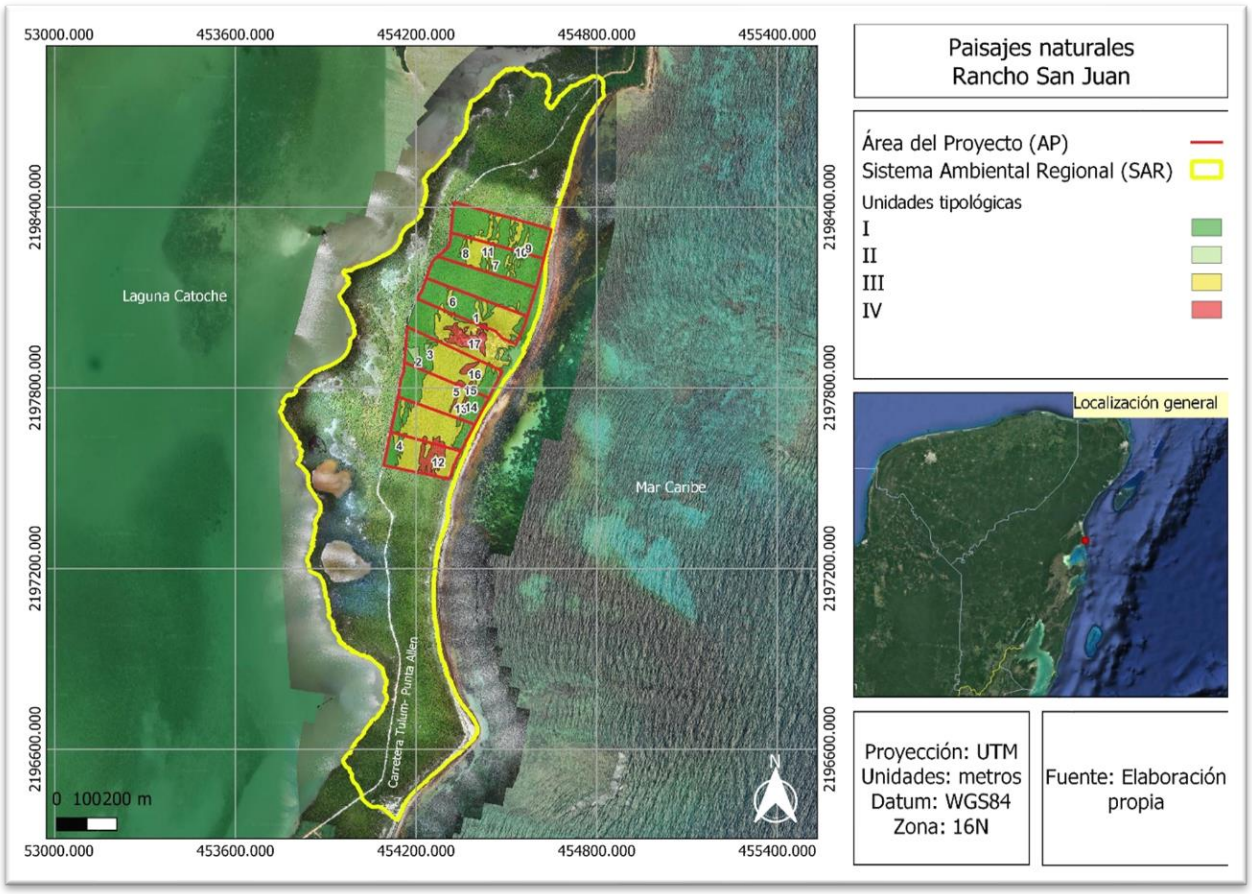
*Primera etapa. Diferenciación físico- geográfica*

1. Diferenciación de las unidades de relieve a partir del mapa de curvas de nivel a cada metro.
2. Identificación del basamento litológico de las unidades de relieve, a través de la superposición de los mapas de unidades de relieve y litológico.
3. Identificación y agrupación de las entidades correspondientes a las unidades de relieve por semejanza de su basamento litológico. Las unidades de relieve se agruparon a partir de la semejanza en cuanto a la composición mineralógica predominante o por su forma de acarreo y depósito (sedimentarias). De este paso se obtuvo el mapa morfolitológico.
4. Determinación del clima correspondiente a las unidades de relieve y basamento litológico, a través de la superposición de los mapas morfolitológico y climas. En este paso quedaron constituidas las unidades superiores de paisaje

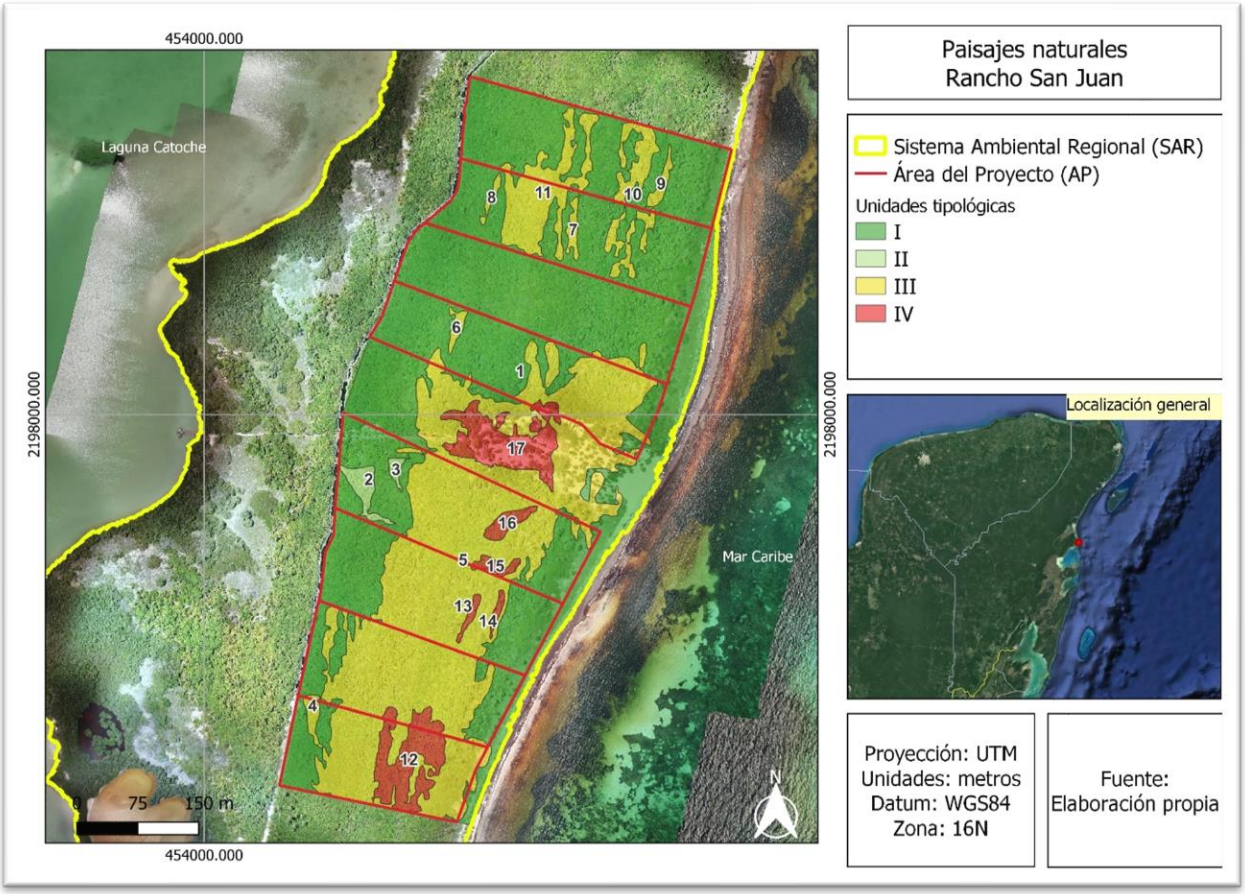
*Segunda etapa. Caracterización físico-geográfica*

5. Caracterización de las unidades superiores de paisaje, a partir de las unidades de suelo dominantes, a partir de la superposición de los mapas morfolitoclimático y unidades del suelo predominantes.
6. Caracterización unidades superiores de paisaje, a partir de los tipos de vegetación y usos del suelo, a partir de la superposición de los mapas morfolitoclimático y vegetación y uso del suelo.

Con la consecución seriada de estos seis pasos quedó constituido el mapa de las unidades tipológicas de los paisajes naturales del territorio del proyecto Rancho San Juan. A continuación, se presenta el mapa, con su leyenda correspondiente:




**Mapa IV.32.- Paisajes naturales bajo el contexto geográfico del SAR.**




**Mapa IV.33.- Paisajes naturales bajo contexto geográfico del Área del Proyecto.**

**Tabla IV.83.- Inventario de sus componentes geólogo-geomorfológico, hidro-climático y biótico**

| Unidad tipológica | Unidad de paisaje | Condición del relieve | Litología | Clima | Suelo predominante | Vegetación / uso del suelo | Área (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1 | Plano | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit y vegetación de dunas costeras | 16.82 |
| II | 2 | Plano débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.16 |
| II | 3 | Plano débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.04 |
| III | 4 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.08 |

| Unidad tipológica | Unidad de paisaje | Condición del relieve | Litología | Clima | Suelo predominante | Vegetación / uso del suelo | Área (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| III | 5 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 9.53 |
| III | 6 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.06 |
| III | 7 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.07 |
| III | 8 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.04 |
| III | 9 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.08 |
| III | 10 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.45 |
| III | 11 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.89 |
| III | 12 | Ondulado débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.68 |
| IV | 13 | Colinoso débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.05 |
| IV | 14 | Colinoso débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.04 |
| IV | 15 | Colinoso débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.07 |
| IV | 16 | Colinoso débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Selva con palmar de Chit | 0.12 |
| IV | 17 | Colinoso débilmente diseccionado | Sedimentos del litoral (Qholi) | Cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw2(x') | Arenosol calcárico (ARcahso/1) | Asentamiento humano | 0.77 |

IV.2.2.4.4 Discusión de resultados

Como se puede observar en el los mapas anteriores, los paisajes naturales del territorio del proyecto Rancho San Juan se dividen en 4 unidades tipológicas, todas con homogeneidad en sus elementos de diferenciación litología y clima y divididas por su condición del relieve, en territorio: plano, plano débilmente diseccionado, ondulado débilmente diseccionado y colinoso débilmente diseccionado.

La unidad tipológica que predomina es la I, con una superficie de 13.82 ha, correspondiente al 56.2% de la superficie total del territorio analizado, su distribución está presente en una franja al oriente, en contacto con la línea de costa, otra franja al poniente y una más al norte. En cuanto al número de unidades de paisaje que la constituyen, sólo la número 1 está presente en esta, definida como: relieve plano, constituido por sedimentos de litoral, en clima cálido húmedo, con lluvias de verano, con vegetación de palmar y de dunas costeras sobre suelo arenosol calcárico.

La unidad tipológica III, ocupa una superficie de 11.89 ha (39.7% del territorio), distribuida principalmente al norte, con una porción pequeña al sur, ambas envueltas por la unidad tipológica I. Son 9 unidades de paisaje (de la 4 a la 12) las que la conforman, siendo la de mayor extensión la número 5, con una superficie de 9.53 ha. Las otras 8 unidades de paisaje tienen una superficie menos a 1 ha y en conjunto suman 2.35 ha.

En tanto que la unidad tipológica IV está conformada por 5 unidades de paisaje (de la 13 a la 17) y en conjunto suman 1.04 ha. Las 5 unidades de paisaje de encuentran distribuidas al interior de la unidad tipológica III en la zona norte del territorio, siendo las de mayor tamaño las unidades 17 y 12, con superficies de 0.76 y 0.68 ha efectivamente.

Finalmente, la unidad tipológica menos representada en el territorio es la II, con una superficie total de 0.2 ha y constituida por las unidades de paisaje 2 y 3.

IV.2.2.4.5 Fragilidad visual de los paisajes naturales

Una vez concluido el levantamiento cartográfico de los paisajes naturales del Rancho San Juan se realizó la valoración de su fragilidad visual, esto a partir de tres indicadores: visibilidad, calidad y fragilidad de los paisajes naturales, que de algún modo se suman o valoran cuantitativamente las cualidades físico-bióticas descritas en la tabla del Inventario de sus componentes geólogo-geomorfológico, hidro-climático y biótico.

Se considera que la identificación y caracterización de los paisajes naturales revelan las propiedades intrínsecas del terreno ocupado por cada unidad de paisaje, por lo tanto, para llevar a cabo la valoración de su fragilidad visual el análisis se realiza con tres indicadores, dos relativos

a la fragilidad propiamente de cada unidad de paisaje, pendiente del terreno y vegetación y uso del suelo, y otro considerado como factor de visibilidad externa o adquirida, medido éste a través del índice de accesibilidad. A continuación, se describe cada uno de ellos.

1. **Visibilidad**: Entendida como una porción del territorio que puede apreciarse a la distancia desde un punto geográfico determinado. Este indicador morfométrico se puede obtener mediante el análisis espacial de datos geográficos relacionados con topografía del terreno, obtenidos de los modelos digitales de elevación, como lo son la altitud, la orientación del relieve y la inclinación de la pendiente del terreno. Mismos que pueden calibrarse con otros indicadores morfométricos como la altura del dosel de la vegetación, generados con modelos digitales de superficie, y la densidad de esta, medida a través de imágenes de satélite u ortofotos.

   En dependencia del tamaño del espacio geográfico analizado, in índice de la visibilidad de los paisajes naturales puede calcularse sobre la base de los modelos digitales del terreno o de superficie, a las resoluciones espaciales de 5, 15, 30 y 100 metros, en la mayoría de los casos, acorde con la disponibilidad de información con la que cuenta el INEGI, con apoyo en herramientas de análisis espacial de los programas de cómputo para SIG; o bien, de manera manual en áreas geográficas pequeñas, interpretando la información cartográfica con la que se cuente; por ejemplo, levantamientos topográficos y de ortofotos del terreno.

2. **Calidad paisajística**: Su constitución considera tres aspectos de la percepción visual: las características intrínsecas del terreno, la calidad visual del entorno inmediato y la calidad del fondo escénico. El primero está definido por las formas y dimensiones de los elementos que conforman el terreno, así como los tipos de cobertura vegetal (selva, manglar, bosque templado, etc.), los ríos y cuerpos de agua presentes en este. El segundo se refiere a la percepción a la distancia (entre 500 y 1,000 metros) de los componentes o elementos que conforman el terreno, como lo son las topoformas del relieve (llanuras, planicies, colinas, lomeríos y montañas) y su constitución litológica (tipos de roca), así como grandes masas de agua (lagos, lagunas, ríos, cascadas y mares. La identificación de la calidad paisajística puede obtenerse mediante el análisis de información cartográfica digital, así como por un vasto conocimiento obtenido mediante observaciones de campo.

3. **Fragilidad de los paisajes naturales:** Es la capacidad que tiene un espacio para expresar el deterioro territorial como consecuencia de la actividad antrópica que se efectúa en una región observada (Castillo, B, 2004). En tanto que la fragilidad intrínseca se forma de la interacción de componentes que expresan la vulnerabilidad de un territorio a sufrir transformaciones de tres tipos: 1. Biofísicas (relieve, suelo, vegetación, etc,); 2. Morfológicas, referidas a la altura relativa, así como el tamaño y la forma de la cuenca visual, entendida como el conjunto de elementos del paisaje en la línea de visión del observador desde un

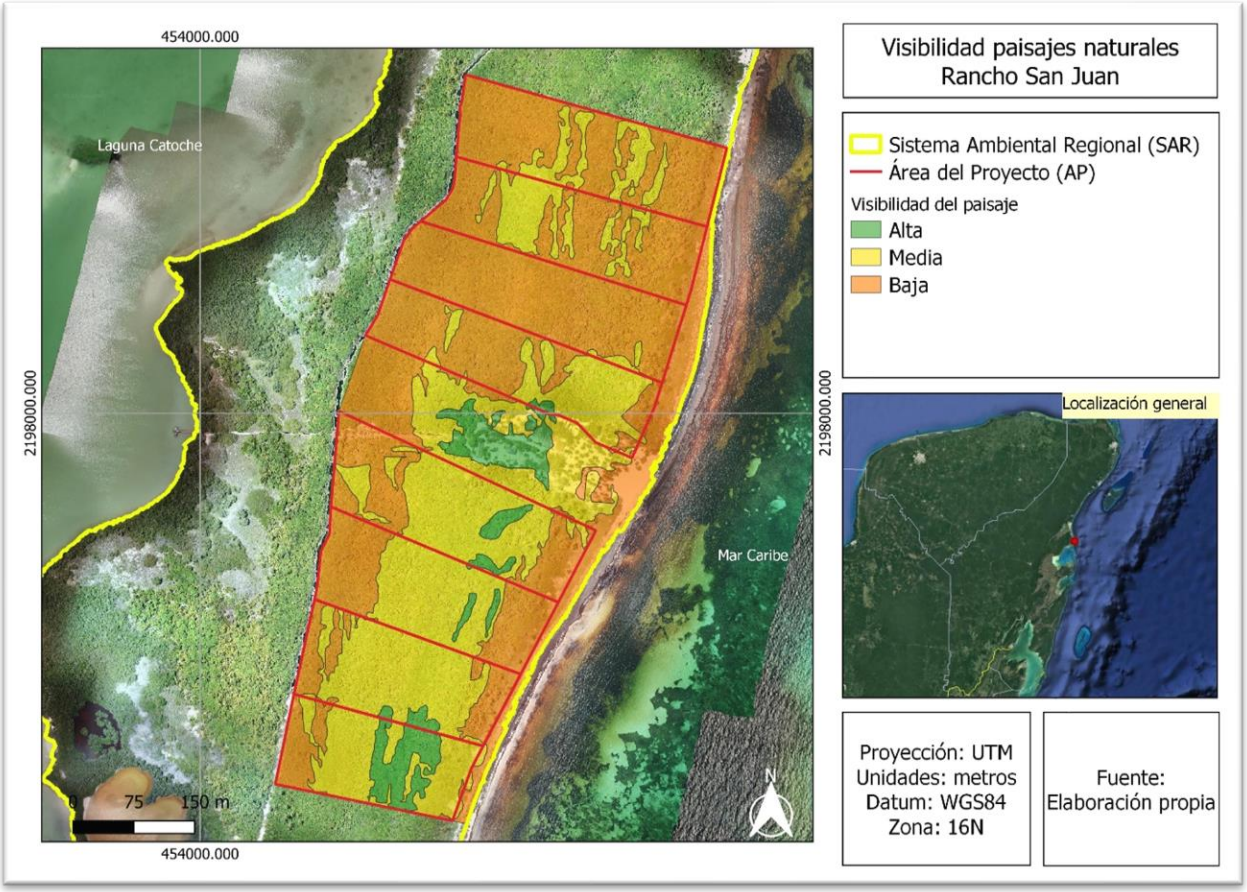
punto de terreno determinado; e 3. Histórico-culturales, como la constitución de vías de comunicación y la frecuencia de la presencia humana. No es lo mismo un paisaje prácticamente con pocos o nulos observadores que uno muy frecuentado.

“Está claro que la evaluación el impacto en el medio percibido enfrenta algunos problemas, como lo son: i) la falta de acuerdo sobre la definición y los criterios de calidad visual; ii) dificultades en alcanzar comunicaciones efectivas entre profesionales, actividades de proyectos, y entre el público en lo relacionado con aspectos estéticos; iii) necesidad de presentar las variaciones estacionales en la calidad de los paisajes; iv) limitada cantidad de profesionales experimentados, y v) la diversidad de opiniones derivadas de percepciones acordes a intereses particulares en relación a lo que debe entenderse como “paisaje estéticamente placentero” (SEMARNAT. 2010). Por tal razón, el presente estudio tuvo como base el levantamiento de los paisajes naturales metodología reconocida y experimentada, aplicando criterios bien definidos para garantizar su caracterización sistémica.

Bajo el contexto de la conceptualización señalada de los tres indicadores se procedió a su constitución y expresión cartográfica, teniendo como unidad de análisis al mapa de los paisajes naturales del Rancho San Juan.

#### IV.2.2.4.5.1 Visibilidad de los paisajes naturales

El siguiente mapa se construyó bajo la consideración de los indicadores altitud y altura del dosel. Los datos del primero se obtuvieron de un levantamiento topográfico y el segundo del análisis de una ortofoto del Área del Proyecto. La calibración del indicador de la visibilidad se realizó con el conocimiento experto, así como el generado durante las distintas visitas de campo en el Rancho San Juan. El indicador de la visibilidad de los paisajes quedó constituido en tres clases: alta media y baja. La clase alta correspondió a las unidades de paisaje de la 12 a la 17, con una altitud de 12 metros y más, con vegetación predominante de selva con palmar, ocupando una superficie de 1.7 hectáreas; La clase media se distribuye en las unidades de paisaje de la 2 a la 11, ocupando una superficie total de 11.4 hectáreas, con una altitud de 10 metros y cubiertas por selva con palmar de Chit. En tanto que a la clase baja pertenece la unidad de paisaje número uno, distribuida el 16.5 hectáreas sobre la planicie costera, predominando la vegetación de selva con palmar, así como una franja de dunas costeras a lo largo de la línea de costa.

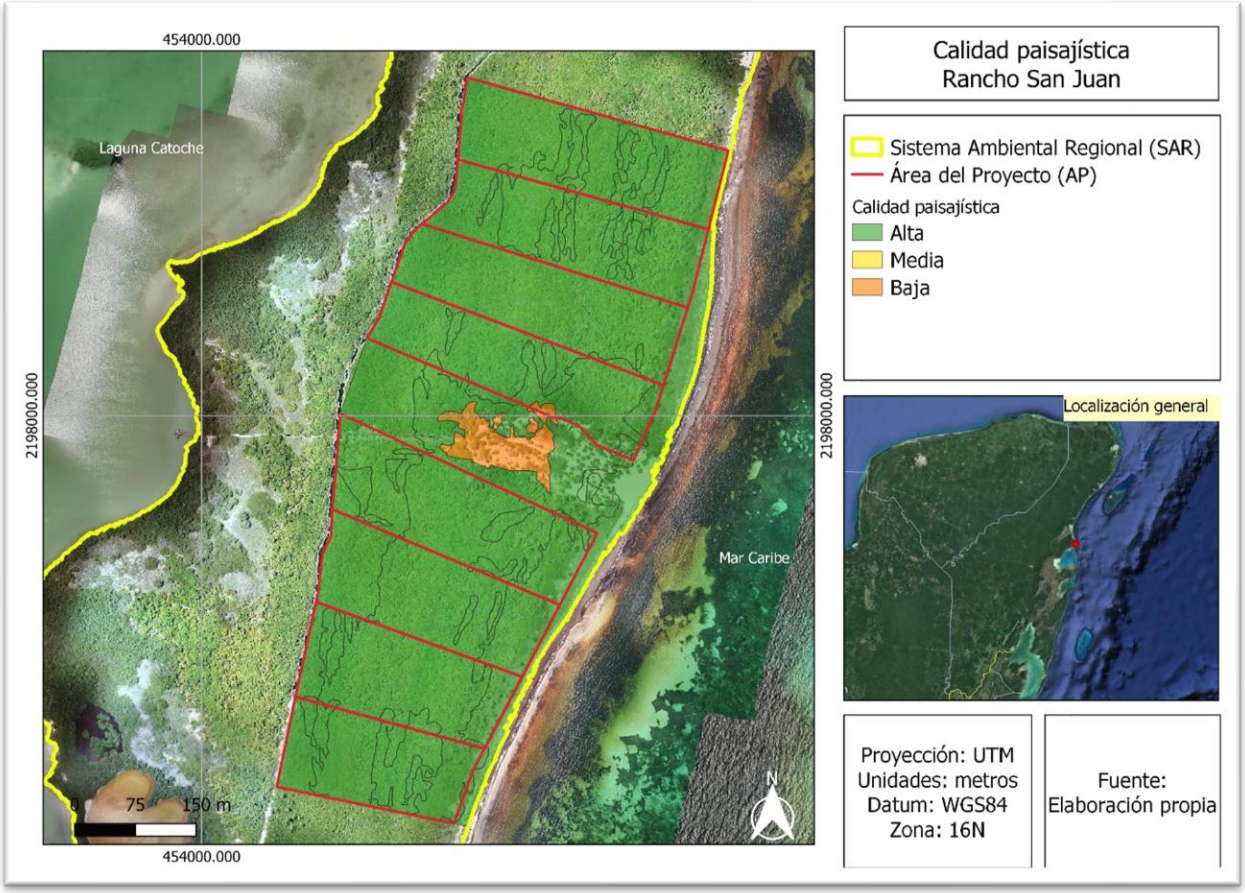



**Mapa IV.34.- Visibilidad de los paisajes naturales.**

IV.2.2.4.5.2 Calidad paisajística

La elaboración de este indicador, como se puede observar en el siguiente mapa, tuvo su mayor peso en la identificación de la vegetación y el uso del suelo, apoyada mediante el análisis de la ortofoto digital del terreno, con la que fue posible identificar los distintos tipos de cobertura vegetal presentes en el Área del Proyecto.

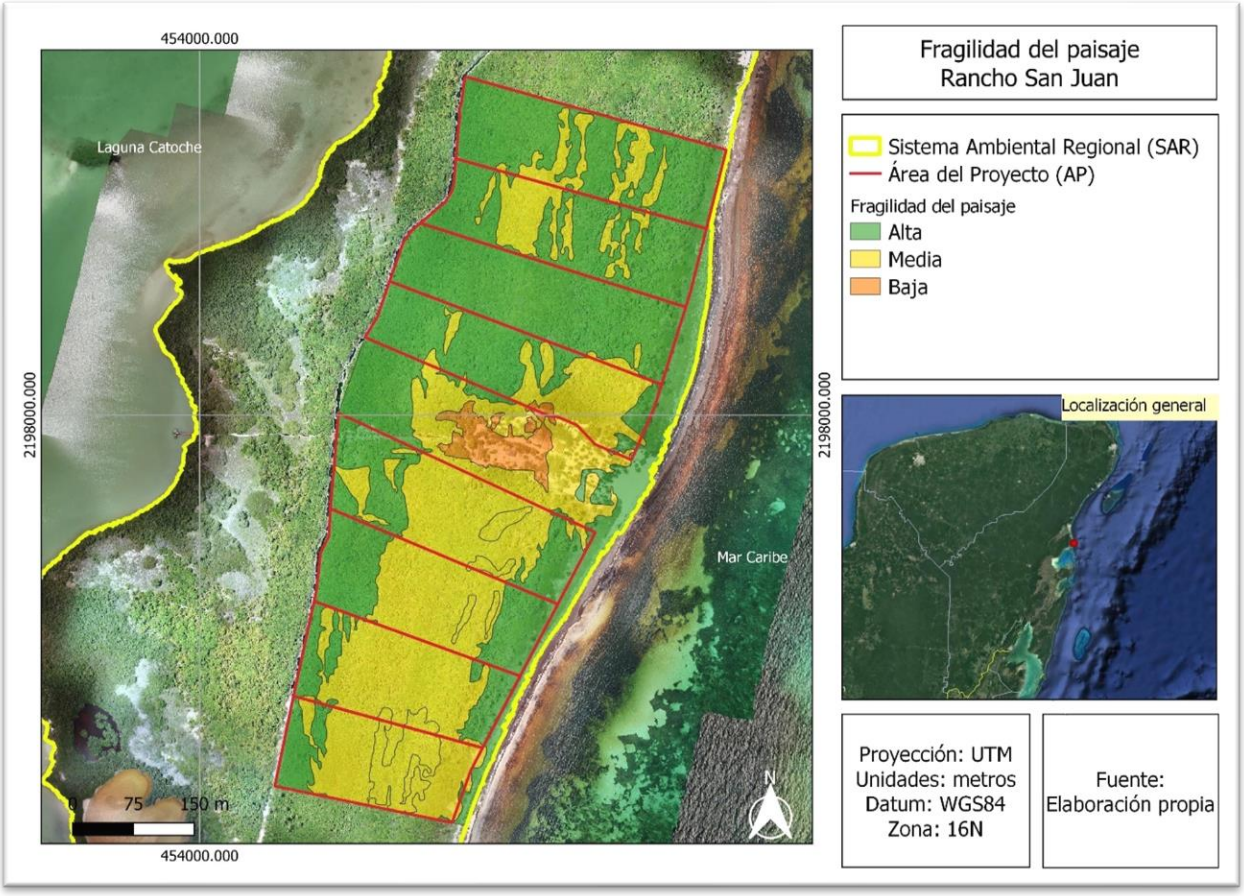
También fue necesaria la aplicación del conocimiento acumulado en las distintas inspecciones de campo. Dada la homogeneidad de la cobertura vegetal en la que en el Rancho San Juan predomina la selva con palmar y las dunas costeras. Así que el mapa de la calidad paisajística quedó dividido en dos clases: baja, en la unidad de paisaje número 17, con presencia de un asentamiento humano, ocupando una superficie de 0.76 hectáreas. En tanto que la clase alta se asignó al resto de las unidades de paisaje, que ocupan 28.9 hectáreas, en las que predomina la vegetación de palmar y una pequeña franja de dunas en la línea de costa de la unidad de paisaje número 17.




**Mapa IV.35.- Calidad paisajística**

IV.2.2.4.5.3 La fragilidad de los paisajes naturales

El cálculo de este indicador se realizó considerando el componente biofísico del Área del Proyecto, analizando la altimetría de las formas del relieve y la cobertura del terreno, bajo la premisa que la vegetación en zonas bajas presenta mayor fragilidad que las distribuidas áreas de mayor altura. La unidad de paisaje con fragilidad alta fue el número uno, distribuida en una superficie de 16.5 hectáreas, constituida por selvas con palmar y dunas costeras distribuidas a lo largo de la línea de costa. La clase media se asignó a las unidades de paisaje del número 2 a la 16, sumando una superficie de 12.3 hectáreas, todas con altitud de 11 o más metros y con predominio de vegetación de selva con palmar. En tanto que la fragilidad baja quedó asignada a la unidad de paisaje número 17, con una altura de 11 metros, sin cobertura vegetal y con presencia de un asentamiento humano en 0.76 hectáreas. El resultado se puede observar en el siguiente mapa:




**Mapa IV.36.- Fragilidad de los paisajes naturales**.

## IV.3 Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto

Las relaciones entre los elementos bióticos y abióticos en los ecosistemas naturales son relevantes en la generación de bienes y servicios que influyen directa o indirectamente en la vida diaria. El ser humano depende en gran parte de los bienes y servicios que nos brindan los ecosistemas a través de su estructura y funcionamiento, mismos que han sido alterados por las actividades antrópicas presentes, afectando así su estructura, y por tanto el suministro de dichos aportes, en cantidad y calidad.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Artículo 7, numerado LXI, define a los servicios ambientales como: beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en todo su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano.

Entre los elementos principales de los ecosistemas que brindan beneficios importantes destaca la vegetación, que de acuerdo con FAO (1999), citado por Palacios J., *et al*. (2009), la vegetación es un componente muy importante de las cuencas hidrológicas, proporcionan servicios ambientales como la captura de $CO_2$, regula el clima y el flujo del agua, es el hábitat de muchas especies de animales, protege al suelo de la erosión y pueden ser fuente de materia prima como madera, leña y postes para cercos. Así pues, es de suma importancia el uso y manejo responsable de los recursos naturales para no impactar de manera negativa en los ecosistemas, y evitar la eliminación o pérdida de los servicios ambientales.

Con base en lo anterior, a continuación, se presenta la caracterización de los principales servicios ambientales que presta la fracción de terreno donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo, así como el análisis para determinar si con dicho cambio, se pueden poner en riesgo o no estos servicios.

### IV.3.1 Provisión de agua en calidad y cantidad

Existe una relación entre la vegetación y el agua, basada en la cuenca que es un territorio definido para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente agua, suelo y vegetación. La cuenca hidrográfica es utilizada para designar un territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común, es decir, que toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar. El tipo de cobertura vegetal en cuanto a su composición específica (los diferentes tipos de árboles y edad), así como la densidad (número de árboles por unidad de superficie) son elementos con los que se deberá tomar decisiones para influir en la calidad, cantidad y distribución temporal de los caudales de agua que descienden de las vertientes arboladas (SEMARNAT, 2003).

El Área del Proyecto presenta pendientes mínimas, dentro de la cual no se visualizan corrientes hidrológicas perennes o intermitentes.

Como en el Área del Proyecto no hay corrientes intermitentes ni perennes, la hidrología superficial no se verá afectada, sin perder de vista que el proyecto plantea una infraestructura que contempla instalar pilotes y muros con materiales impermeables, así como el direccionado de las aguas pluviales hacia puntos de infiltración como pozos de absorción, buscando contribuir a la infiltración, así como evitar cambios abruptos en la topografía del terreno. Por otro lado, el área que se verá afectada por el desarrollo del proyecto (2.25 ha) no presenta corrientes superficiales.

A nivel regional, el acuífero Península de Yucatán presenta una recarga media de 21,813.4 $hm^3$, cuenta con un volumen concesionado de 3,882.3 $hm^3$ y disponibilidad media de 3,388.9 $hm^3$. De

acuerdo con el Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Quintana Roo, el volumen renovable del acuífero es superior a las demandas generadas en todos los usos, inclusive las esperadas al mediano y largo plazo, gracias a la abundante precipitación pluvial y a las peculiares características topográficas y geológicas del estado.

De acuerdo con el balance hídrico realizado para el sitio del proyecto, en las condiciones actuales del área de CUSTF, se determinó una infiltración total de 24,703.56 $m^3$/año y un escurrimiento estimado en 764.03 $m^3$/año La infiltración se hace presente en niveles elevados dado que la mayor parte del año llueve (mayo a febrero), teniendo su máximo en el mes de octubre que supera los 270 mm. Una gran parte de la precipitación se pierde a través de la evapotranspiración.

Los cambios que se efectuarán durante las etapas de desarrollo del proyecto influirán directamente en el balance hídrico del sitio, ya que al retirar la cobertura vegetal del área aumentarán ligeramente los escurrimientos y se mantendrá buena infiltracion debido a la poca pendiente del terreno y el tipo de suelo, en tanto que disminuirá la evapotranspiracion. Sin embargo, el proyecto plantea la implementación de medidas para evitar afectar en medida de lo posible la calidad de agua que se infiltra durante la etapa de construcción. Se contempla el establecimiento de cobertura vegetal en las áreas de afectación temporal lo cual ayudará a proteger el suelo.

En virtud de lo descrito anteriormente, con respecto a las características presentes en el Área del Proyecto, se puede establecer que la afectación al servicio ambiental de captura de agua e infiltración al subsuelo para recarga del manto freático es relevante durante la etapa de construcción, pero a mediano y largo plazo no se prevé una afectación importante dado que se mantendrá la infiltración en niveles altos y los escurrimientos seguirán siendo minúsculos al mantener áreas permeables con pendientes mínimas. El elemento principal que se afectará será la evapotranspiración al remover la cobertura vegetal en el área que se pretende construir, favoreciendo así la infiltración, pues a esta se sumará el volumen que no se perdería por evapotranspiración. Por otro lado, la superficie que se afectará no es representativa a nivel de la cuenca y por tanto tampoco lo es el volumen de agua que esta superficie capta por infiltración durante el año.

El Área del Proyecto no se ubica en zonas elegibles de la CONAFOR para otorgar apoyos en el concepto “pago por servicios ambientales” para promover la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas.

Respecto a la calidad del agua, esta no se verá afectada dado que la propia naturaleza del proyecto no implica una alteración de las propiedades químicas de esta debido a un procesamientos/tratamiento para su explotación o aprovechamiento como tal, además, se vigilará

que la maquinaria que se utilice en el lugar se encuentre en buen estado para evitar cualquier tipo de contaminación química al suelo y/o el agua y el mantenimiento de maquinaria se realizará en estaciones de servicio autorizadas, así la calidad de agua del lluvia y en consecuencia, de los escurrimientos eventuales en la zona, no presentaran una alteración en sus propiedades.

Así pues, por la ubicación, dimensiones y características generales del Área del Proyecto, su importancia con respecto a la calidad y cantidad del agua aportada es mínima, y se concluye que no se pone en riesgo la provisión de agua en calidad y cantidad en la zona donde se ubica el proyecto.

Asimismo, es importante mencionar que en la superficie donde se pretende el cambio de uso del suelo, una vez finalizado el proyecto, presentará una cobertura que no dejará superficies con suelos desnudos, y se mantendrá la captación hídrica en el acuífero toda vez que el agua que precipite en el área no será extraída o aprovechada fuera de la zona, solo será captada y direccionada hacia pozos de absorción y/o áreas verdes (permeables). De acuerdo con el balance hídrico realizado, tampoco se visualizan cambios significativos en la infiltración y escurrimiento como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.84.- Resultados obtenidos en el Balance Hídrico en los escenarios planteados.**

| Variable | CUSTF Actual | CUSTF Con Proyecto Sin Medidas | CUSTF Con Proyecto y Con Medidas |
|---|---|---|---|
| **Escurrimiento en (Es en $m^3$)** | 764.03 | 4,838.84 | 4,409.60 |
| **Infiltración (I en $m^3$)** | 24,703.56 | 20,628.75 | 21,057.99 |

Los resultados del balance hídrico, demuestran que con el desarrollo del proyecto “Rancho San Juan”, en el Área del Proyecto, al comparar el escenario actual y el escenario en el que se ha realizado el cambio de uso de suelo, se observa que disminuye la infiltración, en tanto que el escurrimiento se incrementa notablemente traduciéndose en un incremento en la pérdida de suelo por arrastre de azolve y evapotranspiración. Sin embargo, teniendo presente que el proyecto contempla la implementación de medidas de mitigación, así como la restauración de un área degradada, se mantendrá la infiltración en la cuenca.

Con la implementación de las medidas contempladas en el Capítulo VII, se puede establecer que la afectación a la infiltración y calidad del agua en el mediano plazo es irrelevante, será de manera muy local y temporal (etapas de preparación del sitio y construcción), y que consideradas e implementadas dichas medidas de mitigación, este servicio ambiental se recuperará totalmente dentro del Sistema Ambiental Regional, es decir, a mediano y largo plazo no se afectará.

IV.3.2 Captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales.

La vegetación, además de madera (en algunos casos), produce resinas, es hábitat de la fauna silvestre, captura carbono y fija nitrógeno. La captura o secuestro de carbono significa que este elemento que se encuentra en el aire de la atmósfera en forma de $CO_2$, al ser utilizado por las plantas queda capturado en los tejidos de las mismas, particularmente en forma de madera o biomasa vegetal, evitando así que regrese a la atmósfera donde el incremento de sus concentraciones por la quema de los bosques y de energéticos fósiles producen el calentamiento global (SEMARNAT, 2003).

Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos (contienen cerca del 40% del total del carbono). Por lo general, en los ecosistemas forestales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación (o la reforestación), ese equilibrio es afectado. Aparte de los factores climáticos (principalmente la temperatura) los procesos más importantes que causan pérdidas de carbono del suelo son la erosión y la mineralización de la materia orgánica, además de la lixiviación del carbono orgánico e inorgánico es otro mecanismo importante de pérdida de carbono en el suelo (FAO, 2002).

En la actualidad la preocupación mundial es mitigar el cambio climático global, a través de la biomasa (masa total de materia viva de una región), la vegetación mantiene el carbono capturado en sus tejidos que, de otra forma, estaría en la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global incrementando los problemas debidos a su concentración y al efecto que tiene como gas de invernadero. La captación de carbono depende de las especies de plantas, del contenido de materia orgánica, la estructura de edades de los árboles y del tipo de suelo, así como de los factores climáticos.

La captura de carbono se basa en dos cuestiones principales: la absorción activa de la nueva vegetación y las emisiones evitadas de la vegetación existente. La primera perspectiva incluye a las actividades que implican la plantación de nuevos árboles (forestación, reforestación, o agrosilvicultura) o el aumentar las tasas de crecimiento de la cubierta forestal existente (como mejores prácticas de silvicultura). La segunda perspectiva considera la prevención o reducción de la deforestación y del cambio de uso del suelo o la reducción a los bosques existentes.

La biomasa es la suma total de la materia orgánica viva de las plantas fotosintéticamente activas en una unidad de área, tanto arriba como abajo del nivel del suelo; está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen (Pardé 1980 en Riofrío, 2007). La biomasa varía de una especie forestal a otra y el almacenamiento de carbono depende de la productividad primaria neta de cada sistema, 1 g

de biomasa es equivalente a 0.5 g de carbono o bien un CC de 50%, esta equivalencia ha sido aplicada en diversos trabajos para determinar los almacenes de carbono a distintas escalas (Masera, De Jong, Ricalde, 2000; Pacheco *et al,* 2007). La estimación de los escenarios focaliza la capacidad de las coberturas forestales para capturar carbono atmosférico y la conversión de estas áreas en fuentes de emisión de dióxido de carbono ($CO_2$), los cálculos se realizaron a través del método general de almacenes de carbono (Brown, Lugo y Chapman, 1986), siguiendo la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{CO_2 = B * F}$$
$$\boldsymbol{F = CC * 44/12 = CO_2}$$

En este procedimiento, los datos de biomasa por hectárea (B) son multiplicados por un factor (F), que involucra el contenido de C (CC en proporción) en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO2 (44) y el peso del átomo del C (12).

IV.3.2.1 Captura de carbono que se presenta en las condiciones actuales.

Ahora bien, descrito lo anterior se puede señalar la presencia de este servicio en el Área del Proyecto, ya que se cuenta con cobertura vegetal (vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia), siendo esta una vegetación que en los primeros años de sucesión fija grandes cantidades de carbono por el incremento rápido en biomasa, sin embargo, por el tipo de suelo pedregoso y así como un estado maduro que presenta la vegetación poco densa, se disminuye dicha fijación, sin perder de vista que representan un importante almacén natural de carbono, por los volúmenes existentes en el área.

Como referencia del carbono almacenado en ecosistemas terrestres de México, publicado en el número 360 (septiembre-octubre 2009) de Economía Informa de la Facultad de la Economía de la UNAM. En dicha publicación, señalan que, para el caso de los ecosistemas terrestres mexicanos, la mayor proporción de carbono almacenado se encuentra respectivamente en la vegetación aérea, los suelos y las raíces o vegetación del subsuelo (Masera et al, 2001; Ordóñez, 2004). Esta información es crucial para identificar la importancia de las diversas coberturas forestales en relación con el almacenamiento y captura de carbono y se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.85.- Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México ($tCO_2e$/ha).**

| Vegetación | Aérea | Suelo | Raíces | Total |
|---|---|---|---|---|
| **Bosque de Coníferas** | 118 | 120 | 19 | 257 |
| **Bosque de Encino** | 105 | 126 | 5 | 236 |
| **Bosque Mesófilo de Montaña** | 189 | 205 | 36 | 430 |

| Vegetación | Aérea | Suelo | Raíces | Total |
|---|---|---|---|---|
| **Selva Perennifolia** | 186 | 115 | 4 | 305 |
| **Selva Tropical Caducifolia, Subcaducifolia y Bosque Espinoso** | 54 | 100 | 0 | 154 |
| **Matorral Xerófilo y Vegetación Semiárida** | 19 | 60 | 1 | 80 |
| **Pastizal Natural, Halófilo y Gipsófilo** | 16 | 81 | 0 | 97 |
| **Vegetación Acuática y Subacuática** | 223 | 59 | 0 | 282 |

**Fuente:** Información citada en Ordóñez, José Antonio (2004), Índices de contenido y captura de carbono en áreas forestales, UNAM, México.

Para estimar el contenido de carbono ($CO_2$) de la parte aérea de la vegetación a remover por el CUSTF en el Área del Proyecto, se usaron ecuaciones alométricas tomadas de la publicación denominada *Compilation of allometric equation database and metadata; writing of methodology and parts of the results and discussion* (F Rojas-Gracia, 2015). Dicho documento concentra 478 ecuaciones alométricas para estimar biomasa de árboles y bosques mexicanos.

De acuerdo a cada especie a remover en el área de CUSTF, se eligieron las ecuaciones alométricas, en el caso de aquellas especies que no considera la publicación señalada, se eligieron las que fueran del mismo género o de fisonomía similar.

**Tabla IV.86.- Ecuaciones alométricas usadas para determinar la biomasa del área de CUSTF.**

| Especie (Ecuación Alométrica) | Nombre Científico | Nombre Común |
|---|---|---|
| ***Alseis yucatanensis*** | Alseis yucatanensis | Ja'as che' |
| ***Psidium guajava*** | Chrysobalanus icaco | Ciruela Blanca |
| ***Lonchocarpus constrictus*** | Coccoloba uvifera | Uva de mar |
| ***Astrocaryum mexicanum*** | Cocos nucifera | Coco |
| ***Dendropanax arboreus*** | Dendropanax arboreus | sak chakaj |
| ***Metopium brownei*** | Metopium brownei | Chechem negro |
| ***Guazuma ulmifolia*** | Morella cerifera | Árbol de Cera |
| ***Caesalpinia sp.*** | Neea psychotrioides | ta'tsi' |
| ***Pithecellobium mangense*** | Pithecellobium keyense | Guamúchil |
| ***Manilkara zapota*** | Platymiscium yucatanum | Granadillo |
| ***Caesalpinia sp.*** | Sideroxylon salicifolium | Sak-chum |
| ***Chamaedorea*** | Thrinax radiata | Palma Chit |

En el anexo IV.2, se muestran las ecuaciones alométricas usadas en cada especie, cálculos y resultados obtenidos de dicho proceso. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla IV.87.- Biomasa y carbono almacenado en el área de CUSTF**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | No. de Ind | Biomasa Total (Kg) | Biomasa (Kg/ha) | Biomasa Total en CUSTF (Kg) | Carbono (g/Ha) | Carbono Total (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 1 | 39.13 | 244.56 | 549.49 | 448.36 | 1,007.39 |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 63 | 45.37 | 283.53 | 637.05 | 519.81 | 1,167.92 |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 2 | 52.65 | 329.05 | 739.31 | 603.26 | 1,355.40 |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | 4 | 0.03 | 0.18 | 0.41 | 0.33 | 0.75 |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 5 | 134.55 | 840.95 | 1,889.46 | 1,541.75 | 3,464.01 |
| **6** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 1 | 4,618.00 | 28,862.50 | 64,848.55 | 52,914.58 | 118,889.00 |
| **7** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 2 | 266.27 | 1,664.17 | 3,739.08 | 3,050.99 | 6,854.99 |
| **8** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 42 | 14.15 | 88.45 | 198.73 | 162.16 | 364.34 |
| **9** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 1 | 197.04 | 1,231.49 | 2,766.93 | 2,257.74 | 5,072.71 |
| **10** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 1 | 48.50 | 303.12 | 681.06 | 555.72 | 1,248.60 |
| **11** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 2 | 6.81 | 42.57 | 95.64 | 78.04 | 175.34 |
| **12** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 5 | 0.38 | 2.37 | 5.32 | 4.34 | 9.76 |
| **Total** | | | | | | **76,151.03** | **62,137.08** | **139,610.21** |
| **Toneladas (t)** | | | | | | **76.15** | **62.14** | **139.61** |

Como resultado del cálculo de biomasa en la vegetación a remover, se estima una cantidad de 76.15 toneladas de biomasa, que concentran 139.61 toneladas de carbono almacenado en la parte aérea de la vegetación secundaria de Palmar de Chit en las 2.25 ha de CUSTF. Esta cantidad de carbono representan 62.14 toneladas/ha en la vegetación aérea.

Asimismo, para determinar el contenido de carbono almacenado en la parte subterránea, se estimó la biomasa subterránea en función de la biomasa aérea y por tipo de ecosistema propuesta por Cairns, *et al* (1997) citado en el Protocolo de estimación de las reservas de carbono en la biomasa forestal en México (Donación del Ministerio de Asuntos Internacionales del Gobierno de Noruega, publicado por la CONAFOR en Zapopan, Jalisco, México). El documento citado señala 2 ecuaciones, la primera aplicable a bosques templados y la segunda ecuación para bosques tropicales. Ver ecuaciones siguientes:

$$(Y) = \exp(-1.0587 + 0.8836 (\ln (Cba)) + 0.2840 \quad \text{(Bosques templados)}$$

$$(Y) \exp(-1.0587 + 0.8836 (\ln(Cba))) \quad \text{(Bosques Tropicales)}$$

Conforme a la ecuación para bosques tropicales, el carbono almacenado en la biomasa subterránea (raíces) es de 13.38 toneladas de carbono total en el área de CUSTF, como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.88.- Biomasa y carbono almacenado en biomasa subterránea del Área de CUSTF.**

| No. | Nombre Científico | Nombre Común | Carbono almacenado en Raíces (Gramos) |
|---|---|---|---|
| **1** | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | 156.26 |
| **2** | *Chrysobalanus icaco* | Ciruela Blanca | 178.06 |
| **3** | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 203.10 |
| **4** | *Cocos nucifera* | Coco | 0.27 |
| **5** | *Dendropanax arboreus* | sak chakaj | 465.36 |
| **6** | *Metopium brownei* | Chechem negro | 10,582.97 |
| **7** | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 850.57 |
| **8** | *Neea psychotrioides* | ta'tsi' | 63.61 |
| **9** | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 651.87 |
| **10** | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | 188.89 |
| **11** | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | 33.34 |
| **12** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | 2.60 |
| **Total** | | | **13,376.9** |
| **Toneladas (t)** | | | **13.38** |

El carbono almacenado en el área de CUSTF, estimado en 13.38 toneladas, que representan **5.95 t/ha.**

Para concluir con el cálculo de carbono almacenado en la vegetación del área de CUSTF, se determinó el carbono almacenado en el suelo, para lo cual se tomó como referencia el carbono almacenado en ecosistemas terrestres de México; para la selva perennifolia (el más parecido al tipo de vegetación propuesto para CUSTF), el contenido de carbono en el suelo es de 115 toneladas por hectárea.

De tal manera que el carbono total almacenado por hectárea en el área de CUSTF es de **183.09 t/ha** (62.14 toneladas de carbono almacenado en la parte aérea, 5.95 toneladas en raíces y 115 toneladas en el suelo), como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.89.- Contenido de carbono almacenado por hectárea en la vegetación forestal del área de CUSTF.**

| Vegetación aérea | Suelo | Raíces | Carbono Total |
|---|---|---|---|
| **62.14** | 115.00 | 5.95 | 183.09 |

Una vez determinado el contenido de carbono almacenado por hectárea en la vegetación que se encuentra en el área de CUSTF, se determinó el total de carbono almacenado en el área de CUSTF, estimado en **411.37 toneladas**, como se puede observar ne la siguiente tabla:

**Tabla IV.90.- Contenido de carbono en el área de CUSTF en las condiciones actuales.**

| Tipo de vegetación | Superficie | Toneladas $CO_2$/ ha | $TCO_2$ en CUSTF |
|---|---|---|---|
| **Palmar Natural** | 2.25 | 183.09 | 411.37 |

IV.3.2.2 Captura de carbono que se presentaría una vez eliminada la vegetación forestal, considerando la superficie total solicitada.

La ejecución del proyecto afectará en el área de cambio de uso de suelo a la acumulación anual de carbono, pues se pretende remover la vegetación en la mayor parte del área en cuestión para dar lugar a la infraestructura propuesta y dejar el suelo expuesto a las condiciones climáticas.Al eliminar la cobertura vegetal de la selva con palmar de Chit y realizar el despalme del suelo orgánico, el contenido de carbono sería cero.

IV.3.2.3 Captura de carbono con la aplicación de las medidas de mitigación.

La Captura de carbono con la aplicación de las medidas de mitigación (véase Capítulo VII), sería como a continuación:

Al aplicar la metodología propuesta y reservorios con la ejecución del proyecto, el contenido de carbono se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla IV.91.- Contenido de carbono en el área de CUSTF con la ejecución del Proyecto**

| Tipo de vegetación | Superficie (ha) | Toneladas/ ha | $TCO_2$ en CUSTF |
|---|---|---|---|
| **Palmar Natural (Áreas de afectación Temporal)** | 0.3443 | 93.0 | 32.02 |
| **Camino de Acceso (Sin Cobertura Vegetal)** | 0.7925 | 0.0 | 0.00 |
| **Área con Obra (Pavimento)** | 1.1100 | 0.0 | 0.00 |
| **Total** | | | **32.02** |

En total se estima que, con la ejecución del proyecto, el contenido de carbono, se limita exclusivamente a las áreas de afectación temporal donde se propone mantener con vegetación natural y cobertura del 50% en 3,442.64 $m^2$, donde se estima un contenido de carbono de 93 t/año.

**Tabla IV.92.- Contenido de carbono en cada escenario**

| Escenario Actual (Condiciones actuales) | Escenario Actual (Ejecución de Proyecto sin Medidas) | Escenario Actual (Ejecución de Proyecto con Medidas de Mitigación) | Disminución con medida de mitigación | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| **411.37** | 0.0000 | 32.02 | 397.35 | 92.22 |

Al comparar el contenido de carbono en cada escenario, se puede establecer que con el cambio de uso de suelo propuesto hay una reducción del contenido de carbono en aproximadamente 92.22% (397.35 t). Que es la cantidad de carbono que se pierde por llevar a cabo el desarrollo del Proyecto.

### IV.3.2.4 Captura de carbono en área degradada con acciones de reforestación y mantenimiento por 5 años.

El área degradada (2.568 ha) donde se propone realizar acciones de reforestación, actualmente tiene una cobertura vegetal baja y presenta evidencias de erosión laminar, por lo que el contenido de carbono es mínimo o nulo.

Con las acciones de reforestación, se pretende sembrar plantas nativas en densidades de 1,283 ind/ha., y su mantenimiento por al menos 5 años. El contenido de carbono de referencia es de selva con palmar de Chit, que de acuerdo al cálculo de contenido de carbono en las condiciones actuales es de 212.00 t/ha, que es el contenido de carbono objetivo con las acciones de reforestación en el área a reforestar.

**Tabla IV.93.- Contenido de carbono estimado a capturar en el área a reforestar**

| Tipo de vegetación | Superficie (Ha) | Toneladas/ Ha | TCO2 en CUSTF |
|---|---|---|---|
| **Selva Mediana Subperennifolia** | 2.568 | 212.00 | 544.42 |

El contenido de carbono estimado a obtener con las acciones de reforestación, se calculó considerando que ya esté establecida la vegetación objetivo con la densidad propuesta y sobrevivencia establecida. Estos ejemplares no se establecerían desde el primer año, sino se incrementa la plantación de manera paulatina hasta alcanzar la estructura propuesta que sería en un periodo aproximado de 5 años. La captura de carbono estimada no sería inmediata, sino proporcional; en la siguiente tabla se muestra el proceso considerando un incremento anual del 20% y como se compensaría el carbono perdido por el cambio de uso de suelo propuesto estimado en 379.35 toneladas.

**Tabla IV.94.- Contenido de carbono estimado en el área a reforestar (2.568 ha)**

| Carbono que se pierde por CUSTF | % de eficiencia | $TCO_2$ | Acumulado | Año | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|
| **379.35 toneladas** | 20 | 108.88 | 108.88 | **1** | 270.47 |
| | 40 | 217.77 | 326.65 | 2 | 52.70 |
| | **60** | **326.65** | **653.30** | **3** | **-273.95** |
| | 80 | 435.53 | 1088.83 | 4 | -709.48 |

| Carbono que se pierde por CUSTF | % de eficiencia | $TCO_2$ | Acumulado | Año | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 544.42 | 1633.25 | 5 | -1,253.90 |

Considerando una eficiencia del 20% anual por año, garantizando la densidad y cobertura vegetal en el área a reforestar; se puede establecer que, a partir del año 3, se estaría recuperando o compensando el carbono perdido por efectos del cambio de uso de suelo estimado en 379.35 toneladas.

Considerando que el material maderable y residuos vegetales se proponen triturar y mezclar con el suelo orgánico producto del despalme, el carbono almacenado no se perdería, pues se dispersaría en el área a reforestar.

Considerando, que se establecerá una cobertura inducida de selva con palmar de Chit en el área de afectación temporal del Proyecto, además de contemplar la reforestación de un área degradada con superficie similar a la que se pretende, dentro del mismo SAR, recuperando y manteniendo así los beneficios de captura y almacenamiento de carbono presentes actualmente.

### IV.3.3 Generación de oxígeno

El oxígeno es el elemento químico más abundante en el aire (atmósfera) que se respira y sin el cual sería imposible nuestra vida. Así mismo, forma parte de muchos compuestos inorgánicos y orgánicos. En los seres vivos el agua constituye hasta 70% de nuestro cuerpo y el resto son moléculas orgánicas con la participación del oxígeno y otros elementos químicos. Como molécula, el oxígeno está formado por 2 átomos, en forma de $O_2$ y su presencia en la atmósfera se debe a la actividad fotosintética de organismos (Gallardo, s.f.). Tomando como referencia la cita anterior, el contenido de oxígeno está vinculado al contenido de carbono y es de aproximadamente el 66.66%.

La principal reserva del oxígeno utilizable por los seres vivos se encuentra en la atmósfera. Su ciclo se relaciona con el ciclo del carbono, pues mediante el proceso de fotosíntesis, el C es asimilado por las plantas, da lugar a la devolución de oxígeno, mientras que el proceso de respiración humana ocasiona el efecto contrario. El oxígeno se libera como producto residual y lo usan la mayor parte de los organismos para la respiración celular y se producen sustancias químicas que sirven de alimento para los organismos (Ocampo, 2014).

La generación de oxígeno es un servicio ambiental que se verá limitado con el desarrollo del proyecto pues es proporcionado por la vegetación de selva con palmar de Chit, que, por las condiciones de madurez de dicha vegetación, no representa grandes cantidades. El impacto a

este servicio se verá reflejado principalmente en el periodo de construcción pues al finalizar el proyecto, se contará con cobertura vegetal en superficie de afectación temporal. Este servicio es dependiente del servicio de captura de carbono por tanto se prevé una afectación moderada que no representa niveles importantes respecto al SAR.

**Tabla IV.95.- Contenido de oxígeno estimado en el área a reforestar (2.568 ha)**

| Concepto | Condiciones actuales | Sin medidas | Con medidas | Disminución con medidas | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| **Biomasa Total (t)** | 411.37 | 0.00 | 32.02 | 252.90 | 92.2 |
| **Contenido de $O_2$** | 274.25 | 0.00 | 21.35 | | |

Considerando lo anterior, se puede concluir que se disminuirá este servicio ambiental en el Área del Proyecto en aproximadamente 92.2%.

Para recuperar y mantener los beneficios de este servicio dentro del SAR, se plantea como medida la reforestación de áreas degradadas en el SAR en 2.568 ha. Con esto, en un tiempo de 5 años se tendría una vegetación de selva con palmar de Chit con cobertura del 80% que tendría un contenido de carbono del 544.42 toneladas de $CO_2$. Este contenido de carbono representa a su vez una producción de 362.94 toneladas de $O_2$, cantidad de oxígeno que es ligeramente superior al que se pierde por el cambio de uso de suelo propuesto estimado en 252.90 t de $CO_2$.

### IV.3.4 Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida

La biodiversidad es la diversidad de especies de plantas o animales que pueden existir en un hábitat o ecosistema en particular, se expresa en cuanto a la abundancia (densidad) de individuos de una especie por unidad de área y la distribución de éstos dentro de un espacio geográfico determinado. La biodiversidad no sólo significa un número de especies, sino la función, estructura y composición que presentan en el reciclaje de nutrientes y las tramas o ciclos de vida (SEMARNAT, 2003).

Los cambios en la biodiversidad son evidentes cuando hay deforestación. En el caso de la reforestación, dependerán del tipo de vegetación que se establezca.

En el área que se pretende afectar por el desarrollo del proyecto, para flora, se encontraron 13 especies, y de estas, 10 tienen presencia en el estrato arbóreo, 3 en el arbustivo y ninguna en el estrato herbáceo. Del total de especies presentes, la palma Chit (*Thrinax radiata*) se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de Amenazada. Los indicadores ecológicos muestran en el AP una diversidad baja, considerando el estrato arbóreo como

dominante. Esta especie listada en la NORMA-059-SEMARNAT-2010 es muy abundante tanto en el Área del Proyecto como en el SAR.

Al hacer la comparación de indicadores ecológicos por estrato vegetal, se pudo identificar que la vegetación a remover por el CUSTF propuesto para el desarrollo del Proyecto es similar en diversidad y abundancia en comparación con la vegetación del SAR. Se identificaron especies con baja abundancia, especies con valores bajos de Shannon e IVI y las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Mediante criterios técnicos se eligieron 8 especies en riesgo de pérdida o reducción de su abundancia, mismas que se proponen para proteger y conservar mediante acciones de rescate y reubicación.

Con respecto a la fauna identificada en la zona, se registraron 85 especies en total (3 especies de anfibios, 17 especies de reptiles, 7 especies de mamíferos y 58 especies de aves). De todas las especies registradas en campo, 13 especies se encuentran protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales siete están bajo el estatus de Protección Especial (Pr), cinco como Amenazadas (A) y una en Peligro de Extinción (P). Una especie es endémica a México, una especie de ave es considerada semiendémica (SE; especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año) y siete especies de aves son cuasiendémicas (CE; distribución fuera de México no mayor a los 35,000 $km^2$).

El proyecto considera desmonte y despalme en una superficie de 2.25 ha para el establecimiento de la infraestructura y el producto de dicho despalme será removido y almacenado temporalmente para su posterior uso en el establecimiento de áreas verdes y área de restauración, por lo que se conservará el germoplasma disponible en el suelo, sin perder de vista que se trata de áreas con suelo pobre y escasa capa orgánica en su mayor parte. La reforestación del área degradada dentro del SAR considera una superficie similar a la que se pretende afectar por el desarrollo del proyecto, misma que se llevará a cabo con vegetación nativa, con lo cual, se conservará la diversidad florística en la zona.

La implementación de acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de individuos de fauna silvestre de lento desplazamiento, permitirán proteger y conservar dicha fauna por lo que no se verá afectada su diversidad, teniendo en cuenta que se determinó una diversidad alta. A pesar que de manera local pudieran perderse sitios de refugio y alimentación, esta afectación no representa problemas relevantes.

En virtud de lo descrito anteriormente se puede establecer que el desarrollo del proyecto, afectará parcialmente la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida silvestre, sin embargo, se considera aplicar medidas ambientales para el cuidado del medio ambiente y recursos naturales, y de esta

manera afectar en lo menos posible este servicio ambiental. Aunque solo se haya registrado una especie de fauna listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se aplicarán medidas en caso de detectar individuos durante la realización de las actividades que conlleva el proyecto. Asimismo, la reforestación con especies nativas de flora y la reubicación de especies de fauna compensarán y/o mitigarán los impactos del proyecto, con lo que se permitirá mantener el ecosistema en el SAR y, por consiguiente, conservar la biodiversidad actualmente presente.

IV.3.5 El amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales y la modulación o regulación climática.

La vegetación es importante, pues el dosel forestal, formado por la intersección de la copa de los árboles, actúa como cobija amortiguadora de la radiación solar, protegiendo las diferentes formas de vida en el suelo forestal.

De la misma forma que para el servicio ambiental anterior, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales y la modulación o regulación climática están directamente relacionados con la cobertura vegetal; es un servicio ambiental de importancia en el Área del Proyecto al tratarse de selva, sin embargo, esta se encuentra fraccionada por infraestructura urbana en la zona. Este servicio se afectará de manera permanente ya que se prevé la eliminación total de la vegetación en una superficie de 2.25 ha, sin embargo, en su lugar habrá infraestructura firme que también amortiguará en cierta medida los fenómenos naturales, por lo que este servicio estará ausente totalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

La valoración del servicio ambiental de modulación o regulación climática requieren de un enfoque sistémico, donde convergen factores climáticos, edafológicos, topográficos, entre otros, para realizar su valoración es necesario de estudios integrales y de plazos de tiempo prolongados donde es necesario considerar especialistas en diversos temas y tendría que ser de manera subjetiva, toda vez que los parámetros para determinar la influencia que tienen los recursos forestales del predio sobre la regulación microclimática requiere de un monitoreo constante y periódico, cuyos alcances se medirían en años, lo cual dificultaría el análisis técnico planteado de acuerdo con los objetivos del presente estudio. Dado lo anterior, sólo se puede anticipar que existirá una disminución en la prestación de este servicio ambiental debido a la remoción de vegetación en una superficie de 2.25 ha.

IV.3.6 Protección y recuperación de suelos

Se ha identificado que la causa principal de la degradación del suelo es la deforestación asociada a los cambios del uso del suelo y actividades pecuarias. Las consecuencias de la deforestación y de la degradación del suelo forestal son: la erosión y sedimentación en lagos, ríos y lagunas, la

disminución en la captación de agua y recarga de mantos acuíferos, las inundaciones, la reducción del potencial productivo por la pérdida paulatina de fertilidad de suelos, y los impactos negativos en la biodiversidad, cuyos efectos resultantes son la pobreza y migración de la población rural (CONAFOR, 2007).

El área de afectación que pretende el proyecto cuenta con una superficie de 2.25 ha con cobertura vegetal de selva con palmar de Chit, sin embargo debido a las condiciones pobres del suelo, no es un servicio de suma importancia ya que aún sin la intercepción forestal de la precipitación, por el tipo de suelo y la topografía del terreno, no existe una erosión o degradación notable (arrastre de sedimentos, derrumbes, cárcavas, etc.) que se pudiera provocar la actividad de la lluvia, pero sí se daría paso a eventos erosivos por la actividad del viento que pudiera arrastrar el escaso suelo en el sitio.

El presente proyecto afectará de manera temporal este servicio ya que se dejaría el suelo expuesto durante la etapa de preparación del sitio y construcción, y posterior a esto, el área completa que se pretende presentaría una cobertura, ya sea de las áreas verdes/jardineras o de la infraestructura misma que define dicho proyecto.

Debido a que se tendrían suelos desnudos y sueltos (en algunos casos) durante la etapa de construcción, debido a la circulación frecuente por el transporte de material, su exposición a la intemperie podría llevar al deterioro ya sea por la actividad de la lluvia o el viento que podría generar polvos. Para contrarrestar lo anterior, durante el desarrollo del proyecto se buscará reducir este impacto imponiendo medidas específicas para su control y/o disminución. Con las cuales, no se visualiza una afectación negativa a este servicio, que, por su propia naturaleza es mínimo, y que en el mediano plazo se recuperaría, así como también se podría mejorar en la zona al considerarse la reforestación de sitios degradados en áreas dentro del mismo SAR.

### IV.3.7 Paisaje y recreación

El paisaje que actualmente provee el área sujeta a CUSTF es de calidad alta, ya que se trata de un área con vegetación de Palmar de Chit, que tiene una cobertura homogénea y cambios ligeros en su estructura vertical con patrones simples.

Con el desarrollo del proyecto se busca el establecimiento de un área con paisaje agradable que incluye áreas verdes/jardineras con estructuras y formas geométricas, que formarán parte de la infraestructura propia del proyecto y que hagan juego con la vegetación natural.

De igual manera, al estar ubicado el Área del Proyecto dentro del ANP de Sian Ka'an, hay actividades que están restringidas y otras que están prohibidas, que limitan el esparcimiento y recreación y por lo mismo falta desarrollo turístico en el sitio.

Así pues, considerando los servicios actualmente ausentes en los polígonos a afectar respecto a paisaje y recreación, no se ocasiona algún impacto negativo, por el contrario, se busca propiciar las condiciones para destacar estos servicios, así como mitigar las alteraciones que pudieran generarse por el desarrollo del proyecto.

#### IV.3.8 Conclusión

Como resultado del análisis de los servicios ambientales, se puede concluir que el riesgo a perderse de los servicios ambientales que pudiera proporcionar el Área del Proyecto donde se pretende desarrollar el proyecto, es mínimo. Es importante resaltar que se plantea la ejecución de medidas para prevenir y mitigar el impacto que se pudiera causar. Dentro de estas medidas, se considera la reforestación de áreas degradadas en una superficie similar a la que se pretende afectar, manteniendo y en algunos casos mejorando los servicios que se presentan actualmente en el SAR, por lo que se considera factible su construcción toda vez que cumple con lo establecido en las leyes y normas en materia ambiental.

## IV.4 Diagnóstico ambiental

El proyecto Rancho San Juan se localiza dentro de un Área Natural Protegida con categoría de Reserva de la Biósfera de nombre Sian Ka'an. Se considera que esta es de las mejor conservadas en el país. El Sistema Ambiental Regional se encuentra dentro del municipio de Tulum.

En cuanto a las características abióticas, se presenta un clima tipo Aw, es decir, cálido subhúmedo con lluvias de verano. De acuerdo con la carta geológico- minera de INEGI Bahía Ascensión escala 1:250,000, el Área del Proyecto presenta depósitos de litoral Q(li) que consiste en materiales sueltos que se acumulan en zonas costeras por la acción de las olas y las corrientes marinas y depósitos lacustres Q(la), que es un suelo integrado por depósitos recientes que ocurren en lagos. Corresponde fisiográficamente a la provincia "Plataforma de Yucatán" y a su vez a la subprovincia "Carso Yucateco"

Se considera que el SAR es susceptible en nivel medio a sequías y en nivel alto al peligro por la presencia de ciclones tropicales. Dentro del SAR no se presenta ninguna falla ni fractura y se ubica en la zona sísmica A (baja probabilidad de ocurrencia de sismos).

El tipo del suelo del SAR corresponde a la asociación RGarsoh+ARglwso+LPhuso/1. Corresponde a la región hidrológica RH33 Yucatán Este, dentro de la cuenca 33B Cuencas Cerradas, a su vez dentro de la subcuenca RH33Ba o L. Chunyaxché y varias. Toda la zona estatal corresponde a zonas de recarga del acuífero.

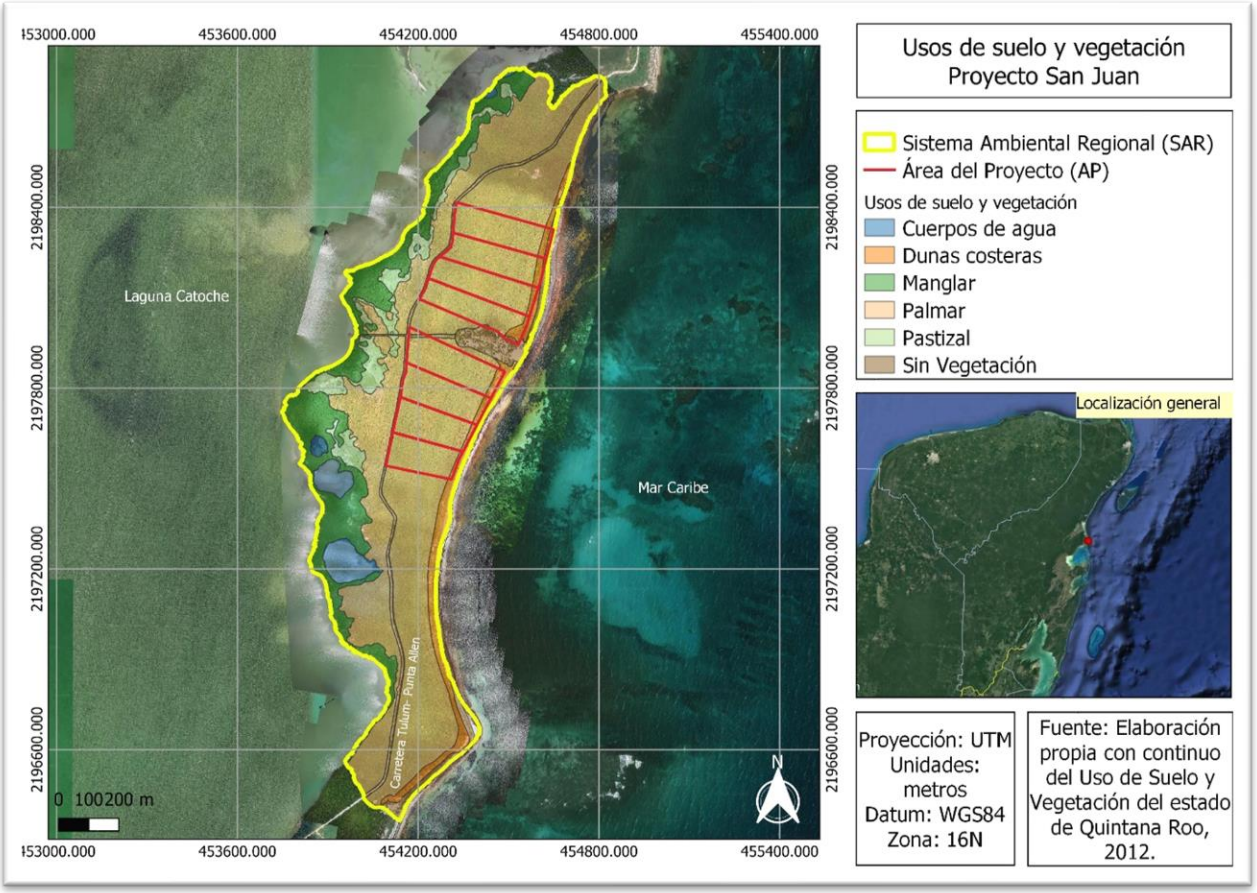
Dentro del SAR se presentan los tipos de vegetación de selva con palmar de Chit, pastizal inducido, manglar y vegetación de dunas costeras, mientras que dentro del Área del Proyecto sólo se registró selva con palmar de Chit y vegetación de dunas costeras. Con base en los muestreos realizados, se considera que en general la diversidad de la zona es baja y las especies de flora silvestre que están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 son: *Thrinax radiata,* que fue registrada tanto en el SAR como en el AP, *Avicennia germinans, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle*, que sólo se registraron en el SAR y que no serán afectados en ninguna etapa del proyecto.

Para la fauna, de acuerdo con la información registrada para el SAR se considera que la diversidad es alta en general y específicamente alta para el grupo de aves, media para los reptiles y baja para los anfibios y mamíferos. Para el Área del Proyecto la diversidad total es alta también, siendo media para las aves y baja para los anfibios, reptiles y mamíferos. Se registraron el total 14 especies bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ocho de reptiles y ocho de aves), de los cuales *Ctenosaura similis, Sceloporus cozumelae*, *Boa imperator y Melanoptila glabrirostris* se registraron tanto en el SAR como en el Área del Proyecto, mientras que *Crocodylus acutus, Coleonyx elegans, Sphaerodactylus glaucus, Dipsas brevifacies, Leptophis mexicanus, Patagioenas leucocephala, Sternula antillarum, Egretta rufescens, Cathartes burrovianus y Buteogallus anthracinus* sólo se registraron en el SAR.

Para el contexto socioeconómico, debido a que el poblado más cercano se encuentra a aproximadamente 8 km de distancia, se tomaron los datos del municipio de Tulum, en el que se registraron 46,721 habitantes, de los cuales 47.8% son mujeres y 52.2% hombres. El fenómeno de migración es importante en toda la zona. Hay 15,300 personas mayores a 3 años que hablan alguna lengua indígena (en su mayoría maya).

Los sectores económicos que concentraron mayores ingresos totales en Tulum fueron los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, comercio al por menor y servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles. El índice de marginación en el municipio se considera bajo.

Derivado de la caracterización y análisis del SAR, se observó que se presenta vegetación de manglar, como se puede observar en la siguiente figura:




**Mapa IV.37.- Usos de suelo y vegetación dentro del SAR y AP.**

Sin embargo, a pesar de que este ecosistema se considera vulnerable, no se registró dentro del Área del Proyecto, además de que se adoptarán las medidas necesarias para evitar cualquier afectación al mismo.

Por su parte, el tipo de vegetación en el que se llevarán a cabo las obras y actividades del proyecto “Rancho San Juan” será selva con palmar de chit en la cual se presenta una alta abundancia de palma Chit y baja diversidad, por lo que no se comprometerán los procesos ecológicos en este ecosistema al realizar el Cambio de Uso de Suelo, además de que se aplicarán medidas para el rescate y reubicación de individuos de esta especie debido a que en estatus de amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

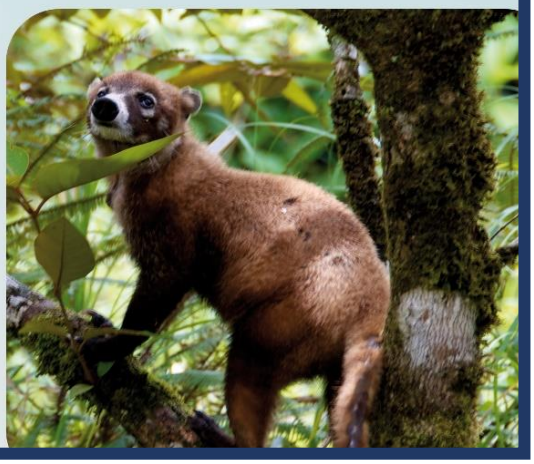
La superficie que requiere de desmonte se considera mínima y con la aplicación de las medidas pertinentes se atenuará el efecto de los impactos de las obras y actividades del proyecto en esta zona.

# CAPÍTULO V



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL V-1

V.1 Indicadores de impacto ..... V-2

V.1.1 Lista indicativa de indicadores de impacto ..... V-2

V.2 Criterios y metodologías de evaluación ..... V-4

V.2.1 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada ..... V-4

V.2.2 Descripción de la metodología y técnicas utilizadas ..... V-5

V.3 Identificación de impactos ..... V-10

V.4 Caracterización de impactos ambientales ..... V-18

V.5 Valoración de los impactos ambientales ..... V-28

V.6 Impactos residuales ..... V-64

V.7 Impactos acumulativos ..... V-67

V.8 Conclusiones ..... V-69

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1.- Lista de indicadores de impacto ambiental del proyecto considerados en la evaluación de las afectaciones al ambiente. ..... V-2

Tabla V.2.- Atributos para caracterizar los impactos ambientales. ..... V-6

Tabla V. 3.- Atributos para la caracterización de los impactos ambientales identificados en la matriz de interacción (Gómez-Orea 1999). ..... V-7

Tabla V.4.- Valores de magnitud para evaluar los impactos ambientales. ..... V-8

Tabla V.5.- Matriz de valoración de impactos de acuerdo con la incidencia y la magnitud de impactos (Gómez-Orea 2007). ..... V-9

Tabla V.6.- Valores de juicio (Gómez-Orea 2007). ..... V-9

Tabla V.7.- Definición de las clases consideradas para la valoración de los impactos ambientales (Gómez-Orea 2007). ..... V-10

Tabla V.8.- Actividades susceptibles de generar impactos ambientales en cada etapa del proyecto. ..... V-13

Tabla V.9.- Factores ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales durante el desarrollo del proyecto. ..... V-14

Tabla V.10.- Lista de factores ambientales susceptibles de ser afectados, etapas del proyecto y sus correspondientes claves que serán usadas en la descripción de cada impacto ambiental. ..... V-18

Tabla V.11.- Caracterización los impactos ambientales identificados para el presente proyecto. ..... V-19

Tabla V.12. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental AIRE. ..... V-29

Tabla V.13.- Toneladas de $CO_2$ emitidos a la atmósfera durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. .....V-34
Tabla V.14.- Categorías del indicador semi cualitativo del olor del aire. .....V-35
Tabla V.15.- Rangos de niveles de ruido producidos por la maquinaria durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. .....V-37
Tabla V.16.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental AGUA. .....V-39
Tabla V.17.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental SUELO. .....V-44
Tabla V.18.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental FLORA. .....V-48
Tabla V.19. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental FAUNA. .....V-54
Tabla V.20.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental PAISAJE. .....V-59
Tabla V.21.-Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental SOCIEDAD. .....V-61
Tabla V.22.- Número de impactos ambientales por factor y valor de juicio. .....V-61
Tabla V.23.- Impactos ambientales valorados como severos. .....V-62
Tabla V.24. Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio. .....V-62
Tabla V.25.- Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio, diferenciando a las presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP). Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr). .....V-65
Tabla V.26.- Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio, diferenciando a las presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP). Amenazada (A). .....V-66
Tabla V.27.- Toneladas de $CO_2$ emitidos a la atmósfera durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. .....V-68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V.1.- Grafo de relación causa-efecto respecto a las obras que se realizarán por el desarrollo del proyecto. .....V-11
Figura V.2.- Árbol de actividades contempladas en el desarrollo del proyecto. .....V-15
Figura V.3.- Árbol de factores ambientales que pueden ser afectados por el desarrollo del proyecto. ..V-16
Figura V.4.- Matriz de interacciones del proyecto. .....V-17
Figura V.5.- Función de transformación para el indicador de la concentración de partículas suspendidas en el aire. .....V-32
Figura V.6.- Función de transformación para el indicador de la concentración de hidrocarburos. .....V-33
Figura V.7.- Función de transformación para el indicador semi cualitativo del olor del aire. .....V-36
Figura V.8.- Función de transformación para el indicador del confort sonoro. .....V-38
Figura V.9.- Función de transformación para el indicador relieve y carácter topográfico. .....V-47
Figura V.10.- Proporción de impactos de acuerdo con su valor de juicio. .....V-61

# V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Por medio de la información vertida en los capítulos anteriores, sobre las características de las obras y actividades contempladas en el proyecto **Rancho San Juan** y de la caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR), en este capítulo se identifican, describen y evalúan los efectos que se pueden generar en el ambiente por la interacción entre las obras y actividades del proyecto y los componentes ambientales.

La precisión de la información de los capítulos antes mencionados, es de gran importancia para determinar la significancia de los efectos producidos en el ambiente, ya que los efectos derivados de cualquier tipo de proyecto dependen de factores como la naturaleza del proyecto (tipo, magnitud, *etc*.) y el tipo o tipos de hábitats sobre los cuales se desarrollará, así como su resistencia y resiliencia. La valoración de los efectos implica realizar una comparación entre un escenario previo a la realización del proyecto (considerando la línea base) y un escenario potencial que se presentaría con la ejecución del proyecto en cuestión. Esto involucra la interacción de variables controladas (*i.e*., obras y actividades) y variables aleatorias (*i.e.*, factores ambientales) por lo que los efectos sobre el ambiente son inciertos. Si bien se cuenta con una gran cantidad de información y datos científicos respecto a los daños ambientales frente al desarrollo de obras, la incertidumbre gobierna gran parte de los resultados que pueden ser obtenidos, ya que el grado de modificación que pueden sufrir las características intrínsecas del propio ecosistema (*e.g.*, elasticidad, resiliencia, resistencia, fragilidad, la composición de especies, la estructura y funcionalidad) determinará el estado final de éste.

Se contempla que el desarrollo del proyecto produzca efectos ambientales por la ejecución de obras y actividades sobre una superficie de 2.25 ha. Estos efectos serán valorados de acuerdo con su magnitud e importancia en este capítulo. Con esto, se determinará la significancia de los impactos ambientales, tomando como base lo dispuesto en el Reglamento de la LGEEPA, en su artículo 3, fracción IX, el cual define a un impacto significativo o relevante como: "*Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales*".

## V.1 Indicadores de impacto

Los indicadores ambientales juegan un papel importante en la valoración de impactos ambientales, ya que sintetizan una gran cantidad de información para interpretar un fenómeno o un proceso particular de forma más simple y sistémica (OCDE, 1993), lo que hace posible cuantificar y comunicar la información relevante (Gallopin, 1997).

Considerando lo anterior, a continuación, se señalan los indicadores de impacto seleccionados para la valoración de los posibles impactos ambientales que el proyecto puede ocasionar en el Sistema Ambiental Regional.

### V.1.1 Lista indicativa de indicadores de impacto

Considerando la información de los capítulos II y IV, en los cuales se describieron las acciones contempladas en el proyecto y las características ambientales del sitio, se seleccionaron las siguientes variables.

**Tabla V.1.- Lista de indicadores de impacto ambiental del proyecto considerados en la evaluación de las afectaciones al ambiente.**

| Factor | Indicador de impacto | Descripción |
|---|---|---|
| **Aire** | Calidad | Se refiere a la ausencia o presencia de contaminantes, los cuales se infieren por el tipo de actividades e insumos a utilizar, así como la concentración de polvo y partículas en suspensión, según la superficie y la población afectada en cada zona. |
| | Confort sonoro | Se refiere al nivel sonoro en un punto crítico o representativo del impacto ambiental, y se determina por los datos conocidos de la medida ponderada del nivel de ruido promedio (Leq, dBA) de los equipos y maquinaria a utilizar. |
| **Agua** | Calidad | Se refiere a la modificación de las características físico-químicas por la posible contaminación debido al desarrollo de las acciones contempladas en el proyecto. El indicador será cualitativo a través del tipo de desechos que serán generados y la susceptibilidad de la zona. |
| | Cantidad | Contempla la disminución de agua disponible tanto por la modificación de las características por contaminación o por alteración del curso de los flujos de agua superficiales. Este indicador se cuantificará a través del área que será modificada, en extensión puntual o en cantidad de consumo de agua. |
| **Suelo** | Calidad | Este indicador considera la modificación de las características físico-químicas de este componente debido a posible contaminación resultante de las acciones del proyecto. Este |

| Factor | Indicador de impacto | Descripción |
|---|---|---|
| | | indicador será valorado a través del tipo y cantidad de residuos generados. |
| | Cantidad | Se refiere a la remoción de la capa de suelo rica en nutrientes debido a las acciones realizadas directamente o por procesos erosivos. Este indicador se determinará por la inferencia de las áreas que perderán vegetación, tipo de suelo y características de la zona. |
| **Flora** | Cobertura vegetal | Considera los cambios en la extensión, estructura, composición o función de la vegetación del área afectada en cada etapa del desarrollo. Esta variable será determinada a partir del porcentaje de vegetación que será eliminado por efecto de ejecución del proyecto respecto al área total de vegetación natural presente en la zona y el estado de conservación de la misma. |
| | Especies silvestres y en la NOM-059- SEMARNAT-2010 | Este indicador contempla la afectación de las especies que están bajo alguna categoría de riesgo por efecto de la ejecución del proyecto, ya que puede presentarse mortalidad o daño de los individuos. Esta variable será determinada de acuerdo con las especies presentes y al número de especies que estén bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (DOF 2019). |
| **Fauna** | Hábitat | Se refiere a las modificaciones ocasionadas en el hábitat de las especies, y, en consecuencia, a la dispersión, distribución y ecología de la fauna local causados en cualquier etapa del proyecto, así como los efectos indirectos del mismo, como la interrupción del libre desplazamiento de los individuos. El cambio será determinado considerando la superficie afectada. |
| | Especies silvestres y en la NOM-059- SEMARNAT-2010 | Esta variable considera la afectación de las especies que están bajo alguna categoría de riesgo por efecto de la ejecución del proyecto, ya que puede presentarse el ahuyentamiento, mortalidad o daño de los individuos, así como la alteración de la movilidad de los mismos. El efecto sobre estas especies será determinado a través de las especies y número de éstas que estén en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (DOF 2019). |
| **Paisaje** | Incidencia visual | Se refiere al cambio ocurrido en el paisaje por el desarrollo del proyecto y se determinará a través de la superficie que será afectada por la modificación del entorno |
| **Socio-económico** | Nivel de empleo | Contempla los cambios en indicadores económicos en el Sistema Ambiental Regional como la oferta de empleo. Se evaluará por el número de empleos generados por el proyecto. |

## V.2 Criterios y metodologías de evaluación

Con la finalidad de llevar a cabo la evaluación del posible efecto de las actividades involucradas en el proyecto a través de los indicadores antes mencionados, se tomó en cuenta lo siguiente:

- La línea base. Esto es las características y condiciones del Sistema Ambiental Regional en el momento cero.
- Las características que el área puede presentar con el desarrollo del proyecto.
- Los impactos específicos en cada fase del proyecto: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Con base en estos criterios, se utilizaron instrumentos metodológicos para identificar y valorar los impactos ambientales derivados de la ejecución del proyecto, el cual consiste en el desarrollo de: caminos, edificaciones (Casas) y módulos de equipamiento. Así, el proyecto puede ocasionar impactos en el medio ambiente, los cuales serán identificados y valorados en este capítulo.

### V.2.1 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Para la evaluación de los impactos ambientales, existe una gran variedad de metodologías, las cuales presentan fortalezas y debilidades. El uso combinado de diferentes metodologías de evaluación, permite resolver y robustecer la información resultante de ellas, respecto a los cambios ambientales.

Debido a que cada proyecto comprende características propias, y que no existe una universalidad o acuerdo para la selección de una metodología o técnica en particular, esto vuelve necesaria la participación de un equipo multidisciplinario para la selección de una metodología lo más objetiva y clara, a través de la cual, se utilice la información del medio y del proyecto para inferir e interpretar los posibles impactos que pueden generarse, así como determinar la capacidad del medio para absorber el efecto de estos impactos. La identificación, descripción y valoración de estos impactos es un elemento esencial en la detección de efectos dañinos al ambiente y determinar los cambios que se pueden originar en el o los ecosistemas.

En este sentido y con el fin de obtener información para cuantificar y valorar los impactos que podrían ocasionarse con el desarrollo del proyecto, se utilizó la metodología propuesta por Gómez-Orea (1999, 2007), mediante la cual se lleva a cabo la identificación y valoración de los impactos ambientales potencialmente ocasionados en todas las fases del proyecto, a través del

uso de una Matriz de Leopold. Adicionalmente, se decidió hacer uso de los grafos o redes de relación causa-efecto, que se considera una técnica complementaria al método matricial.

V.2.2 Descripción de la metodología y técnicas utilizadas

**Grafos o redes de interacción causa-efecto**. Los grafos de relación causa-efecto son representaciones gráficas de las cadenas de las relaciones sucesivas entre el proyecto y el medio. Esta técnica refleja la cadena de acontecimientos y sus interconexiones, es decir las redes de relaciones entre la actividad y su entorno (Gómez-Orea 1999). Estos diagramas son métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias, mediante la identificación de las interrelaciones existentes entre las actividades o acciones causales y los factores ambientales impactados, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios (Canter 1998).

**Métodos matriciales**. Los métodos matriciales son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia (Canter 1998).

**Metodología de Domingo Gómez Orea (Gómez-Orea 1999)**. La evaluación de los impactos ambientales propuesta por Gómez-Orea (1999), se realiza a partir de la creación de una matriz o tabla de doble entrada, en la cual se disponen como columnas las acciones del proyecto, y como filas los factores ambientales, arreglándolos en forma arborescente y desagregando el proyecto en niveles: fase y acción, y el ambiente en: medio, factor y subfactor. A partir de esta matriz y con la ayuda de la técnica de grafos, se identifican los posibles impactos definiendo las interacciones de las acciones o actividades que se llevarán a cabo en las diferentes fases del proyecto con los factores/subfactores ambientales, marcando dichas interacciones, cuando existan, en la celda de cruce, obteniendo de esta forma una matriz de interacción.

Una vez identificadas las interacciones, se lleva cabo la valoración cuantitativa de los impactos ambientales, con base en la incidencia o importancia de los impactos ambientales, (severidad y forma de alteración) y su magnitud (cantidad y calidad del factor modificado por la acción), siguiendo los pasos que se describen a continuación:

1. Cálculo del índice de incidencia estandarizado entre 0 y 1.
2. Cálculo del índice de magnitud, a través de:
   a. Determinación de la magnitud en unidades distintas, heterogéneas, inconmensurables para cada impacto.

b. Transformación de las unidades heterogéneas a unidades homogéneas, comparables adimensionales, a través del uso de funciones de transformación. Estandarización del valor de la magnitud entre 0 y 1.

3. Cálculo del valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes obtenidas.
4. Cribado de impactos ambientales relevantes a partir de los valores obtenidos para cada impacto con base en valores de juicio.

A continuación, se describe el proceso que se sigue para la determinación de los índices de incidencia y magnitud.

### Cálculo del índice de Incidencia estandarizado ($I_{std}$)

El cálculo del índice de incidencia inicia con la caracterización de cada uno de los impactos identificados en la matriz de interacción, por medio de 10 atributos, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla V.2.- Atributos para caracterizar los impactos ambientales.**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Signo** | Se refiere al carácter del impacto y se determina como positivo si el impacto es benéfico o negativo si es perjudicial. |
| **Inmediatez** | Describe el tiempo de repercusión sobre el ambiente. Se puede presentar un efecto directo si la repercusión es inmediata en algún factor ambiental o un efecto indirecto si la repercusión deriva de un efecto primario. |
| **Acumulación** | Define el carácter del impacto si éste es acumulativo, cuando se presenta un incremento continuo de la gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera. |
| **Sinergia** | Se refiere al reforzamiento de efectos simples que se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples produce un efecto superior a su suma simple. |
| **Momento** | Se refiere al lapso de tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del efecto: corto (anual), medio (antes de 5 años) y largo (mayor de 5 años). |
| **Persistencia** | Se define por el tiempo de permanencia del efecto desde su aparición. Puede considerarse como permanente si sucede por tiempo indefinido, mientras el temporal permanece por un tiempo determinado. |
| **Reversibilidad** | Se define como reversible si el efecto es asimilado por el ambiente, de tal manera que se recuperen las condiciones iniciales una vez producido el efecto, o irreversible cuando el efecto no puede ser asimilado por el ambiente o lo es después de mucho tiempo. |
| **Recuperabilidad** | Un impacto se determina como recuperable cuando existe la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medio de la intervención humana o natural, mientras no lo es el irrecuperable. |

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Periodicidad** | Frecuencia de manifestación del impacto y se define como periódico cuando se presenta de forma cíclica o recurrente, e irregular cuando se manifiesta de forma impredecible en el tiempo. |
| **Continuidad** | Se define al impacto continuo cuando produce una alteración constante en el tiempo, mientras el discontinuo se manifiesta de forma intermitente o irregular. |

Cada uno de los atributos anteriores es tipificado, y cada tipo posee un código numérico para poder describir cada impacto, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla V. 3.- Atributos para la caracterización de los impactos ambientales identificados en la matriz de interacción (Gómez-Orea 1999).**

| Atributo | Tipos | Código |
|---|---|---|
| **Signo** | Positivo | (+) |
| | Negativo | (-) |
| **Inmediatez (I)** | Directo | 3 |
| | Indirecto | 1 |
| **Acumulación (A)** | Acumulativo | 3 |
| | Simple | 1 |
| **Sinergia (S)** | Fuerte | 3 |
| | Media | 2 |
| | Leve | 1 |
| **Momento (M)** | Corto | 3 |
| | Medio | 2 |
| | Largo | 1 |
| **Persistencia (P)** | Permanente | 3 |
| | Temporal | 1 |
| **Reversibilidad (Rv)** | Largo | 3 |
| | Medio | 2 |
| | Corto | 1 |
| **Recuperabilidad (R)** | Difícil | 3 |
| | Media | 2 |
| | Fácil | 1 |
| **Periodicidad (Pd)** | Periódico | 3 |
| | Irregular | 1 |
| **Continuidad (C)** | Continuo | 3 |
| | Discontinuo | 1 |

Después de haber caracterizado el impacto, a través de la suma de todos los valores (código numérico) por atributo, para cada impacto identificado, se obtiene la incidencia o importancia, como se muestra a continuación:

$$Incidencia = I + A + S + M + P + Rv + R + Pd + C$$

Finalmente, el índice de incidencia se estandariza ($I_{std}$), para obtener valores entre 0 y 1 mediante la expresión:

$$I_{std} = \frac{(I - I_{min})}{(I_{máx} - I_{min})}$$

Donde:
$I_{std}$ = valor de incidencia obtenido de la sumatoria de cada atributo.
$I$ = valor de incidencia estandarizado obtenido por un impacto.
$I_{máx}$ = valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el valor mayor.
$I_{min}$ = valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el valor menor.

**Cálculo del índice de magnitud ($I_M$)**

La estandarización de la magnitud se lleva a cabo a través del uso de funciones de transformación siempre que sea posible a través del uso de los indicadores ambientales cuantitativos. Si no se cuenta con este tipo de indicadores, la estandarización se realiza a través de valores cualitativos y una escala de medición. De esta forma la magnitud se calculará para cada factor ambiental mediante el indicador que se considere más conveniente en cada caso, estandarizando el resultado final entre 0 - 1, de forma que la magnitud será valorada como se muestra a continuación:

**Cálculo de la Magnitud (M)**

La magnitud se calculará para cada factor ambiental mediante el indicador que se considere más conveniente en cada caso, estandarizando el resultado final entre 0–1, de forma que la magnitud será valorada como se muestra en la Tabla siguiente.

**Tabla V.4.- Valores de magnitud para evaluar los impactos ambientales.**

| Magnitud | Valor |
|---|---|
| Muy Alta | 1 |
| Alta | 0.8 |
| Media | 0.6 |

| Magnitud | Valor |
|---|---|
| Baja | 0.4 |
| Muy Baja | 0.2 |

Los indicadores serán de tipo cuantitativo siempre que se pueda, y en el caso de que no sea posible su uso, se utilizarán indicadores cualitativos. En todo caso, los indicadores seleccionados corresponderán con el nivel de detalle del proyecto en el momento de realizar este Documento Técnico Unificado y el conocimiento disponible sobre el entorno.

## Obtención del valor final del impacto

El valor final del impacto se calculará multiplicando los valores de la Incidencia estandarizada ($I_{std}$) y la Magnitud (M). El resultado obtenido oscilará entre 0 y 1 y se ajustará mediante la matriz mostrada en la siguiente Tabla.

**Tabla V.5.- Matriz de valoración de impactos de acuerdo con la incidencia y la magnitud de impactos (Gómez-Orea 2007).**

| Valor de impacto ($I_{std}$ * M) | | INCIDENCIA | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUY ALTA | | ALTA | | MEDIA | | BAJA | | MUY BAJA | | NULA |
| | | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0 |
| MAGNITUD | MUY ALTA (1) | 1 (C) | 0.9 (C) | 0.8 (C) | 0.7 (C) | 0.6 (S) | 0.5 (S) | 0.4 (S) | 0.3 (M) | 0.2 (M) | 1 (Cm) | NO IMPACTO |
| | ALTA MEDIA (0.8) | 0.8 (C) | 0.72 (C) | 0.64 (S) | 0.56 (S) | 0.48 (S) | 0.4 (S) | 0.32 (M) | 0.24 (M) | 0.16 (M) | 0.08 (Cm) | NO IMPACTO |
| | MEDIA (0.6) | 0.6 (S) | 0.54 (S) | 0.48 (S) | 0.42 (S) | 0.36 (M) | 0.3 (M) | 0.24 (M) | 0.18 (M) | 0.12 (Cm) | 0.06 (Cm) | NO IMPACTO |
| | BAJA (0.4) | 0.4 (S) | 0.36 (M) | 0.32 (M) | 0.28 (M) | 0.24 (M) | 0.2 (M) | 0.16 (M) | 0.12 (Cm) | 0.08 (Cm) | 0.04 (Cm) | NO IMPACTO |
| | MUY BAJA (0.2) | 0.2 (M) | 0.18 (M) | 0.16 (M) | 0.14 (Cm) | 0.12 (Cm) | 0.1 (Cm) | 0.08 (Cm) | 0.06 (Cm) | 0.04 (Cm) | 0.02 (Cm) | NO IMPACTO |
| | NULA (0) | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO | NO IMPACTO |

De esta manera, la valoración de los impactos ambientales se realizará tomando en cuenta los siguientes valores de juicio señalados a continuación.

**Tabla V.6.- Valores de juicio (Gómez-Orea 2007).**

| Valores de juicio | |
|---|---|
| Crítico (C) | 0.66 – 1 |
| Severo (S) | 0.37 – 0.65 |
| Moderado (M) | 0.16 – 0.36 |
| Compatible (Cm) | 0 – 0.15 |

El carácter del impacto será definido bajo los criterios de cada clase mostrados en la Tabla siguiente.

**Tabla V.7.- Definición de las clases consideradas para la valoración de los impactos ambientales (Gómez-Orea 2007).**

| Carácter del impacto | Definición |
|---|---|
| Compatible (Cm) | Si el impacto tiene poco efecto, recuperándose el medio por sí mismo sin medidas correctoras e inmediatamente tras el cese de la acción. |
| Moderado (M) | Si la recuperación, sin medidas correctoras intensivas, implica un periodo considerable. |
| Severo (S) | Si la recuperación exige un tiempo prolongado, incluso con la actuación de medidas correctoras. |
| Crítico (C) | Si se produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales sin posible recuperación, incluso con la adopción de prácticas o medidas correctoras. |

## V.3 Identificación de impactos

A través del uso de la información descrita en los capítulos anteriores, específicamente las acciones contempladas y la caracterización ambiental del SAR, se pueden establecer las posibles interrelaciones entre ambos y con ello establecer como primera aproximación y de manera general los efectos potenciales sobre el ambiente. Para esto se construyeron grafos de relación causa-efecto que se muestran a continuación. Estos grafos de causa-efecto se crearon como una aproximación inicial y general de los posibles impactos que se pueden ocasionar por la ejecución del proyecto tomando en cuenta todos los elementos contemplados en éste, y como una aproximación inicial sólo se mencionan las interrelaciones que pueden surgir de manera general. Posteriormente se presentará el análisis más detallado y específico para las obras involucradas en este proyecto respecto a las acciones y factores ambientales afectados.

### Grafo de relación causa-efecto

Las redes de interacción representan una técnica muy útil en la primera aproximación a las afectaciones potenciales que un proyecto puede ocasionar en el o los ecosistemas por lo que, considerando las obras y actividades que el proyecto contempla en su desarrollo y las características ambientales del SAR, se generó el grafo de relación causa-efecto, tal y como se muestra en la siguiente Figura:

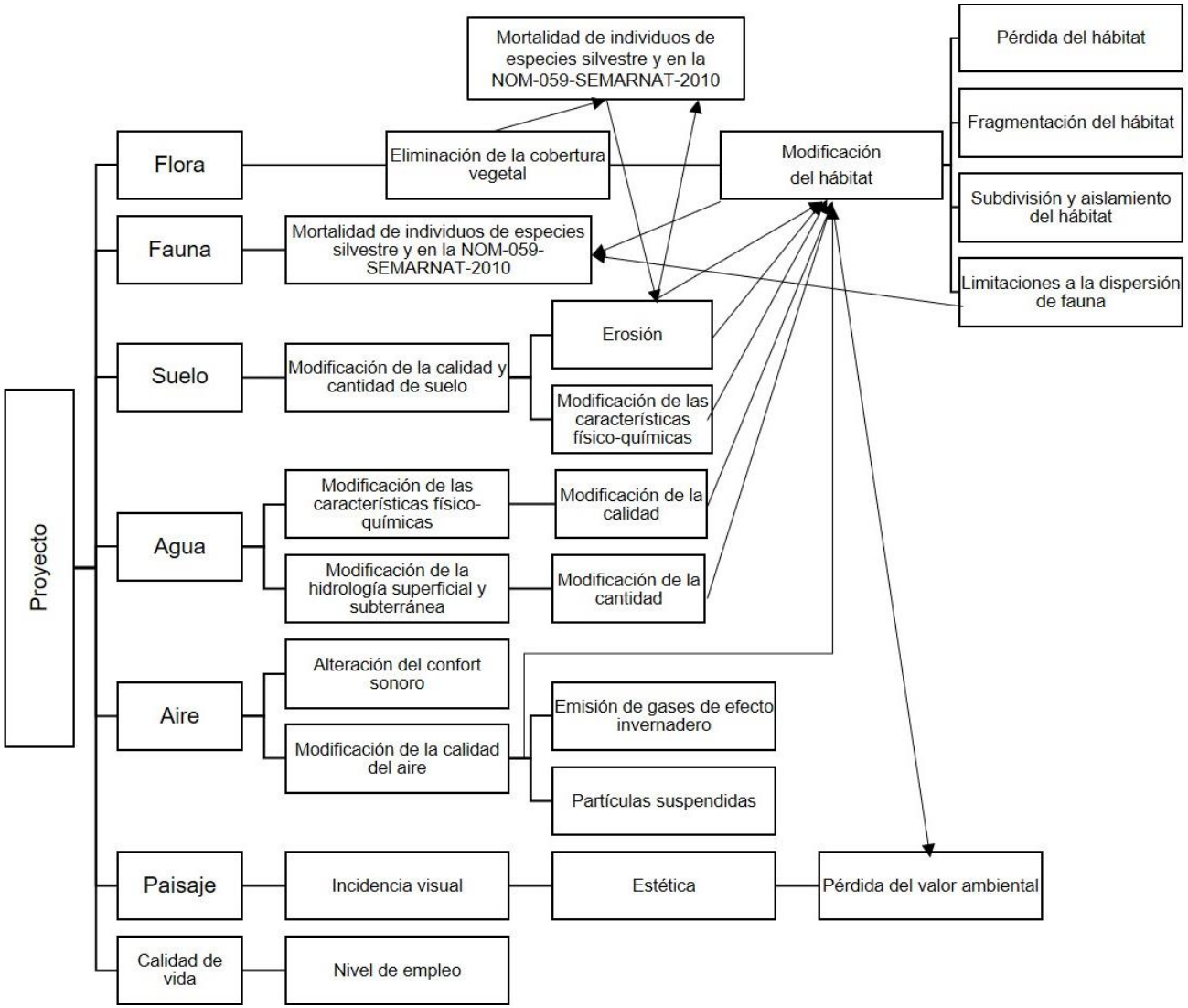



**Figura V.1.- Grafo de relación causa-efecto respecto a las obras que se realizarán por el desarrollo del proyecto.**

La construcción del proyecto, implica la eliminación de la cubierta vegetal o cambio de uso de suelo, lo que conduce a la mortalidad de ejemplares de flora (ya sea silvestre o en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010), con lo que se generan efectos negativos paisajísticos y biológicos. El cambio principal en el paisaje es la incidencia visual, que conlleva directamente a la pérdida de valor ambiental. Por otro lado, entre los cambios biológicos está la disminución de los recursos disponibles necesarios para la sobrevivencia y reproducción de los organismos; esto conlleva a la mortalidad de fauna (silvestre y en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III), pérdida de biodiversidad, disminución del número de individuos, limitaciones a la dispersión de organismos, incremento del borde (zona de transición entre dos hábitats adyacentes; Ries y Sisk 2004) y exposición de los ecosistemas al efecto de borde. El efecto de borde también tiene otras consecuencias: 1) efectos físicos, como cambios climáticos en el interior de los fragmentos; 2) efectos biológicos directos, al favorecer la introducción de especies exóticas (plantas o animales); 3) efectos biológicos indirectos como la modificación de la dinámica de interacción entre las especies, y 4) efectos a la población humana, al perder servicios ecosistémicos tales como la protección contra inundaciones, retención del suelo y captación del agua.

La eliminación de la cubierta vegetal en la superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) propuesta, dejará expuesto al suelo, lo cual puede dar lugar a la acción de agentes erosivos, alterando sus características físico-químicas, es decir, modificación de la calidad del suelo. Además, el desarrollo del proyecto contempla el movimiento de tierras (*i.e.*, excavación, relleno y compactación), modificando la cantidad de suelo presente en el área de CUSTF.

Igualmente, el agua será impactada debido a la eliminación de la vegetación, reduciendo la captación de la misma y alterando el flujo superficial de la zona. Esto se verá incrementado con la construcción de la infraestructura en el área, ya que dificulta el libre paso del agua. Además, la instalación de la infraestructura (edificaciones, caminos de acceso y módulos de equipamiento), afectará la capacidad de infiltración del agua de forma puntual, incidiendo en la recarga del acuífero, y con ello, en la cantidad de agua subterránea de forma local.

Asimismo, para la ejecución de este proyecto, se requerirá el uso de maquinaria, equipo y vehículos. Esto afectará de forma directa al aire, por la emisión de gases de efecto invernadero derivados de la combustión de la maquinaria, equipo y vehículos, así como por la generación de polvo con el consecuente aumento de partículas suspendidas y la emisión de ruido. En este sentido, la calidad de aire, también puede verse afectada por un mal manejo de residuos ocasionando malos olores. Todo lo cual alterará la calidad del aire y confort sonoro en la zona del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, serán generados residuos tanto sólidos (*e.g*., residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos) como líquidos (*e.g*., aguas residuales), los cuales, de no ser bien manejados, pueden producir una alteración en la calidad de los factores ambientales como suelo, agua y aire, y de forma directa e indirecta a la flora y fauna que habite el área afectada.

En vista de que la eliminación de la cobertura vegetal incide sobre el hábitat, el resto de las actividades por el desarrollo del proyecto repercutirán directamente sobre la distribución de la fauna. Así que dependiendo de la especie de la que se trate, así como de la actividad por el desarrollo del proyecto, los efectos sobre la fauna podrán variar. No obstante, por la ejecución del proyecto se podría originar mortalidad o desplazamiento de las especies que están en la zona de afectación directa, efecto que puede ser mayor sobre las especies en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (DOF 2019).

Finalmente, los efectos mencionados contribuirán el deterioro del sistema y del paisaje natural, pues producirán cambios en los factores ambientales que en conjunto componen a los ecosistemas y que conforman el paisaje. Estos cambios, afectarán la estética de la zona y disminuirán su valor ambiental.

**Identificación de interacciones factor ambiental-acciones del proyecto**

Tomando en cuenta la información recabada en los Capítulos II y IV de este Documento Técnico Unificado (DTU), se identificaron las actividades susceptibles de generar efectos en el ambiente, así como aquellos factores ambientales que pueden ser afectados por estas actividades durante la ejecución de este proyecto, conforme a lo siguiente:

**Actividades susceptibles de generar impactos**

Considerando las obras contempladas a desarrollarse en el proyecto, es decir, caminos de acceso, edificaciones (Casas) y módulos de equipamiento (Capítulo II DTU), en la siguiente Tabla se presentan las actividades que podrían generar impactos en el Sistema Ambiental Regional:

**Tabla V.8.- Actividades susceptibles de generar impactos ambientales en cada etapa del proyecto.**

| Preparación del sitio | Construcción | Operación |
|---|---|---|
| Trazo y delimitación de la superficie para el CUSF | Nivelación | Presencia de personal y usuarios |
| Desmonte | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Generación de residuos |

| Preparación del sitio | Construcción | Operación |
|---|---|---|
| Despalme | Instalación de servicios | Mantenimiento (edificaciones, áreas verdes, sistema hidráulico, energía eléctrica) |
| Trituración de materia vegetal | Cimentación | |
| Obras provisionales | Construcción de edificaciones | |
| Presencia de personal | Terminado | |
| Uso de maquinaria y equipo | Transporte de materiales | |
| Generación de residuos | Presencia de personal | |
| | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | |
| | Generación de residuos | |

Por su parte, los componentes ambientales que pueden sufrir algún efecto por el desarrollo del proyecto, se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla V.9.- Factores ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales durante el desarrollo del proyecto.**

| Medio | Factor | Subfactor |
|---|---|---|
| **Abiótico** | Aire (A) | Calidad |
| | | Confort sonoro |
| | Agua (Ag) | Calidad |
| | | Cantidad |
| | Suelo (S) | Calidad |
| | | Cantidad |
| **Biótico** | Flora (Fl) | Cobertura vegetal |
| | | Especies silvestres y en la NOM-059- SEMARNAT-2010 |
| | Fauna (F) | Hábitat |
| | | Especies silvestres y en la NOM-059- SEMARNAT-2010 |
| **Perceptual** | Paisaje (P) | Incidencia visual |
| **Socio-económico** | Calidad de vida (C) | Nivel de empleo |

Con base en lo antes señalado, se crearon los árboles de acciones y de factores ambientales, como se puede apreciar en las siguientes Figuras. Esto a su vez permite generar la matriz de identificación de impactos:

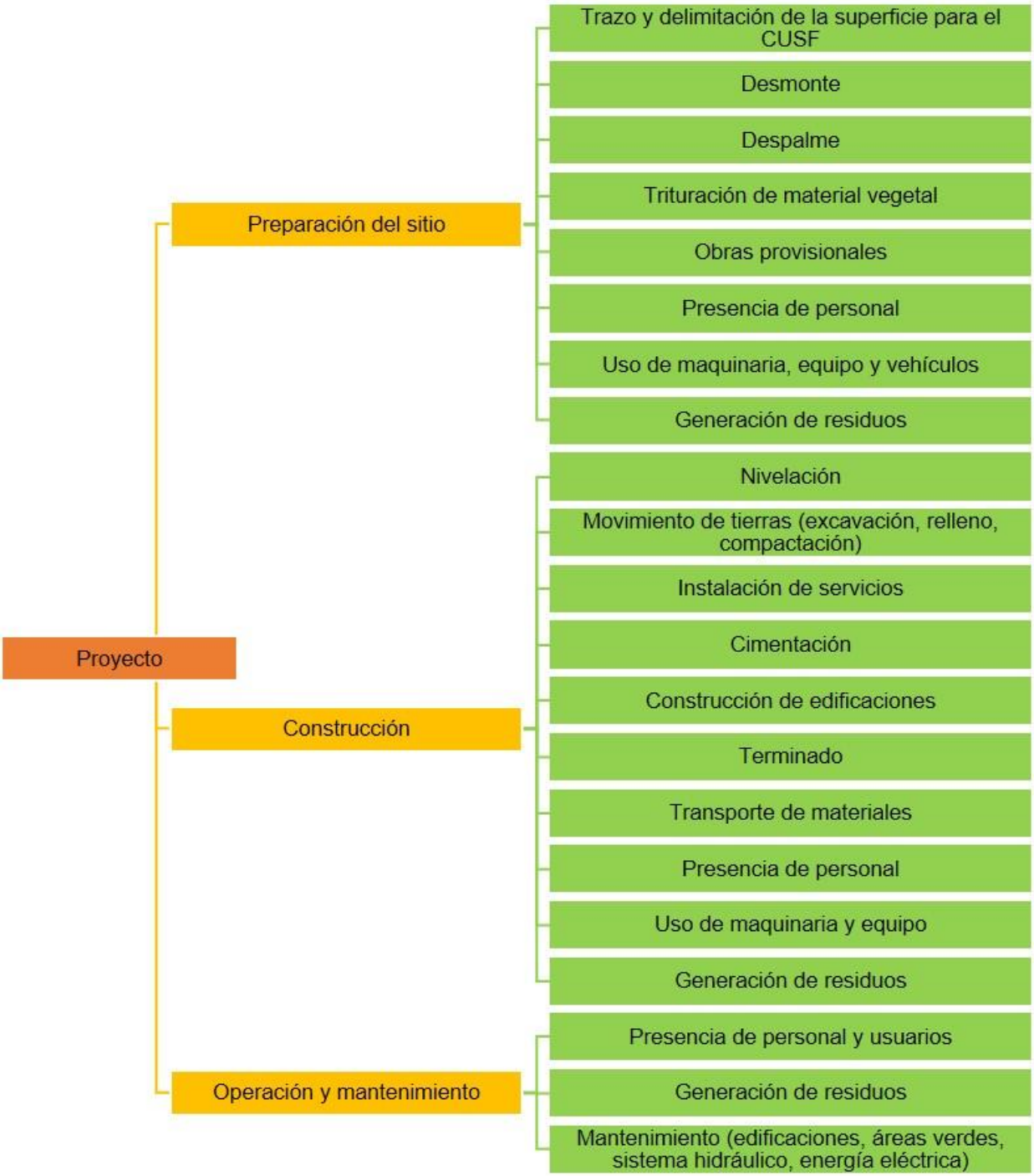



**Figura V.2.- Árbol de actividades contempladas en el desarrollo del proyecto.**

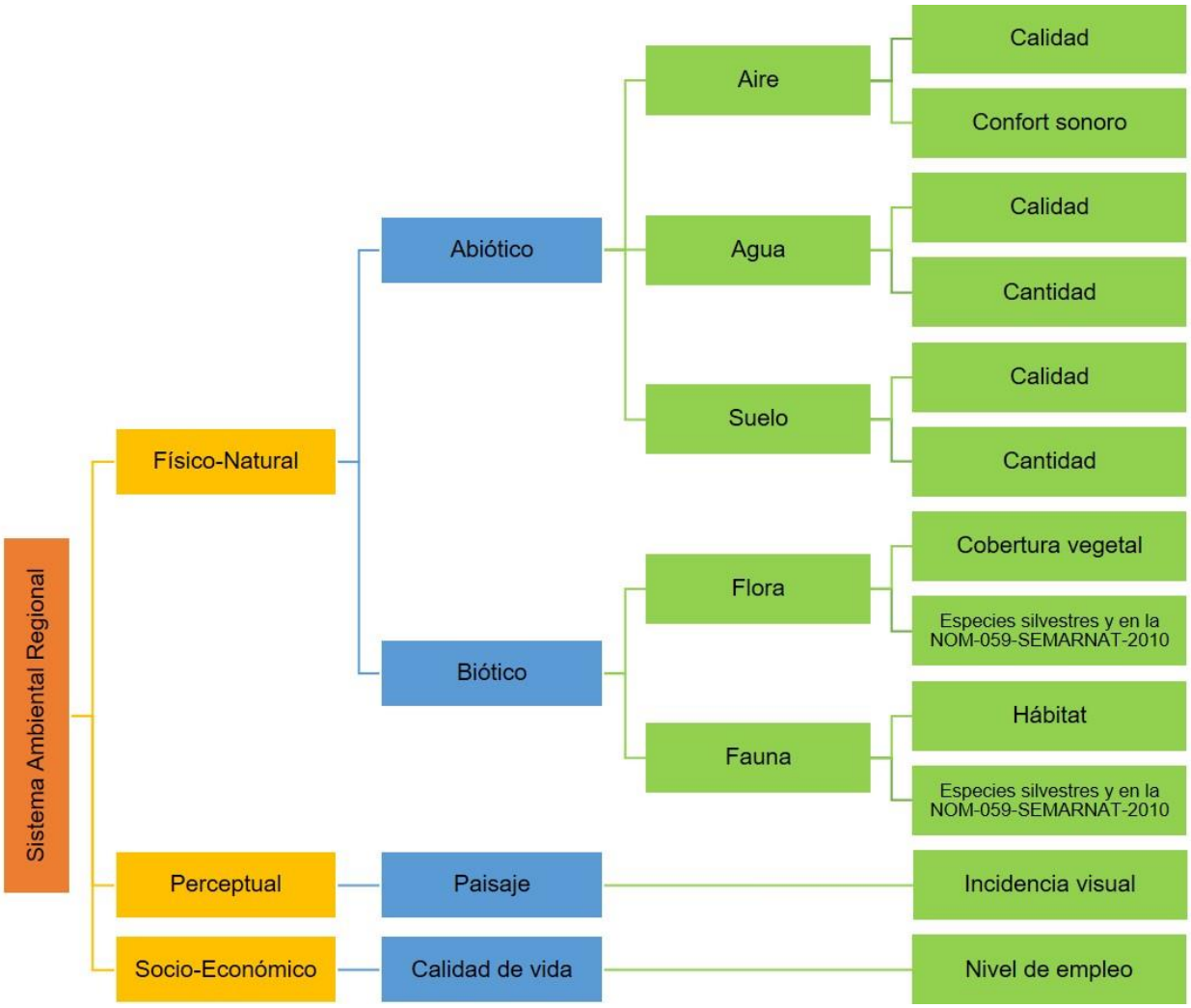



**Figura V.3.- Árbol de factores ambientales que pueden ser afectados por el desarrollo del proyecto.**

## Matriz de interacción

A partir del análisis de la matriz de interacción se obtuvieron un total de 102 interacciones factor ambiental-actividad del proyecto: 44 interacciones en la etapa de preparación del sitio (43.14%), 48 interacciones en la etapa de construcción (47.06%), y 10 en la etapa de operación y mantenimiento (9.80%). Las etapas de preparación del sitio y construcción son las fases que involucran un mayor número de actividades, y, por lo tanto, en donde predominan las interacciones entre el factor ambiental y las acciones contempladas en el proyecto, tal y como se observa en la siguiente Figura:

| Sistema | Subsistema | Medio | Factor | Subfactor | Preparación del sitio | | | | | Construcción | | | | | | | | | | | Operación | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Trazo y delimitación de la superficie para el CUSF | Desmonte | Despalme | Trituración de materia vegetal | Presencia de personal | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Generación de residuos | Nivelación | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Instalación de servicios | Cimentación | Construcción de edificaciones | Terminado | Transporte de materiales | Presencia de personal | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Generación de residuos | Presencia de personal y usuarios | Generación de residuos | Mantenimiento (edificaciones, áreas verdes, sistema hidráulico, energía eléctrica) |
| Sistema Ambiental Regional | Físico-natural | Abiótico | Aire | Calidad | | X | X | X | | X | X | | X | | | X | | X | | X | X | | X | |
| | | | | Confort sonoro | | X | X | X | | X | | | X | | | X | | X | | | | | | |
| | | | Agua | Calidad | | X | X | | | | X | | X | | | X | | | | | X | | X | |
| | | | | Cantidad | | X | X | | | | | | | | X | X | | | | | | X | | |
| | | | Suelo | Calidad | | | | | | X | X | | | | | | | X | | | X | | X | |
| | | | | Cantidad | | X | X | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| | | Biótico | Flora | Cobertura vegetal | X | X | X | | | X | X | | | | | | | X | | X | X | | | |
| | | | | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | | X | X | | X | X | X | | | | | | | X | X | X | X | X | X | |
| | | | Fauna | Hábitat | | X | X | | | X | | | X | | | X | | X | | X | | | | |
| | | | | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| | Perceptual | | Paisaje | Incidencia visual | | X | X | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| | Socio-económico | | Calidad de vida | Nivel de empleo | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Figura V.4.- Matriz de interacciones del proyecto.**

## V.4 Caracterización de impactos ambientales

A continuación, se describen los impactos potenciales que la ejecución de este proyecto puede ocasionar en el Área del Proyecto y que inciden en el Sistema Ambiental Regional (SAR). Para la descripción de cada uno de los impactos ambientales, se establecieron claves combinando la primera letra del factor ambiental afectado, así como la primera letra de la etapa del proyecto, junto con un número consecutivo para cada impacto. Por ejemplo: impacto **A1p**: Primer impacto identificado para el factor ambiental aire (A) en la etapa de preparación (p). A continuación, se muestra el significado de cada factor y etapa que forma la clave de cada impacto:

**Tabla V.10.- Lista de factores ambientales susceptibles de ser afectados, etapas del proyecto y sus correspondientes claves que serán usadas en la descripción de cada impacto ambiental.**

| Factor ambiental | Clave | Etapa del proyecto | Clave |
|---|---|---|---|
| Aire | A | Preparación del sitio | p |
| Agua | Ag | | |
| Suelo | S | Construcción | c |
| Flora | Fl | | |
| Fauna | F | Operación y mantenimiento | o |
| Paisaje | P | | |
| Calidad de vida | C | | |

A continuación, se realiza la caracterización los impactos ambientales identificados para el presente proyecto:

**Tabla V.11.- Caracterización los impactos ambientales identificados para el presente proyecto.**

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| **A1p** | Aire | Preparación | Calidad del aire | Desmonte<br>Despalme<br>Trituración de material vegetal | Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas por las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal producto del desmonte |
| **A2p** | Aire | Preparación | Calidad del aire | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de desmonte, despalme y trituración de material producto del desmonte. |
| **A3p** | Aire | Preparación | Confort sonoro | Desmonte<br>Despalme<br>Trituración de material vegetal<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de desmonte, despalme, trituración de material vegetal, uso de maquinaria, equipo y vehículos. |
| **A1c** | Aire | Construcción | Calidad del aire | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones<br>Transporte de materiales | Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. |
| **A2c** | Aire | Construcción | Calidad del aire | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. |
| **A3pc** | Aire | Preparación/ Construcción | Calidad del aire | Generación de residuos | Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción. |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| **A4c** | Aire | Construcción | Confort sonoro | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones<br>Transporte de materiales | Modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. |
| **A1o** | Aire | Operación y mantenimiento | Calidad del aire | Generación de residuos | Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **Ag1p** | Agua | Preparación | Calidad del agua | Desmonte<br>Despalme | Modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo por las actividades de desmonte y despalme. |
| **Ag2p** | Agua | Preparación | Calidad del agua | Generación de residuos | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del proyecto. |
| **Ag3p** | Agua | Preparación | Cantidad de agua | Desmonte<br>Despalme | Modificación de la cantidad de agua debido a la pérdida de cobertura vegetal durante las actividades de desmonte y despalme afectando la recarga del acuífero. |
| **Ag1c** | Agua | Construcción | Calidad del agua | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones | Modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) y construcción de edificaciones. |
| **Ag2c** | Agua | Construcción | Calidad del agua | Generación de residuos | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. |
| **Ag3c** | Agua | Construcción | Cantidad de agua | Cimentación<br>Construcción de edificaciones | Modificación de la cantidad de agua debido a la instalación de infraestructura (*i.e.*, cimentación y edificaciones) impidiendo la infiltración del agua afectando la recarga del acuífero. |
| **Ag4c** | Agua | Construcción | Cantidad de agua | Cimentación<br>Construcción de edificaciones | Modificación de la cantidad de agua por el uso directo para la instalación de infraestructura (i.e., cimentación y edificaciones) por medio de pozos de extracción. |
| **Ag1o** | Agua | Operación y mantenimiento | Calidad del agua | Generación de residuos | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **Ag2o** | Agua | Operación y mantenimiento | Cantidad de agua | Presencia de personal y usuarios | Modificación de la cantidad de agua por consumo directo por personal y usuarios desde los pozos de extracción. |
| **S1p** | Suelo | Preparación | Calidad del suelo | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por posible derrame de combustible durante el uso de maquinaria, equipo y vehículos. |
| **S2p** | Suelo | Preparación | Cantidad de suelo | Desmonte<br>Despalme | Modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a erosión durante las actividades de desmonte y despalme. |
| **S1c** | Suelo | Construcción | Calidad del suelo | Transporte de materiales | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por posible derrame de combustible durante el transporte de materiales. |
| **S2pc** | Suelo | Construcción | Calidad del suelo | Generación de residuos | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | establecidos) generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. |
| **S3c** | Suelo | Construcción | Cantidad de suelo | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a erosión durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación). |
| **S4c** | Suelo | Construcción | Cantidad de suelo | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Alteración de la cantidad de suelo debido a las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) lo que modificará el relieve. |
| **S1o** | Suelo | Operación y mantenimiento | Calidad del suelo | Generación de residuos | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **Fl1p** | Flora | Preparación | Cobertura vegetal | Trazo y delimitación de la superficie para el CUSTF | Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF, lo que a su vez modificará el hábitat. |
| | | | | Desmonte | |
| | | | | Despalme | |
| **Fl2p** | Flora | Preparación | Cobertura vegetal | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por el uso de maquinaria, equipo y vehículos para llevar a cabo las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF. |
| **Fl3p** | Flora | Preparación | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Desmonte | Mortandad a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal durante las acciones de desmonte y despalme. |
| | | | | Despalme | |
| **Fl4p** | Flora | Preparación | | Presencia de personal | |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y uso de maquinaria, equipo y vehículos. |
| **Fl1c** | Flora | Construcción | Cobertura vegetal | Transporte de materiales<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Reducción de la cobertura vegetal por el transporte de materiales, así como por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante la etapa de construcción. |
| **Fl2pc** | Flora | Construcción | Cobertura vegetal | Generación de residuos | Reducción de la cobertura vegetal debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. |
| **Fl3c** | Flora | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Transporte de materiales<br>Presencia de personal<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la introducción de especies exóticas por el transporte de materiales, presencia de personal y paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción. |
| **Fl4c** | Flora | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Transporte de materiales<br>Presencia de personal<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el transporte de materiales, presencia de personal y paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción. |
| **Fl5pc** | Flora | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o daño a especies de flora silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación y construcción del proyecto. |
| **Fl1o** | Flora | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **Fl2o** | Flora | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **Fl3o** | Flora | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **F1p** | Fauna | Preparación | Hábitat | Desmonte<br>Despalme | Modificación del hábitat por la pérdida de cobertura vegetal durante las actividades de desmonte y despalme, lo que conlleva al ahuyentamiento, mortandad o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| **F2p** | Fauna | Preparación | Hábitat | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación del hábitat por la generación de ruido por el uso de maquinaria, equipo y vehículos, lo que conlleva al ahuyentamiento o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| **F3p** | Fauna | Preparación | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Trituración de material vegetal | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de trituración de material vegetal producto del desmonte. |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| **F4p** | Fauna | Preparación | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal. |
| **F5p** | Fauna | Preparación | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento debido a el uso de maquinaria y vehículos durante la etapa de preparación del sitio. |
| **F6p** | Fauna | Preparación | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del sitio. |
| **F1c** | Fauna | Construcción | Hábitat | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones<br>Transporte de materiales<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación del hábitat por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones, transporte de materiales y uso de maquinaria, equipo y vehículos durante la etapa de construcción del proyecto. |
| **F2c** | Fauna | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Nivelación<br>Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Instalación de servicios<br>Cimentación<br>Construcción de edificaciones<br>Terminado<br>Transporte de materiales | Desplazamiento de individuos de especies de fauna silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido por las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto. |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| **F3c** | Fauna | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Transporte de materiales<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento por el transporte de materiales y el paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción del proyecto. |
| **F4c** | Fauna | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal. |
| **F5c** | Fauna | Construcción | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. |
| **F1o** | Fauna | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y usuarios. |
| **F2o** | Fauna | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **F3o** | Fauna | Operación y mantenimiento | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios |

| Clave impacto | Factor | Etapa | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto | Impacto ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. |
| **P1p** | Paisaje | Preparación | Incidencia visual | Desmonte | Modificación del paisaje debido a la eliminación de la vegetación por las actividades de desmonte y despalme. |
| | | | | Despalme | |
| **P1c** | Paisaje | Construcción | Incidencia visual | Construcción de edificaciones | Modificación del paisaje debido a la construcción de las edificaciones. |
| **C1pco** | Sociedad | Preparación / Construcción / Operación y mantenimiento | Nivel de empleo | Nivel de empleo | Incremento en el nivel de empleo en el área pues se contratarán trabajadores en todas las fases del proyecto. |

## V.5 Valoración de los impactos ambientales

Una vez identificadas las posibles interacciones entre los factores ambientales y las actividades involucradas en la ejecución de las obras, se valoraron los efectos para cada componente ambiental.

Con el fin de determinar la relevancia de los impactos ambientales identificados, se llevó a cabo el cálculo de los índices de incidencia ($I_{std}$) y de magnitud ($I_M$), para determinar a los que serán significativos.

### Cálculo del valor de impacto

### Índice de Incidencia ($I_{std}$) y de Magnitud ($I_M$) por factor ambiental

Los índices de incidencia y magnitud, se calcularon de acuerdo con la metodología previamente descrita, de tal forma, que los impactos se caracterizaron de acuerdo con los 10 atributos señalados, con base en sus características. Posteriormente, se definieron los indicadores que pudieran reflejar la magnitud de éstos. Los indicadores seleccionados fueron, en la medida de lo posible, cuantitativos para hacer uso de las funciones de transformación. Cuando no fue posible usarlas, se llevó a cabo la valoración de la magnitud con la ayuda de indicadores cualitativos.

A continuación, se presenta la identificación y valoración de los impactos ambientales que serán generados por la ejecución del proyecto:

### Factor ambiental: Aire

El factor ambiental aire verá afectado su **confort sonoro** (durante las etapas de preparación del sitio y construcción) y **calidad** por: 1) la emisión de gases de efecto invernadero debido al uso de maquinaria, equipo y vehículos (durante las etapas de preparación del sitio y construcción); 2) partículas suspendidas durante las actividades de desmonte, despalme, trituración de materia vegetal, movimiento de tierras (*i.e.*, excavación, relleno y compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales (durante las etapas de preparación del sitio y construcción), y 3) malos olores por la generación de residuos durante todas las etapas del proyecto. Para este factor ambiental, se identificaron ocho interacciones entre dicho factor y las actividades del proyecto, y para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los ocho impactos determinados para el factor ambiental aire, seis de ellos son compatibles y dos son moderados, como se puede observar en la siguiente Tabla.

**Tabla V.12. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental AIRE.**

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **A1p** | Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas por las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal producto del desmonte. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 | 0.22 | 0.30 | 0.07 | Cm |
| **A2p** | Modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de desmonte, despalme y trituración de material producto del desmonte. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 | 0.22 | 0.05 | 0.011 | Cm |
| **A3p** | Modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de desmonte, despalme, trituración de material vegetal, uso de maquinaria, equipo y vehículos. | (-) | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 13 | 0.22 | 0.1 | 0.022 | Cm |
| **A1c** | Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 17 | 0.44 | 0.6 | 0.27 | M |
| **A2c** | Modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 17 | 0.44 | 0.05 | 0.022 | M |
| **A3pc** | Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 | 0.22 | 0.3 | 0.07 | Cm |
| **A4c** | Modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de movimiento de | (-) | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 15 | 0.33 | 0.1 | 0.033 | Cm |

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| | tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales. | | | | | | | | | | | | | | | |
| **A1o** | Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 19 | 0.56 | 0.3 | 0.2 | M |

A continuación, se describe la valoración de los efectos para factor ambiental aire.

- **Calidad del aire**

**Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas**

**Impacto A1p**. Las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal producto del desmonte durante la etapa de preparación del sitio, provocarán la modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas durante las horas de trabajo en el Área del Proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.22. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través de la concentración de partículas sólidas en el ambiente, medida en mg/m$^3$, cuya función de transformación se muestra en la Figura V.5. Tomando en cuenta las características del Área del Proyecto se considera que la calidad ambiental es buena, se da un valor de **CA sin = 0.9**, ya que actualmente la zona no tiene una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, además de que cuenta con un hábitat natural con un alto nivel de conservación. De acuerdo con la función de transformación (Parámetro: Partículas suspendidas, indicador concentración media en 24 horas) se considera que con proyecto habrá una suspensión de partículas de 100 mg/m$^3$, por lo que el **CA con = 0.6**, esto tomando en cuenta que las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal durante la etapa de preparación del sitio se realizarán de manera gradual. Por lo tanto, el **CA neto = 0.3**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.7, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

**Impacto A1c.** Las actividades de movimiento de tierras (*i.e.*, excavación, relleno y compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales (durante las etapas de preparación del sitio y construcción) durante la etapa de construcción, provocarán la modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas durante las horas de trabajo en el Área del Proyecto. Para este impacto, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.44. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través de la concentración de partículas sólidas en el ambiente, medida en mg/m$^3$, cuya función de transformación se muestra en la siguiente figura. Tomando en cuenta las características del Área del Proyecto después del desmonte y despalme, se considera que la calidad ambiental sea regular, por lo que se da un valor de **CA sin = 0.7**. De acuerdo con la función de transformación (Parámetro: Partículas suspendidas, indicador concentración media en 24 horas), se considera que con proyecto habrá una suspensión de partículas de 200 mg/m$^3$, por lo que el **CA con = 0.1**, esto tomando en cuenta que las actividades de movimiento de tierras (*i.e.*, excavación, relleno y compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales (durante las etapas de preparación del sitio y construcción) se realizarán de manera gradual. Por lo tanto, el **CA neto = 0.6**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.27, representando un impacto **moderado** (**M**).

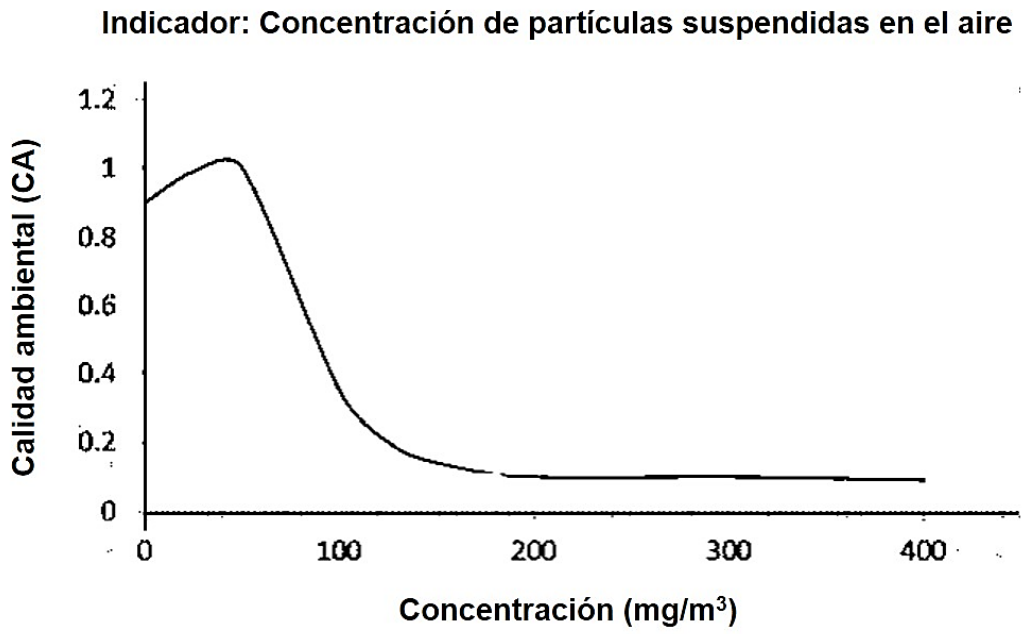



**Figura V.5.- Función de transformación para el indicador de la concentración de partículas suspendidas en el aire.**

**Modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero**

**Impacto A2p**. El uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal producto del desmonte durante la etapa de preparación del sitio, provocarán la modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) durante las horas de trabajo en el Área del Proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.22. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través del indicador de la concentración de hidrocarburos promedio durante tres horas, usando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\sum_{1}^{n} Sup.zona_i * Conc.media_i}{S_t}$$

La $Sup.zona_i$, representa el área que afectará directamente donde se establecerá el proyecto (2.25 ha), la $S_t$, el área ocupada por el predio (24.31), por lo que tomando como referencia el límite máximo permisible por la NOM-041-ECOL-1999 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminante proveniente del escape de los vehículos

automotores en circulación que usan diésel como combustible, la concentración media (*Conc.media*$_i$) será de 200 p.p.m.

Considerando las características del Área del Proyecto, es decir, sin una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, se da un valor de **CA sin = 0.9**. Este valor de CA sin, muestra, en la función de transformación, un valor de 56 p.p.m, mismo que será el valor de referencia inicial en la zona. Sustituyendo en la fórmula se obtuvo un valor de referencia promedio de 18.51 p.p.m. como incremento en la concentración media durante la etapa de preparación del sitio. Con este incremento se obtuvo un valor de 74.51 p.p.m., por lo que la **CA con = 0.8**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.1**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.022, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

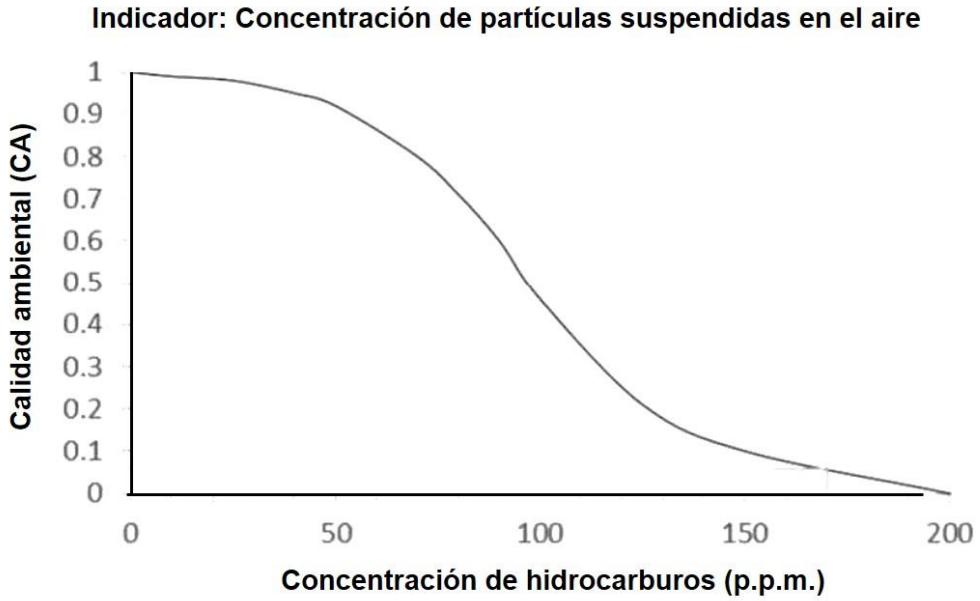



**Figura V.6.- Función de transformación para el indicador de la concentración de hidrocarburos**.

**Impacto A2c.** El uso de maquinaria, equipo y vehículos durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto, provocarán la modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) durante las horas de trabajo en el Área del Proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.44. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$), se calculó a través del indicador de la concentración de hidrocarburos promedio durante tres horas, usando la fórmula y función de transformación del anterior impacto. Tomando en cuenta las características del Área del Proyecto, es decir, sin una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, se da un valor de **CA sin = 0.9**. Este valor de CA sin, muestra, en la función de transformación, un valor de 56

p.p.m, mismo que será el valor de referencia inicial en la zona. Sustituyendo en la fórmula se obtuvo un valor de referencia promedio de 8.38 p.p.m. como incremento en la concentración media durante la etapa de preparación del sitio. Con este incremento se obtuvo un valor de 64.38 p.p.m., por lo que la **CA con = 0.85**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.05**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.022, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

Como ya se mencionó, para el desarrollo del proyecto se contempla el uso de maquinaria, equipo y vehículos como retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador, vibrocompactador y trituradora como fue descrito en el Capítulo II de este Documento Técnico Unificado (DTU). De acuerdo con la valoración de estos impactos, para el desarrollo de las actividades de desmonte, despalme y trituración del material vegetal producto de desmonte, será un impacto **compatible** (**Cm**); mientras que para el movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto se estima que se producirá un impacto **moderado** (**M**). De tal forma que la maquinaria equipo y vehículos al usar combustible diésel emitirá gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera por efecto de la combustión como: dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$), óxido nitroso ($N_2O$), clorofluorocarbonos (CFC), entre otros (INECC 2019).

El gas de efecto invernadero que más contribuye en la modificación de la calidad del aire, y, por ende, del aire actual del Sistema Ambiental Regional, es el $CO_2$. Como se describió en el Capítulo II de este DTU, se estima que la cantidad de toneladas de $CO_2$ emitidas a la atmósfera por el desarrollo de las obras (*i.e*., camino de acceso, Casas y módulos de equipamiento) durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, será de 39.63.

**Tabla V.13.- Toneladas de $CO_2$ emitidos a la atmósfera durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.**

| Obra | Total $CO_2$ (ton) |
|---|---|
| Camino de acceso | 11.13 |
| Casas | 26.52 |
| Módulos de equipamiento | 1.48 |
| Trituración de material vegetal | 0.5 |
| **Total** | **39.63** |

$CO_2$ = Dióxido de Carbono; ton = Toneladas.

Para el año 2021, en México la emisión de $CO_2$ fue de 418 348 000 000 toneladas, por lo tanto, la emisión de $CO_2$ que se estima que será generado por el proyecto (*i.e.*, 39.13 toneladas) corresponde a un 0.0000000095% (Muntean *et al*. 2021). Exclusivamente, para el sector construcción en México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2016), reportó una emisión de 871,510 toneladas de $CO_2$. Por lo que las 39.63 toneladas de $CO_2$ que se

estima que serían generadas por el desarrollo del presente proyecto representan 0.0045% del $CO_2$ que se generó en el sector de construcción (INECC 2016).

**Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores**

**Impacto A3pc**. La generación de residuos provocará la modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante las horas de trabajo durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.22. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través del indicador semi cualitativo del olor del aire, el cual se basa en las siguientes categorías:

**Tabla V.14.- Categorías del indicador semi cualitativo del olor del aire.**

| Rango | Categoría |
|---|---|
| 0 – 1 | Olor agradable |
| 1 – 2 | Sin olor |
| 2 – 3 | Olor prácticamente inapreciable |
| 3 – 4 | Olor moderado |
| 4 – 5 | Olor fuerte y desagradable |
| 5 – 6 | Olor fuerte y muy desagradable |

Tomando en cuenta las características del Área del Proyecto se considera que la calidad ambiental es buena, se da un valor de **CA sin = 0.9**, ya que actualmente la zona no tiene una gran densidad de asentamientos humanos. De acuerdo con la función de transformación, se considera que con proyecto habrá un olor prácticamente inapreciable, es decir con un valor de 3, por lo que el **CA con = 0.6**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.3**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.07, representando un impacto compatible (**Cm**).

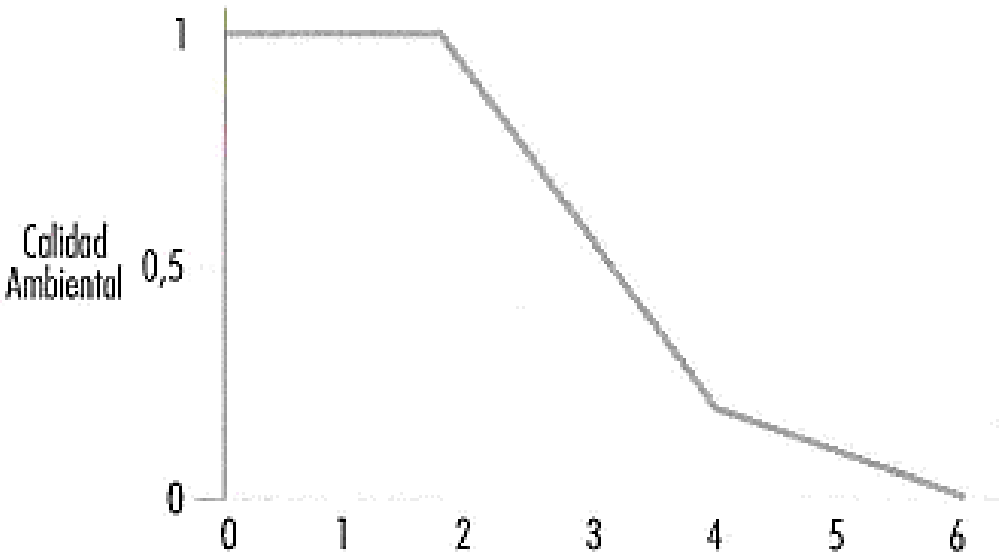



**Figura V.7.- Función de transformación para el indicador semi cualitativo del olor del aire.**

**Impacto A1o.** La generación de residuos provocará la modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados durante las horas de trabajo durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.56. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través del indicador semi cualitativo del olor del aire descrito en el anterior impacto. Así que tomando en cuenta las características del Área del Proyecto se considera que la calidad ambiental es buena, se da un valor de **CA sin = 0.9**, esto debido a que la zona actualmente no tiene una gran densidad de asentamientos humanos. De acuerdo con la función de transformación, se considera que con proyecto habrá un olor prácticamente inapreciable, es decir con un valor de 3, por lo que el **CA con = 0.6**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.3**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.17, representando un impacto moderado (**M**).

- **Confort sonoro**

**Modificación del confort sonoro por la generación de ruido** durante las actividades de desmonte, despalme, trituración de material vegetal, uso de maquinaria, equipo y vehículos, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales.

**Impacto A3p**. Las actividades de desmonte, despalme, trituración de material vegetal y uso de maquinaria, equipo y vehículos provocarán la modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las horas de trabajo en la etapa de preparación del sitio. Para este factor

ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.22. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través del indicador del Nivel sonoro continuo equivalente (*Leq. dB(A)*) diurno, por la superficie de zonas homogéneas, usando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\sum_{1}^{n} Sup.zona_i * LeqdB(A)_i}{S_t}$$

La $Sup.zona_i$, representa el área que afectará directamente donde se establecerá el proyecto (**2.25 ha**), la $S_t$, el Área del Proyecto (**24.31 ha**) y los Leq, dB (A) el nivel de decibeles alcanzados por la emisión de sonidos de los vehículos. Como se puede apreciar en la siguiente Tabla, los decibeles emitidos oscilarán entre 86 y 99, mismos que son los permitidos por la NOM-080-SEMARNAT-1994, y se considerará como nivel máximo 99 dB(A):

**Tabla V.15.- Rangos de niveles de ruido producidos por la maquinaria durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.**

| Vehículo | Peso bruto vehicular (toneladas) | NOM-080-SEMARNAT-1994 | |
|---|---|---|---|
| | | Peso bruto vehicular (toneladas) | Límites máximos permisibles dB |
| Trituradora forestal | 2.3 | Hasta 3 | 86 |
| Camión de volteo | 6.3 | Más de 3 y hasta 10 | 92 |
| Compactador | 10 | Más de 3 y hasta 10 | 92 |
| Cargador frontal | 23 | Más de 10 | 99 |
| Retroexcavadora | 24 | Más de 10 | 99 |

Considerando las características del Área del Proyecto, es decir, sin una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, se da un valor de **CA sin = 0.9**. Este valor de CA sin, muestra, en la función de transformación, un valor de 44 Leq, dB(A), mismo que será el valor de referencia inicial en la zona. Sustituyendo en la fórmula se obtuvo un valor de 9.1629 como incremento en los decibeles durante la etapa de preparación del sitio. Con este incremento se obtuvo un valor de 53.163 Leq, db(A), por lo que la **CA con = 0.8**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.1**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.022, representando un impacto compatible (**Cm**).

**Impacto A4c.** Las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales provocarán la modificación del confort sonoro por la generación de ruido durante las horas de trabajo en la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.33. De igual forma, el índice de magnitud ($I_M$) se calculó a través del indicador del Nivel sonoro continuo equivalente (*Leq. dB(A)*) diurno, por la superficie de zonas

homogéneas. Así que, tomando en cuenta las características del Área del Proyecto, es decir, sin una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, se da un valor de **CA sin = 0.9**. Este valor de CA sin, muestra, en la función de transformación, un valor de 44 Leq, dB(A), mismo que será el valor de referencia inicial en la zona. Sustituyendo en la fórmula se obtuvo un valor de 9.1629 como incremento en los decibeles durante la etapa de preparación del sitio. Con este incremento se obtuvo un valor de 53.163 Leq, db(A), por lo que la **CA con = 0.8**. Por lo tanto, el **CA neto = 0.1**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.033, representando un impacto compatible (**Cm**).

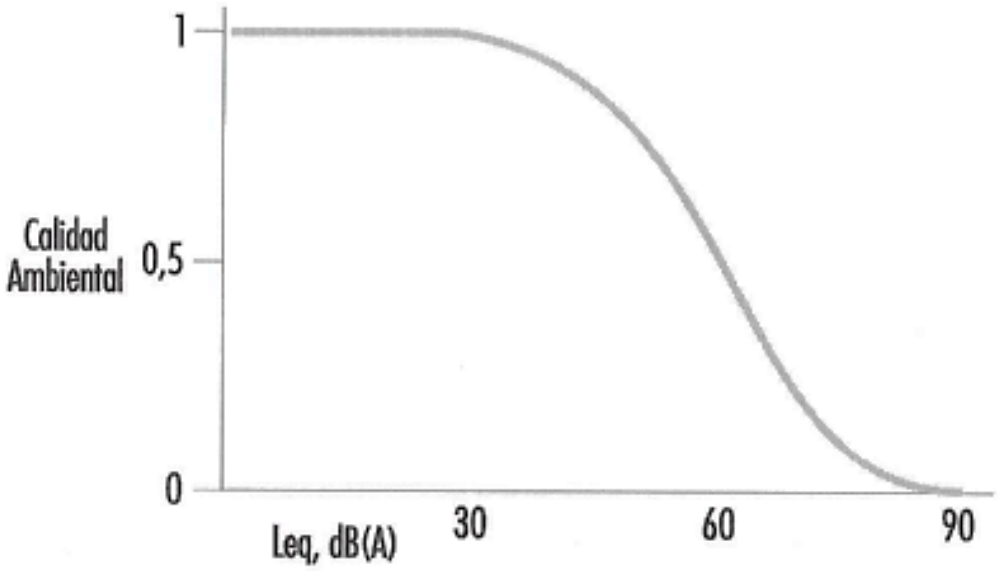



**Figura V.8.- Función de transformación para el indicador del confort sonoro.**

**Factor ambiental: Agua**

El factor ambiental agua verá afectada tanto su **calidad** por: 1) aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y 2) contaminación por mal manejo de residuos durante las tres etapas del proyecto; así como su **cantidad** por: 1) la pérdida de cobertura vegetal afectando la recarga del acuífero durante la etapa de preparación del sitio, y 2) la instalación de infraestructura impidiendo la infiltración de agua y afectando la recarga del acuífero durante la etapa de construcción del proyecto y en algunos, el consumo directo por medio de pozos de extracción. Para este factor ambiental, se identificaron siete interacciones entre dicho factor y las actividades del proyecto, y para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los nueve impactos determinados para el factor ambiental agua, tres de ellos son compatibles y seis son moderados, como se puede observar en la siguiente Tabla:

**Tabla V.16.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental AGUA.**

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **Ag1p** | Modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo por las actividades de desmonte y despalme. | (-) | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 22 | 0.72 | 0.20 | 0.14 | Cm |
| **Ag2p** | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 20 | 0.61 | 0.20 | 0.12 | Cm |
| **Ag3p** | Modificación de la cantidad de agua debido a la pérdida de cobertura vegetal durante las actividades de desmonte y despalme afectando la recarga del acuífero. | (-) | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.20 | 0.16 | M |
| **Ag1c** | Modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) y construcción de edificaciones. | (-) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 27 | 1.00 | 0.20 | 0.20 | S |
| **Ag2c** | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.20 | 0.14 | M |
| **Ag3c** | Modificación de la cantidad de agua debido a la instalación de infraestructura (*i.e.*, cimentación y edificaciones) impidiendo la infiltración del agua afectando la recarga del acuífero. | (-) | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 24 | 0.83 | 0.20 | 0.17 | M |
| **Ag4c** | Modificación de la cantidad de agua por el uso directo para la instalación de infraestructura (i.e., | (-) | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 24 | 0.83 | 0.20 | 0.17 | M |

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| | cimentación y edificaciones) por medio de pozos de extracción. | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ag1o** | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 24 | 0.83 | 0.20 | 0.17 | M |
| **Ag2o** | Modificación de la cantidad de agua por consumo directo por personal y usuarios desde los pozos de extracción. | (-) | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 24 | 0.83 | 0.20 | 0.17 | M |

A continuación, se describe la valoración de los efectos para factor ambiental agua.

- **Calidad del agua**

**Modificación de la calidad del agua por aporte de sedimentos**

**Impacto Ag1p**. Las actividades de desmonte y despalme durante la etapa de preparación del sitio, provocarán la modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo en el área CUSTF del proyecto. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.72. Mientras que para el índice de magnitud ($I_M$) se tomó en cuenta la hidrología del Sistema Ambiental Regional (SAR), en el que se observa que dicha área corresponde a material consolidado, por lo que la penetración del agua queda limitada, generalmente a lo superficial. Así, que la baja introducción del agua al acuífero representaría un bajo aporte de sedimentos al mismo. De tal forma que la magnitud (M) de este impacto se determinó como baja (0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.14, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

**Impacto Ag1c.** Las actividades de movimiento de tierras (*i.e.*, excavación, relleno y compactación) así como construcción de edificaciones durante la etapa de construcción provocará la modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo en el área CUSTF del proyecto. Para este impacto, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 1.0. Mientras que para el índice de magnitud ($I_M$) se tomó en cuenta la hidrología del SAR, en el que se observa que dicha área corresponde a material consolidado, por lo que la penetración del agua queda limitada, generalmente a lo superficial. Así, que la baja introducción del agua al acuífero representaría un bajo aporte de sedimentos al mismo. De tal forma que la magnitud (M) de este impacto se determinó como baja (0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.20, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos**

**Impactos Ag2p, Ag2C, Ag2o**. La generación de residuos durante las tres etapas del proyecto provocará la modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos). El índice de incidencia ($I_{std}$) para los siguientes impactos fue de: Ag2p, $I_{std}$ = 0.61; Ag2c, $I_{std}$ = 0.72; y, Ag2o, $I_{std}$ = 0.83. Mientras que para el índice de magnitud ($I_M$) se tomó en cuenta la hidrología del SAR, en el que se observa que dicha área corresponde a material consolidado, por lo que la penetración del agua queda limitada, generalmente a lo superficial. Así, que la baja introducción del agua al acuífero representaría un bajo aporte de contaminantes al mismo. De tal forma que la magnitud (M) de

este impacto se determinó como baja (0.2). Por lo tanto, el valor del impacto para cada uno de estos impactos es: **Ag2p** ($I_{std} \times I_M$) = **0.12**, representando un impacto **compatible** (**Cm**); **Ag2c** ($I_{std} \times I_M$) = **0.14**, significando un impacto **compatible** (**Cm**); y, **Ag2o** ($I_{std} \times I_M$) = **0.17**, constituyendo un impacto **moderado** (**M**).

- **Cantidad de agua**

**Modificación de la cantidad del agua debido a la pérdida de cobertura vegetal**

**Impacto Ag3p**. Las actividades de desmonte y despalme durante la etapa de preparación del sitio, provocarán la modificación de la cantidad de agua debido a la pérdida de cobertura vegetal afectando la recarga del acuífero. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.78. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó con base en el porcentaje de área que será afectada (2.25 ha) respecto del Área del Proyecto (24.31 ha), representando 9.25% de la vegetación natural del predio. Asimismo, también se consideró que en el Área del Proyecto no existen ninguna corriente hídrica superficial y que el material rocoso es consolidado lo que limita la infiltración del agua, restringiéndose a lo superficial, ya sea evaporándose, absorbiéndose por las plantas o saturando a los suelos del terreno. De tal forma, que la magnitud se determinó como baja (0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.16, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Modificación de la cantidad del agua debido a la instalación de infraestructura**

**Impacto Ag3c**. Las actividades de cimentación y construcción de edificaciones durante la etapa de construcción del proyecto, provocarán la modificación de la cantidad de agua impidiendo la infiltración del agua afectando la recarga del acuífero. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.83. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó con base en el porcentaje (9.25%) de área que será afectada (2.25 ha) respecto de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha). Asimismo, también se consideró que en el Área del Proyecto no existen ninguna corriente hídrica superficial y que el material rocoso es consolidado lo que limita la infiltración del agua, restringiéndose a lo superficial, ya sea evaporándose, absorbiéndose por las plantas o saturando a los suelos del terreno. De tal forma, que la magnitud se determinó como baja (0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.17, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Modificación de la cantidad de agua por consumo directo**

**Impacto Ag4c.** La instalación de infraestructura implicará el uso directo de agua, que se contempla obtener de los pozos de extracción que serán instalados en cada casa. Se contempla

un consumo de 10,000 l de agua por semana, es decir, por un año de construcción se calcula que se consumirán 520,00 l de agua por cada Casa. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.83. El índice de magnitud se determinó como bajo (0.2), debido a que de acuerdo con la relación entre la recarga del acuífero Península de Yucatán y su explotación, el grado de presión del mismo es bajo (no supera el 40%), además de que el consumo total de agua durante la etapa de construcción no comprometerá la capacidad de recarga del mismo. Por consiguiente, el valor del impacto **($I_{std}$ x $I_M$)** es de 0.17, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Impacto Ag2o.** La presencia de personal y usuarios implicará el consumo directo de agua, la cual se obtendrá de los pozos de extracción. Se calcula que en la máxima ocupación de una casa (8 usuarios y 4 trabajadores), se consumirán 1,840 l de agua por Casa al día, además de aproximadamente 45,800 l que se requieren para el llenado de las albercas y las piletas. El índice de magnitud se determinó como bajo (0.2), debido a que de acuerdo con la relación entre la recarga del acuífero Península de Yucatán y su explotación, el grado de presión del mismo es bajo (no supera el 40%), además de que el consumo total de agua durante la etapa de construcción no comprometerá la capacidad de recarga del mismo. Además, se implementarán estrategias para el ahorro de agua en todas las Casas. Por consiguiente, el valor del impacto **($I_{std}$ x $I_M$)** es de 0.17, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Factor ambiental: Suelo**

El factor ambiental suelo verá afectada tanto su **calidad** por: 1) contaminación por posible derrame de combustible durante el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante la etapa de preparación del sitio y 2) contaminación por mal manejo de residuos durante las tres etapas del proyecto; así como su **cantidad** por: 1) la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a la erosión durante la etapa de preparación y construcción del proyecto; y 2) las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) lo que modificará el relieve durante la etapa de construcción del proyecto. Para este factor ambiental, se identificaron siete interacciones entre dicho factor y las actividades del proyecto, y para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los siete impactos determinados para el factor ambiental aire, cuatro de ellos son compatibles y tres son moderados, como se puede observar en la siguiente Tabla:

**Tabla V.17.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental SUELO.**

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **S1p** | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por posible derrame de combustible durante el uso de maquinaria, equipo y vehículos. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 0.67 | 0.2 | 0.13 | Cm |
| **S2p** | Modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a erosión durante las actividades de desmonte y despalme. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 21 | 0.67 | 0.3 | 0.20 | M |
| **S1c** | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por posible derrame de combustible durante el transporte de materiales. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 0.67 | 0.2 | 0.13 | Cm |
| **S2pc** | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 0.67 | 0.2 | 0.13 | Cm |
| **S3c** | Modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a erosión durante las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación). | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 23 | 0.78 | 0.3 | 0.23 | M |
| **S4c** | Alteración de la cantidad de suelo debido a las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) lo que modificará el relieve. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 25 | 0.89 | 0.02 | 0.02 | Cm |
| **S1o** | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.2 | 0.16 | M |

- **Calidad del suelo**

**Modificación de la calidad del suelo por contaminación**

**Impactos S1p, S1c.** El uso de maquinaria, equipo y vehículos, así como el transporte de materiales durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto provocará la modificación de la calidad del suelo por contaminación por un posible derrame de combustible durante las horas de trabajo en el Área del Proyecto. Así que el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos S1p y S1c, fue de 0.67. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se determinó con base en la maquinaria, equipo y vehículos que serán utilizados (*i.e.*, retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador, vibrocompactador). Si la maquinaria no está en buenas condiciones podría presentarse un derrame contaminando el suelo en el sitio. No obstante, dado que la maquinaria es responsabilidad de la empresa contratista, se solicitará a ésta que sea mantenida en buenas condiciones, así como que sea sometida a revisiones y mantenimiento periódico, lo cual deberá ser demostrado con comprobantes. Esto reducirá el riesgo de descomposturas y derrames en el sitio por lo que la magnitud se determinó como muy baja (0.2). Es relevante mencionar que se implementarán medidas preventivas adicionales preventivas que eviten cualquier afectación al suelo. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para ambos impactos (**S1p** y **S1c**) es de **0.13**, siendo ambos impactos **compatibles** (**Cm**).

**Impactos S2pc, S1o**. Asimismo, la generación de residuos durante las horas de trabajo en las tres etapas del proyecto provocará la modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de los mismos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos). Así que el índice de incidencia ($I_{std}$) para el impacto S2pc fue de 0.67 y para el impacto S1o fue de 0.78. Los residuos generados durante las tres etapas del proyecto serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, cuyo objetivo primordial será precisamente el de brindar un manejo integral a los mismos para disminuir al máximo los riesgos de contaminación a los diferentes factores ambientales (*i.e.*, agua, aire, suelo, flora, fauna, paisaje). Como se mencionó en el Capítulo II de este DTU, los **residuos generados serán de tipo líquidos** (*i.e.*, aguas residuales) y **sólidos** clasificados en Residuos Sólidos Urbanos (RSU; estimándose una generación promedio de 17.34 Kg / día durante las etapas de preparación y construcción; y de 12.14 Kg / día durante la etapa de operación y mantenimiento), Biorresiduos, Residuos de Manejo Especial y Residuos Peligrosos (POE 2019, DOF 2021), mismos que serán manejados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos. Tomando en cuenta el tipo de residuos que serán generados por el proyecto y en vista de que se establecerá un programa y subprogramas de manejo (véase Capítulo VII de este DTU) con las medidas necesarias para prevenir impactos al factor ambiental suelo, se determinó una magnitud baja (M = 0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es:

**S2pc** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.13, representando un impacto **compatible** (**Cm**); **S1o** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.16, significando un impacto **moderado** (**M**).

- **Cantidad de suelo**

**Modificación de la cantidad del suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal**

**Impactos S2p, S3c.** Las actividades de desmonte, despalme y movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto provocarán la modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y expuesto a erosión. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos S2p, $I_{std}$ = 0.67 y S3c, $I_{std}$ = 0.89. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se determinó con base en la tasa de peligro de erosión, donde el peligro de erosión en pendientes mayores a 35° es muy alta, en pendientes menores a 35° es alta, en pendientes entre 15° y 5° es moderada, y en pendientes menores a 5° representando lomeríos y planicies, el peligro es bajo. Así que tomando en cuenta que el Área del Proyecto tiene una pendiente no mayor a 1°, el peligro de erosión es bajo. Por lo tanto, la magnitud se determinó como muy baja (0.3). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std}$ × $I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **S2p** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.20, representando un impacto moderado (**M**); **S3c** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.23, significando un impacto moderado (**M**).

**Modificación de la cantidad de suelo debido a las actividades de movimiento de tierras**

**Impacto S4c.** Las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) durante la etapa de construcción del proyecto provocarán la modificación de la cantidad de suelo lo que a su vez modificará el relieve. Por lo que el índice de incidencia ($I_{std}$) fue de 0.89, mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó considerando el área afectada por el desarrollo de las obras del proyecto, para determinar la modificación de la zona con la siguiente expresión matemática.

$$I = \frac{Sup.afectada}{S_t} * 100$$

En la cual la superficie afectada corresponde al área total que será ocupada por las obras (2.25 ha) y el $S_t$ al Área del Proyecto (24.31 ha). Tomando en cuenta las características del AP se considera que la calidad ambiental es buena, se da un valor de **CA sin = 0.9**, ya que actualmente la zona no tiene una gran densidad de carreteras ni de asentamientos humanos, además de que cuenta con un hábitat natural con un alto nivel de conservación. De acuerdo con la función de transformación, el valor de referencia inicial será de 30%. Sustituyendo valores, se obtuvo una cifra de 9.25%, por lo que al final tendrá un porcentaje de 37.25%, por lo que el **CA con = 0.85**,

esto tomando en cuenta que las actividades de desmonte, despalme y trituración de material vegetal durante la etapa de preparación del sitio se realizarán de manera gradual. Por lo tanto, el **CA neto = 0.05**, de tal forma que el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.044, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

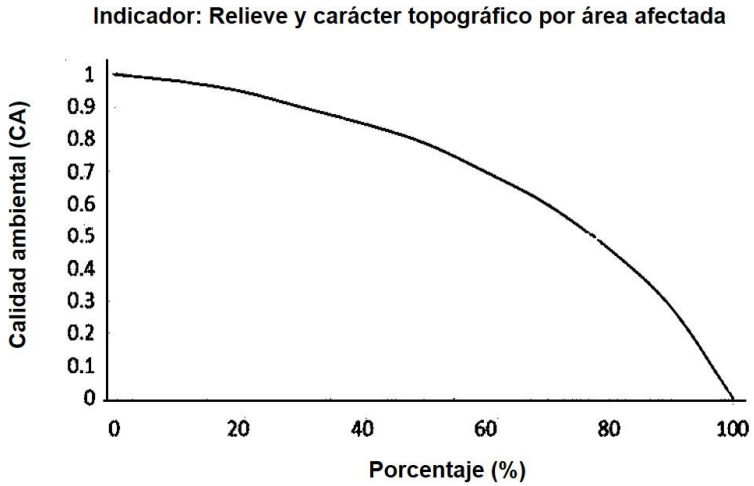



**Figura V.9.- Función de transformación para el indicador relieve y carácter topográfico.**

**Factor ambiental: Flora**

El factor ambiental flora verá afectada tanto su **cobertura vegetal** por la eliminación de la vegetación, las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF, así como el uso de maquinaria, equipo y vehículos y transporte de materiales, lo que a su vez modificará el hábitat durante la etapa de preparación y construcción del proyecto; así como a **las especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010** por: 1) la remoción de cobertura vegetal durante las acciones de desmonte y despalme; 2) contaminación por mal manejo de residuos generados durante las tres etapas del proyecto; 3) transporte de materiales, paso de maquinaria y vehículos, así como por la presencia de personal y usuarios durante las tres etapas del proyecto, y 4) introducción de especies exóticas por el transporte de materiales, paso de maquinaria y vehículos, así como por la presencia de personal y usuarios durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los 12 impactos determinados para el factor ambiental flora, tres de ellos son compatibles, ocho son moderados y uno severo, como se puede observar en la siguiente Tabla:

**Tabla V.18.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental FLORA.**

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **Fl1p** | Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF, lo que a su vez modificará el hábitat. | (-) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 25 | 0.89 | 0.2 | 0.18 | M |
| **Fl2p** | Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por el uso de maquinaria, equipo y vehículos para llevar a cabo las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 18 | 0.50 | 0.2 | 0.10 | Cm |
| **Fl3p** | Mortandad a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal durante las acciones de desmonte y despalme. | (-) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 25 | 0.89 | 0.5 | 0.44 | S |
| **Fl4p** | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y uso de maquinaria, equipo y vehículos. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 16 | 0.39 | 0.4 | 0.16 | M |
| **Fl1c** | Reducción de la cobertura vegetal por el transporte de materiales, así como por el uso de maquinaria, equipo y vehículos durante la etapa de construcción. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 15 | 0.33 | 0.2 | 0.07 | Cm |
| **Fl2pc** | Reducción de la cobertura vegetal debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15 | 0.33 | 0.2 | 0.07 | Cm |
| **Fl3c** | Mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la introducción de especies exóticas por | (-) | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.4 | 0.31 | M |

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| | el transporte de materiales, presencia de personal y paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción. | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Fl4c** | Mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el transporte de materiales, presencia de personal y paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.4 | 0.29 | M |
| **Fl5pc** | Mortandad o daño a especies de flora silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación y construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 20 | 0.61 | 0.4 | 0.24 | M |
| **Fl1o** | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.4 | 0.31 | M |
| **Fl2o** | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.4 | 0.31 | M |
| **Fl3o** | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 0.67 | 0.4 | 0.27 | M |

- **Cobertura vegetal**

**Reducción de la cobertura vegetal**

**Impacto Fl1p**. Las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme para la superficie de CUSTF provocarán la reducción de la cobertura vegetal por la eliminación de la vegetación, lo que, a su vez, modificará el hábitat durante la etapa de preparación del sitio. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.89. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se obtuvo considerando el porcentaje de vegetación que será desmontada (2.25 ha = 9.25%) respecto de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha = 100%). Por lo tanto, la magnitud se consideró baja de 0.2. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.18, representando un impacto **moderado** (**M**).

**Impacto Fl2p.** El uso de maquinaria, equipo y vehículos provocará la reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación para llevar a cabo las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.50. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se obtuvo considerando el porcentaje de vegetación que será desmontada (2.25 ha = 9.25%) respecto de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha = 100%). Por lo tanto, la magnitud se consideró baja de 0.2. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.10, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

**Impacto Fl1c.** El transporte de materiales, así como el uso de maquinaria, equipo y vehículos provocará la reducción de la cobertura vegetal durante la etapa de construcción. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.33. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se obtuvo considerando el porcentaje de vegetación que será desmontada (2.25 ha = 9.25%) respecto de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha = 100%). Por lo tanto, la magnitud se consideró baja de 0.2. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.07, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

**Impacto Fl2pc.** La generación de residuos durante las horas de trabajo en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto provocará la reducción de la cobertura vegetal debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos). Así que el índice de incidencia ($I_{std}$) para este impacto fue de 0.33. Tomando en cuenta el tipo de residuos que serán generados por el proyecto (*i.e.*, sólidos y líquidos) y en vista de que se establecerá un Programa de Manejo Integral de Residuos, así como el Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos y el Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (véase Capítulo VII de este DTU) con las medidas necesarias para prevenir impactos al factor

ambiental flora, se determinó una magnitud baja (M = 0.2). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std}$ × $I_M$)** para este impacto es de 0.07, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

- **Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

**Mortandad de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

**Impacto Fl3p**. Las actividades de desmonte y despalme provocarán mortandad a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.89. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó tomando en cuenta a las especies de flora que fueron registradas en el Área del Proyecto en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), ya que podrían ser dañadas o eliminadas, considerando la categoría de riesgo, el número de especies, así como las medidas de manejo que serán implementadas a través del Programa de Manejo Integral del Flora (para más detalle, véase Capítulo VII) para evitar cualquier afectación a estas especie, de tal forma que la magnitud se definió como media (0.5). Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std}$ × $I_M$)** es de 0.44, representando un impacto **severo** (**S**).

**Impacto Fl4p, Fl4c, Fl1o.** La presencia de personal y usuarios, así como el uso de maquinaria y vehículos y el transporte de materiales provocarán mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las tres etapas del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos Fl4p, $I_{std}$ = 0.39; Fl4c, $I_{std}$ = 0.72, y Fl1o, $I_{std}$ = 0.78. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se determinó tomando en cuenta a las especies de flora que fueron registradas en el Área del Proyecto en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), ya que podrían ser dañadas o eliminadas, considerando la categoría de riesgo, el número de especies; considerando también el número de trabajadores (20 simultáneos en la etapa de preparación del sitio y construcción y 33 en la etapa de operación y mantenimiento), el tipo de maquinaria que será utilizada (*i.e.*, retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador, vibrocompactador), vehículos (*i.e.*, camionetas pick up), así como la forma en que serán manejados estos impactos (Programa de Manejo Ambiental, Programa de Manejo Integral de Flora, Programa de Educación Ambiental, Programa de Acciones independientes), determinándose una magnitud de 0.4. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std}$ × $I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **Fl4p** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.16, representando un impacto **moderado** (**M**); **Fl4c** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.29, significando un impacto **moderado** (**M**), y **Fl4c** ($I_{std}$ × $I_M$) = 0.31, constituyendo un impacto **moderado** (**M**).

**Impacto Fl5p, Fl5pc, Fl1o.** La presencia de personal y usuarios, así como el uso de maquinaria y vehículos y el transporte de materiales provocarán mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las tres etapas del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos Fl4p, $I_{std}$ = 0.39; Fl4c, $I_{std}$ = 0.72; y, Fl1o, $I_{std}$ = 0.78. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se determinó tomando en cuenta a las especies de flora que fueron registradas en el Área del Proyecto en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), ya que podrían ser dañadas o eliminadas, considerando la categoría de riesgo y el número de especies; considerando también el número de trabajadores (20 simultáneos en la etapa de preparación del sitio y construcción, y 33 en la etapa de operación y mantenimiento), el tipo de maquinaria que será utilizada (*i.e.*, retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador, vibrocompactador), vehículos (*i.e.*, camionetas pick up), así como la forma en que serán manejados estos impactos (Programa de Manejo Ambiental, Programa de Manejo Integral de Flora, Programa de Educación Ambiental, Programa de Acciones independientes), determinándose una magnitud de 0.4. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **Fl4p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.16, representando un impacto **moderado** (**M**); **Fl4c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.29, significando un impacto **moderado** (**M**), y **Fl4c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.31, constituyendo un impacto **moderado** (**M**).

**Impacto Fl5pc, Fl3o**. La generación de residuos puede provocar mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos Fl5pc, $I_{std}$ = 0.33; y, Fl3o, $I_{std}$ = 0.67. Tomando en cuenta el tipo de residuos que serán generados por el proyecto (*i.e.*, sólidos y líquidos) y en vista de que se establecerá un Programa de Manejo Integral de Residuos, así como el Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos y el Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (véase Capítulo VII de este DTU) con las medidas necesarias para prevenir impactos al factor ambiental flora, se determinó una magnitud de 0.4. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **Fl5pc** ($I_{std} \times I_M$) = 0.24, representando un impacto **moderado** (**M**), y **Fl3o** ($I_{std} \times I_M$) = 0.27, significando un impacto **moderado** (**M**).

**Impacto Fl3c, Fl2o**. El transporte de materiales, uso de maquinaria y vehículos, así como la presencia de personal y usuarios pueden inducir a la introducción de especies exóticas provocando mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, modificando la dinámica de las especies que coexisten en la zona. Por lo que el índice de incidencia ($I_{std}$) determinado para ambos impactos fue de 0.78. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó tomando en cuenta el número de trabajadores que estarán presentes en el Área del Proyecto (20 simultáneos en etapa de preparación del sitio y

construcción y 33 en la etapa de operación y mantenimiento), el tipo de maquinaria que será utilizada (*i.e.*, retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador, vibrocompactador), vehículos (*i.e*., camionetas pick up), así como la forma en que serán manejados estos impactos (Programa de Manejo Ambiental, Programa de Manejo Integral de Flora, Programa de Educación Ambiental, Programa de Acciones independientes), determinándose una magnitud de 0.4. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para ambos impactos fue de 0.31, representando impactos **moderados** (**M**).

**Factor ambiental: Fauna**

El factor ambiental fauna verá afectado tanto su **hábitat** por la pérdida de la cobertura vegetal por las actividades de desmonte, despalme, uso de maquinaria, equipo y vehículos, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto; así como a **las especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010** por: 1) la alteración del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de trituración de material vegetal producto del desmonte, así como por las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto lo que puede provocar ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna; 2) la presencia de personal y usuarios, lo que puede provocar ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de los individuos de fauna; 3) por posible atropellamiento por el transporte de materiales y el paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento del proyecto; 4) debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos generados durante las tres etapas del proyecto, lo que puede provocar mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna, y 5) debido a la introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento, lo que puede provocar mortandad o daño a especies de fauna. Para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los 14 impactos determinados para el factor ambiental fauna, tres de ellos son compatibles, seis son moderados y cinco severos, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla V.19. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental FAUNA.**

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **F1p** | Modificación del hábitat por la pérdida de cobertura vegetal durante las actividades de desmonte y despalme, lo que conlleva al ahuyentamiento, mortandad o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. | (-) | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 24 | 0.83 | 0.4 | 0.33 | M |
| **F2p** | Modificación del hábitat por la generación de ruido por el uso de maquinaria, equipo y vehículos, lo que conlleva al ahuyentamiento o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 20 | 0.61 | 0.4 | 0.24 | M |
| **F3p** | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de trituración de material vegetal producto del desmonte. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 0.28 | 0.4 | 0.11 | Cm |
| **F4p** | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 17 | 0.44 | 0.4 | 0.18 | M |
| **F5p** | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento debido a el uso de maquinaria y vehículos durante la etapa de preparación del sitio. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 16 | 0.39 | 0.4 | 0.16 | M |
| **F6p** | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15 | 0.33 | 0.4 | 0.13 | Cm |

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| | debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del sitio. | | | | | | | | | | | | | | | |
| **F1c** | Modificación del hábitat por las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones, transporte de materiales y uso de maquinaria, equipo y vehículos durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 24 | 0.83 | 0.4 | 0.33 | M |
| **F2c** | Desplazamiento de individuos de especies de fauna silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido por las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 20 | 0.61 | 0.6 | 0.37 | S |
| **F3c** | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento por el transporte de materiales y el paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.6 | 0.43 | S |
| **F4c** | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15 | 0.33 | 0.4 | 0.13 | Cm |

| Clave impacto | Impacto | Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| **F5c** | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto. | (-) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17 | 0.44 | 0.4 | 0.18 | M |
| **F1o** | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y usuarios. | (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 23 | 0.78 | 0.6 | 0.47 | S |
| **F2o** | Mortandad o daño a especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 25 | 0.89 | 0.6 | 0.53 | S |
| **F3o** | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | (-) | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.6 | 0.43 | S |

- **Hábitat**

**Impacto F1p, F2p, F1c.** Las actividades de desmonte, despalme, uso de maquinaria, equipo y vehículos, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones y transporte de materiales puede provocar la modificación del hábitat por la pérdida de cobertura vegetal, lo que conlleva al ahuyentamiento, mortandad o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) durante las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos F1p, $I_{std}$ = 0.83; F2p, $I_{std}$ = 0.61; y, F1c, $I_{std}$ = 0.83. Mientras que el índice de magnitud ($I_M$) se obtuvo considerando la superficie que será afectada (2.25 ha = 9.25%) respecto de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha = 100%). Así que la magnitud determinada fue de 0.4. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **F1p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.33, representando un impacto **moderado** (**M**); **F2p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.24, significando un impacto **moderado** (**M**); y, **F1c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.33, constituyendo un impacto **moderado** (**M**).

- **Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

**Impacto F3p, F2c**. Las actividades de trituración de material vegetal producto del desmonte, así como las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales pueden provocar ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), debido a la alteración del confort sonoro durante las horas de trabajo en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos F3p, $I_{std}$ = 0.28; y, F2c, $I_{std}$ = 0.61. La contaminación acústica puede alterar la distribución y comportamiento de las especies clave de fauna lo que puede tener efectos en cascada sobre la integridad de los ecosistemas (LV 2017). No obstante, el ruido no será constante; además, a través del Programa de Acciones Independientes (véase Capítulo VII de este DTU), se vigilará el cumplimiento de las medidas descritas en dicho programa para disminuir el impacto a este factor, así como la vigilancia de lo dispuesto en la NOM-080-ECOL-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. Por esto, la magnitud se determinó como baja (0.4) en la etapa de preparación del sitio y como media (0.6) en la etapa de construcción. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **F3p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.11, representando un impacto **compatible** (**Cm**), y **F2c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.37, significando un impacto **severo** (**S**).

**Impacto F4p, F4c, F1o.** La presencia de personal y usuarios puede provocar mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-

059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) en las tres etapas del proyecto; además, las personas en el área podrían cazar o capturar a los individuos. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos F4p, $I_{std}$ = 0.44; F4c, $I_{std}$ = 0.33, y F1o, $I_{std}$ = 0.78. Tomando en cuenta el número de empleados (20 simultáneos en la etapa de preparación del sitio y construcción y 33 en la etapa de operación y mantenimiento), así como a los usuarios que lleguen a estar presentes en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, y aunque se establecerán horarios de trabajo, estos representan un factor de impacto importante para la fauna silvestre y para las especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019). Considerando también el establecimiento de un Programa de Manejo Ambiental y de un Programa de Educación Ambiental (véase Capítulo VII de este DTU), a través de los cuales se plantean medidas para reducir el impacto a este factor ambiental, tales como pláticas de concientización, señalética, folletos, mantas informativas, aunado a una supervisión y vigilancia para evitar cualquier daño a la fauna por el personal y usuarios, se determinó que la magnitud de este impacto será baja (0.4) en las etapas de preparación del sitio y construcción, y media (0.6) en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **F4p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.18, representando un impacto **moderado** (**M**); **F4c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.13, significando un impacto **compatible** (**Cm**), y **F1o** ($I_{std} \times I_M$) = 0.47, significando un impacto **severo** (**S**).

**Impacto F5p, F3c**. El uso de maquinaria y vehículos, así como el transporte de materiales puede provocar mortandad o daño a especies de fauna silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), por posible atropellamiento durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos F4p, $I_{std}$ = 0.39 y F4c, $I_{std}$ = 0.72. Tomando en cuenta el tipo de maquinaria y vehículos a ser utilizados (*i.e.*, retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador y camionetas pick up), así como el establecimiento de medidas a través del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna y del Programa de Educación Ambiental (véase Capítulo VII de este DTU), como instalación de señalética para reducir la velocidad en los caminos y avisos de fauna silvestre presente en la zona, esto con la finalidad de disminuir al máximo el riesgo de impacto a este factor ambiental, se determinó que la magnitud de este impacto será baja (0.4) en la etapa de preparación del sitio, y media (0.6) en la etapa de construcción del proyecto. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para estos impactos es: **F5p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.16, representando un impacto **moderado** (**M**), y **F3c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.43, significando un impacto **severo** (**S**).

**Impacto F6p, F5c, F3o**. La generación de residuos durante las tres etapas del proyecto puede provocar la mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), debido a la modificación del hábitat por contaminación a los diferentes factores ambientales (*e.g.*, agua, suelo) por el manejo de los mismos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos representando un

obstáculo que impide el libre desplazamiento de los organismos). Por lo que se obtuvo el índice de incidencia ($I_{std}$) para los impactos F6p, $I_{std}$ = 0.33; F5c, $I_{std}$ = 0.44, y F3o, $I_{std}$ = 0.72. Tomando en cuenta el tipo de residuos que serán generados por el proyecto (*i.e*., sólidos y líquidos) y en vista de que se establecerá un Programa de Manejo Integral de Residuos, así como el Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos y el Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (véase Capítulo VII de este DTU) con las medidas necesarias para prevenir impactos a los diferentes factores ambientales (*e.g*., agua, suelo) y en consecuencia a la fauna, se determinó una magnitud de 0.4 en las etapas de preparación del sitio y construcción y una magnitud de 0.6 en la etapa de operación y mantenimiento. Por lo tanto, el valor del impacto **($I_{std} \times I_M$)** para cada uno de estos impactos es: **F6p** ($I_{std} \times I_M$) = 0.13, representando un impacto **compatible** (**Cm**); **F5c** ($I_{std} \times I_M$) = 0.18, significando un impacto **moderado** (**M**), y **F3o** ($I_{std} \times I_M$) = 0.43, significando un impacto **severo** (**S**).

**Impacto F2o**. La presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto podría ocasionar la introducción de especies exóticas, las cuales podrían establecerse en el área compitiendo por recursos, tales como sitios de alimentación, reproducción, descanso o refugio produciendo mortandad, daño o alteración del comportamiento de las especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010). Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.89. Por su parte, el índice de magnitud ($I_M$) se determinó considerando la cantidad de personas (trabajadores 33; usuarios 64 en la mayor ocupación), por lo que se determinó como media 0.6. Por lo tanto, el valor de este impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.53, representando un impacto **severo** (**S**). A pesar de ser un impacto severo, se establecerán medidas a través del Programa de Manejo Ambiental y del Programa de Educación Ambiental, con la finalidad de reducir el impacto a este factor ambiental.

**Factor ambiental: Paisaje**

El factor ambiental paisaje verá afectada su incidencia visual debido a la remoción de la vegetación. Para cada una de estas interacciones se realizó la valoración de sus impactos ambientales. De los dos impactos determinados para el factor ambiental paisaje, uno de ellos es compatible y el otro es moderado, como se puede observar en la siguiente Tabla.

**Tabla V.20.- Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental PAISAJE.**

**P1p**. Modificación del paisaje debido a la eliminación de la vegetación por las actividades de desmonte y despalme**.**

| Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.2 | 0.14 | Cm |

| P1c. Modificación del paisaje debido a la construcción de las edificaciones. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Atributos | | | | | | | | | | Índice I | $I_{std}$ | Magnitud *M* | Valor del impacto $I_{std}$ *M | Valor de juicio |
| Signo | I | A | S | M | P | Rv | R | Pd | C | | | | | |
| (-) | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 22 | 0.72 | 0.2 | 0.14 | Cm |

**Modificación del paisaje**

**Impacto P1p, P1c**. Las actividades de desmonte y despalme, así como la construcción de edificaciones durante las etapas de preparación y construcción del proyecto provocarán la modificación del paisaje, impactándola de forma directa, modificando la percepción del entorno en el Área del Proyecto. Para ambos factores ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.72. Considerando el bajo porcentaje (9.25%) de área a ser afectada por la eliminación de la vegetación, la magnitud se consideró como baja (0.2). Por lo que el valor de ambos impactos **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.14, representando ambos impactos **compatibles** (**Cm**).

**Factor ambiental: Sociedad**

- **Nivel de empleo**

**Impacto C1pco**. La ejecución del proyecto representa una fuente de empleo en cada una de sus etapas. Para este factor ambiental, se obtuvo un índice de incidencia ($I_{std}$) con un valor de 0.72. A pesar de que la cantidad de empleos que serán generados por el proyecto es pequeña (*i.e.*, 20 empleos en las etapas de preparación y construcción; 14 empleos en la etapa de operación y mantenimiento) respecto de la población desempleada en la región, el empleo de miembros de la comunidad que habita en el área repercutirá de forma positiva en el índice de empleo, aunque a mínima escala, por lo que el índice de magnitud ($I_M$) se determinó en 0.2. Por lo que el valor de este impacto **($I_{std} \times I_M$)** es de 0.14, representando un impacto **compatible** (**Cm**).

**Tabla V.21.-Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental SOCIEDAD.**

| **C1pco. Incremento en el nivel de empleo en el área pues se contratarán trabajadores en todas las fases del proyecto.** | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Atributos** | | | | | | | | | | **Índice I** | **$I_{std}$** | **Magnitud *M*** | **Valor del impacto $I_{std}$ *M*** | **Valor de juicio** |
| **Signo** | **I** | **A** | **S** | **M** | **P** | **Rv** | **R** | **Pd** | **C** | | | | | |
| **(+)** | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 22 | 0.72 | 0.20 | 0.14 | Cm |

## Impactos relevantes

Después de la identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales, se determinaron 53 impactos ambientales, de los cuales la mayor parte fueron moderados (25 impactos), seguidos por los compatibles (22 impactos) y los severos (seis impactos). No se determinó ningún impacto como crítico.

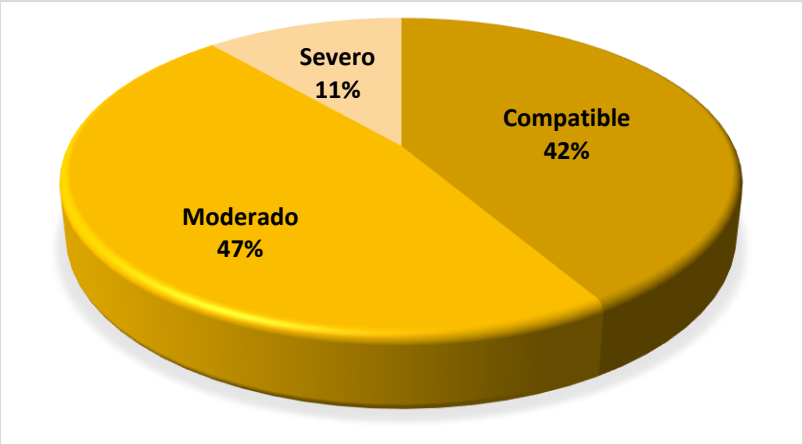



**Figura V.10.- Proporción de impactos de acuerdo con su valor de juicio.**

Como se puede apreciar en la siguiente Tabla, los impactos severos ocurren, en primer lugar, para el factor ambiental fauna, y, en segundo lugar, para el factor ambiental flora, mientras que el factor ambiental con mayor número de impactos moderados fue el de flora, seguido por el factor de fauna, luego el factor suelo, y en último lugar, los factores de aire y agua:

**Tabla V.22.- Número de impactos ambientales por factor y valor de juicio.**

| Impacto | Aire | Suelo | Agua | Flora | Fauna | Paisaje | Sociedad | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Crítico** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Severo** | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | **6** |
| **Moderado** | 2 | 4 | 5 | 8 | 6 | 0 | 0 | **25** |
| **Compatible** | 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | **22** |
| **Total** | **8** | **7** | **9** | **12** | **14** | **2** | **1** | **53** |

Con base en esto, se presenta a continuación, la descripción de los impactos ambientales valorados como severos, ya que son los que implicarían un mayor efecto sobre el ambiente. En este orden de ideas, cabe señalar que, aunque el efecto en la flora por el desmonte y despalme representa un impacto moderado, se considera en la descripción de los impactos, ya que la pérdida de cobertura vegetal siempre será un efecto importante:

**Tabla V.23.- Impactos ambientales valorados como severos.**

<table>
<tr><th>Clave impacto</th><th colspan="2">Impacto</th><th>Valor de juicio</th></tr>
<tr><td>Fl1p</td><td colspan="2">Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF, lo que a su vez modificará el hábitat.</td><td>M</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="3">Durante la fase de preparación del sitio, el desmonte y despalme del área de CUSTF ocasionará una disminución en la cobertura vegetal, pues será retirada de forma definitiva. Aunque se realizará el rescate de especies, la afectación será considerable en el área de CUSTF pues se afectarán 2.25 ha, lo que corresponde al 9.25% del Área del Proyecto (24.31 ha) y el 2.11 % del Sistema Ambiental Regional (106.71 ha). El tipo de vegetación afectada será la de selva con Palma Chit.</td></tr>
<tr><td>Fl3p</td><td colspan="2">Mortandad a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal durante las acciones de desmonte y despalme.</td><td>S</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="3">Como se mencionó en el Capítulo IV, mientras que en el Sistema Ambiental Regional se registraron cuatro especies de flora bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (2019), en el Área del Proyecto se registró una especie.
Tabla V.24. Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio.
<table>
<tr><th rowspan="2">Forma Biológica</th><th rowspan="2">Nombre Científico</th><th rowspan="2">Nombre Común</th><th rowspan="2">Categoría</th><th colspan="2">Ubicación</th></tr>
<tr><th>AP</th><th>SAR</th></tr>
<tr><td>Árbol</td><td>Avicennia germinans</td><td>Mangle negro</td><td>A</td><td></td><td>X</td></tr>
<tr><td></td><td>Conocarpus erectus</td><td>Mangle botoncillo</td><td>A</td><td></td><td>X</td></tr>
<tr><td></td><td>Rhizophora mangle</td><td>Mangle Rojo</td><td>A</td><td></td><td>X</td></tr>
<tr><td>Arbusto</td><td>Thrinax radiata</td><td>Palma Chit</td><td>A</td><td>X</td><td>X</td></tr>
</table>
Ante la presencia de una especie de flora bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (2019), en el Área del Proyecto existe el riesgo de daño o mortandad durante las actividades de desmonte y despalme, ya que son actividades en las cuales se elimina toda la vegetación.<br>No obstante, se implementará un Programa de Manejo Integral de Flora, el cual contempla la ejecución de un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora (véase Capítulo VII de este DTU), en el cual se contempla proteger en el mayor grado posible a las especies de flora presente en el Área del Proyecto, rescatando de forma oportuna (antes del desmonte, despalme y procesos constructivos), a las especies de flora: nativas, bajo alguna categoría de riesgo, prioritarias o endémicas, así como eligiendo las estrategias y métodos para realizar las acciones de rescate, manejo y reubicación de especies de flora acordes con la biología de cada especie. Así, la implementación de este programa y subprograma permitirán prevenir los efectos negativos a la flora por las actividades de desmonte y despalme.</td></tr>
</table>

| Clave impacto | Impacto | Valor de juicio |
|---|---|---|
| **F2c** | Desplazamiento de individuos de especies de fauna silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido por las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto. | S |
| **Descripción** | La contaminación acústica puede alterar la distribución y comportamiento de las especies clave de fauna (silvestre y alguna en categoría de riesgo) lo que puede tener efectos en cascada sobre la integridad de los ecosistemas (LV 2017). No obstante, el ruido no será constante; además, a través del Programa de Acciones Independientes (véase Capítulo VII de este DTU), se vigilará el cumplimiento de las medidas descritas en dicho programa para disminuir el impacto a este factor, así como la vigilancia de lo dispuesto en la NOM-080-ECOL-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. | |
| **F3c** | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento por el transporte de materiales y el paso de maquinaria y vehículos durante la etapa de construcción del proyecto. | S |
| **Descripción** | El uso de maquinaria pesada (i.e., retroexcavadora, cargador frontal, camión de volteo, compactador) y vehículos (i.e., camionetas pick-up) para llevar a cabo las actividades constructivas del proyecto podría afectar la flora silvestre o bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, del Área del Proyecto si no se transita por áreas establecidas o delimitadas para tal fin y si no se implementan medidas para su protección.<br>Por lo que se establecerán medidas a través del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna y del Programa de Educación Ambiental (véase Capítulo VII de este DTU), como instalación de señalética para reducir la velocidad en los caminos y avisos de fauna silvestre presente en la zona, esto con la finalidad de disminuir al máximo el riesgo de impacto a este factor ambiental. | |
| **F1o** | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y usuarios. | S |
| **Descripción** | En todo tipo de proyectos el personal que labora en las obras, así como los usuarios, representan un riesgo para las especies de fauna, ya que las personas pueden acceder a los hábitats naturales adyacentes a las casas y caminos y dañar a los organismos. De tal forma, que se implementará un Programa de Educación Ambiental (véase Capítulo II de este DTU) para concientizar al personal y usurarios acerca de la importancia de estas especies, mediante la impartición de pláticas de educación ambiental, apoyados con folletos, señalética y mantas informativas instaladas en sitios estratégicos dentro del área del proyecto. | |
| F2o | Mortandad o daño a especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | S |
| Descripción | La presencia de personal y usuarios en el Área del Proyecto puede ocasionar daños a la fauna silvestre o bajo alguna categoría de riesgo por la introducción de especies exóticas, como perros, gatos o algún otro tipo de mascotas, que si son liberadas, intencional o accidentalmente, podrían establecer poblaciones en el área compitiendo por recursos, tales como sitios de alimentación, reproducción, descanso o refugio produciendo mortandad, daño o alteración del comportamiento de las especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010). En | |

| Clave impacto | Impacto | Valor de juicio |
|---|---|---|
| | vista de ello, se establecerá un Programa de Manejo Ambiental el cual incluye un Programa de Educación Ambiental (véase Capítulo VII de este DTU), con lo que se espera evitar la introducción de especies exóticas y, por lo tanto, el impacto hacia la fauna nativa. | |
| F3o | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos (e.g., colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | S |
| Descripción | La generación de residuos puede provocar la mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), debido a la modificación del hábitat por contaminación a los diferentes factores ambientales (e.g., agua, suelo) por un mal manejo de los mismos (e.g., colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos representando un obstáculo que impide el libre desplazamiento de los organismos). Tomando en cuenta el tipo de residuos que serán generados por el proyecto (i.e., sólidos y líquidos), se establecerá un Programa de Manejo Integral de Residuos, así como el Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos y el Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (véase Capítulo VII de este DTU) con las medidas necesarias para prevenir impactos a los diferentes factores ambientales (e.g., agua, suelo) y en consecuencia a la fauna. | |

## V.6 Impactos residuales

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental en su fracción X, define al impacto ambiental residual como aquél que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación. En este sentido, a continuación, se describen los impactos residuales identificados para el proyecto, así como las medidas que de ser el caso se implementarán para evitar estos efectos.

**Alteración a las características físico-químicas de los factores ambientales por la generación de residuos (sólidos y líquidos)**

Uno de los efectos importantes de la ejecución de cualquier proyecto es la generación de desechos; un manejo y confinamiento inadecuado de los mismos podría ser un problema y causar efectos ambientales no favorables. Para evitar esto se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (véase Capítulo VII de este DTU), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que a su vez serán manejados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos líquidos. La gestión de los residuos generados por el proyecto se ajustará con lo dispuesto en el marco normativo regulador, a saber: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF 2021), Ley para la prevención, gestión integral y economía

circular de los residuos del estado de Quintana Roo, Nueva ley publicada (POE 2019) y Programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos en el estado de Quintana Roo (SEDUMA 2009), como fue señalado en el Capítulo II de este Documento Técnico Unificado (DTU). De esta manera, se espera que este programa permita cumplir con la regulación ambiental respecto al manejo de los residuos, desde su generación, clasificación, separación, recolección, almacenamiento, transporte y disposición final durante todas las etapas del proyecto. Todo ello con el fin de evitar afectaciones a los diferentes factores ambientales (*i.e*., aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje).

**Mortandad o afectación a los individuos de especies de fauna silvestre en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

Las actividades a realizarse por el desarrollo del proyecto podrían afectar a las especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (DOF 2019), que fueron identificadas en el SAR y en el Área del Proyecto, las cuales se observan en la siguiente tabla:

**Tabla V.25.- Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio, diferenciando a las presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP). Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr).**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ÁP | SAR |
| Reptiles | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Pr | | X |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | A | | X |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | A | X | X |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Pr | X | X |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Pr | | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | A | X | X |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Pr | | X |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | A | | X |
| Aves | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | A | | X |
| | Laridae | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Pr | | X |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | P | | X |
| | Cathartidae | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Pr | | X |
| | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Pr | | X |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Pr | X | X |

Tomando en cuenta las especies de fauna bajo alguna categoría de riesgo en el Área del Proyecto, se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, así como un Programa de Educación Ambiental (dirigido a personal y usuarios), los cuales establecen medidas para la protección y manejo de fauna en las distintas etapas del proyecto. El cumplimiento de estas medidas será supervisado y vigilado mediante el Programa de Manejo Ambiental. Con esto, el impacto a la fauna se estima que será muy bajo.

**Mortandad o afectación a los individuos de especies de flora silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

Las actividades a realizarse por el desarrollo del proyecto podrían afectar a las especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo Normativo III (DOF 2019), que fueron identificadas en el SAR y en el Área del Proyecto, las cuales pueden observarse en la siguiente tabla:

**Tabla V.26.- Especies NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de estudio, diferenciando a las presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP). Amenazada (A).**

| Forma Biológica | Nombre Científico | Nombre Común | Categoría | Ubicación Área del Proyecto | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AP | SAR |
| **Árbol** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | A | | X |
| | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | A | | X |
| | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | A | | X |
| **Arbusto** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | A | X | X |

Tomando en cuenta las especies de flora bajo alguna categoría de riesgo en el Área del Proyecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Flora, el cual incluye a un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, e igualmente se implementará un Programa de Educación Ambiental (dirigido a personal y usuarios), todos los cuales establecen medidas para la protección y manejo de flora en las distintas etapas del proyecto. El cumplimiento de estas medidas será supervisado y vigilado mediante el Programa de Manejo Ambiental, con lo cual se estima que el impacto a la flora será muy bajo.

**Beneficio social**

Como parte de la ejecución del proyecto, se incidirá en la economía de la población del municipio, pues se pretende dar empleo a 49 personas durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, y a 33 personas durante las etapas de operación y mantenimiento. Además, se espera promover la educación ambiental y la preservación de los recursos entre los empleados, para reducir efectos negativos a los diferentes factores ambientales.

## V.7 Impactos acumulativos

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental en su fracción VII, un Impacto ambiental acumulativo se refiere al efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Al respecto, a continuación, se describen los impactos acumulativos identificados para el proyecto, así como las medidas que de ser el caso se implementarán para evitar estos efectos.

**Modificación del hábitat por el incremento de infraestructura en el área**

Para la identificación de los impactos acumulativos, se consideró la existencia de infraestructura en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el Área del Proyecto (AP). Para esto, se consideró la existencia de infraestructura en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el Área del Proyecto (AP), así como que por el desarrollo del proyecto se afectarán **2.25 Ha**, mismas que representan el 9.25% de la superficie del Área del Proyecto (**24.31 Ha**) y 2.11% de la superficie del Sistema Ambiental Regional (106.71 ha). El tipo de vegetación afectada será la de selva con Palma Chit. Es importante mencionar que el SAR ya había sido impactado previamente, dejando zonas desprovistas de vegetación para caminos y carreteras, así como otras construcciones. Dentro del Área del Proyecto, se presentan áreas ya impactadas que corresponden a un pequeño camino y a otra construcción. De esta manera, el desarrollo de este proyecto, se sumará a la modificación del hábitat, implicando una reducción del hábitat que pudiera ser habitado por la fauna del sitio. Así que, aunque este impacto será directo e inevitable, se estima que respecto a la modificación del hábitat por el desarrollo del proyecto se presentará un impacto ambiental acumulativo de magnitud baja, pues dentro del SAR ya hay una carretera y obras preexistentes. No obstante, el proyecto contempla la conservación de vegetación natural en el 90.75% de su superficie la cual puede servir como sitios para la reproducción, alimentación, descanso o refugio para la fauna silvestre, evitando así su mortalidad. Asimismo, se contempla la ejecución de un Subprograma de Reforestación para compensar la pérdida de cobertura vegetal en la zona, que, a su vez, podrá servir como sitio para la sobrevivencia de la misma.

**Generación de $CO_2$ por consumo de energía**

Como se describió en el Capítulo II de este PDU, se estima que la cantidad de toneladas de $CO_2$ emitidas a la atmósfera por el desarrollo de las obras (*i.e.*, camino de acceso, Casas y módulos de equipamiento) durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, será de 39.63. Para el año 2021, en México la emisión de $CO_2$ fue de 418 348 000 000 toneladas, por lo

tanto, la emisión de $CO_2$ que se estima que será generado por el proyecto (*i.e.*, 39.13 toneladas) corresponde a un 0.0000000095% (Muntean *et al*. 2021). Exclusivamente, para el sector construcción en México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2016), reportó una emisión de 871,510 toneladas de $CO_2$. Por lo que las 39.63 toneladas de $CO_2$ que se estima que serían generadas por el desarrollo del presente proyecto representan 0.0045% del $CO_2$ que se generó en el sector de construcción (INECC 2016).

**Tabla V.27.- Toneladas de $CO_2$ emitidos a la atmósfera durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.**

| Obra | Total de $CO_2$ (ton) |
|---|---|
| Camino de acceso | 11.13 |
| Casas | 26.52 |
| Módulos de equipamiento | 1.48 |
| Trituración de material vegetal | 0.5 |
| **Total** | **39.63** |

$CO_2$ = Dióxido de Carbono; ton = Toneladas.

Aunque la cantidad de energía requerida parece baja respecto a lo que se consume en México, la emisión de $CO_2$ por este desarrollo incrementaría la demanda de energía. Sin embargo, cabe señalar que este consumo sea solo el necesario vigilando que la maquinaria y equipo sea mantenido en buen estado. Asimismo, durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se tiene contemplado el uso de focos ahorradores los cuales disminuirían hasta en un 75% el consumo energético minimizando así las emisiones a la atmósfera.

**Modificación del paisaje**

Por el desarrollo del proyecto se afectarán 2.25 ha por el CUSTF, mismas que representan el 9.25% de la superficie del Área del Proyecto (24.31 ha) y 2.11% de la superficie del Sistema Ambiental Regional (106.71 ha). El tipo de vegetación afectada será la de selva con Palma Chit. Cabe destacar que el SAR ya había sido impactado previamente, dejando zonas desprovistas de vegetación para caminos y carreteras, así como otras construcciones. Dentro del Área del Proyecto, se presentan áreas ya impactadas que corresponden a un pequeño camino y a otra construcción.

Si bien se afectará el 9.25% del paisaje del Área del Proyecto, el resto se mantendrá con vegetación natural y nativa de la zona, además de que se implementará un Subprograma de Reforestación, que, aun y cuando no se recuperará el ambiente perdido, la vegetación ocupará zonas dentro del Área del Proyecto en áreas verdes, ya sea debajo de la parte inferior del Módulo Sala- Comedor, en áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento o caminos

que así lo requieran; o bien, en sitios cercanos fuera del Área del Proyecto donde exista fragmentación ayudando a mejorar el paisaje tanto del AP o del SAR.

## V.8 Conclusiones

Después de la identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales, se determinaron 53 impactos ambientales, de los cuales la mayor parte fueron moderados (25 impactos), seguidos por los compatibles (22 impactos) y los severos (seis impactos). No se determinó ningún impacto como crítico. De estos impactos, 52 son perjudiciales y uno es positivo.

Estos resultados muestran que, aunque es inevitable la afectación al hábitat por la eliminación de la cubierta vegetal e instalación de infraestructura para el proyecto, no causarán desequilibrios ecológicos que puedan poner en peligro la integridad ecológica del mismo. Los impactos que fueron valorados como severos y que implicarán un efecto mayor sobre el sistema, serán el resultado de las actividades realizadas, en su mayoría, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y en mucho menor grado en la etapa de operación, ya que en las dos primeras, en cuando se elimina la vegetación presente, se modifican las condiciones originales, se ahuyenta a la fauna presente, se introduce el material y existe una presencia continua de trabajadores en horario diurno. Todo esto afectará al ecosistema, aun cuando el proyecto se realice en 2.25 ha (9.25%) de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha), específicamente a los factores de flora y fauna por la remoción de vegetación, modificación del hábitat y movilidad de los organismos. Sin embargo, se implementarán las medidas que sean necesarias para prevenir, mitigar o compensar los impactos descritos y evaluados.

Después de evaluar el efecto que cada una de las actividades podrían tener sobre los diferentes factores ambientales (*i.e*., aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje y sociedad), se considera que el proyecto puede ser viable, mientras se tomen las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias en su desarrollo, las cuales son contempladas en el Capítulo VII de este DTU.

La actividad turística en zonas costeras, representa un impacto ambiental definido y constatado en todas sus modalidades. Esto hace indispensable la existencia de una planeación organizada de las actividades turísticas sobre todo en regiones que poseen ecosistemas altamente diversos o frágiles que se puedan ver amenazados por las actividades antropogénicas.

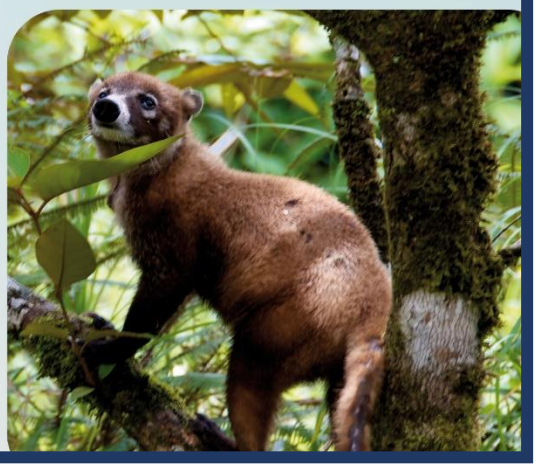
El futuro del turismo está supeditado al estado de conservación de los recursos naturales, por lo que el monitoreo ambiental de sus componentes es de vital importancia para llevar a cabo esta actividad de manera responsable y sustentable.

# CAPÍTULO VI



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

## ÍNDICE

VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO. ..... VI-1
VI.1 Justificación técnica ambiental ..... VI-1
VI.1.1 Que se mantiene la biodiversidad de los ecosistemas ..... VI-2
VI.1.2 Que no se provocará la erosión de suelo ..... VI-8
VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación ..... VI-10
VI.1.4 Captura de Carbono ..... VI-14
VI.2 Justificación económica. ..... VI-16
VI.3 Justificación social ..... VI-17
VI.4 Bibliografía ..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI.1 Indicadores ecológicos del estrato arbóreo de la selva con palma Chit del SAR y Área del Proyecto. ..... VI-2
Tabla VI.2 Diversidad y abundancia del estrato arbustivo en el SAR y Área del Proyecto. ..... VI-3
Tabla VI.3 Resumen de erosión del suelo en los diferentes escenarios. ..... VI-8
Tabla VI.4 Estimación de suelo que se puede recuperar al reducir la erosión del suelo en el área de reforestación ..... VI-9
Tabla VI.5 Estimación de suelo que se puede recuperar al reducir la erosión del suelo en el área de reforestación ..... VI-9
Tabla VI.6 Valores obtenidos de balance hídrico en escenario con proyecto y aplicación de medidas. ..... VI-11
Tabla VI.7 Resumen de valores obtenidos del Balance Hídrico por escenario en el área de CUSTF. ..... VI-11
Tabla VI.8 Resumen de valores obtenidos del Balance Hídrico por escenario en el área a restaurar. ..... VI-12
Tabla VI.9 Estimación del agua que se puede recuperar al fomentar la cobertura vegetal en el área de reforestación. ..... VI-13
Tabla VI.10 Contenido de carbono en cada escenario. ..... VI-14
Tabla VI.11 Contenido de carbono estimado a capturar en el área a reforestar. ..... VI-15
Tabla VI.12 Contenido de carbono estimado en el área a reforestar (2.568 Ha). ..... VI-15

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VI.1 Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo. ..... VI-5
Figura VI.2 Número de especies de fauna silvestre registrada en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, especies en CITES y especies en la lista roja de la UICN. ..... VI-6

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

Una vez expuestas las obras y actividades que contempla el desarrollo del proyecto denominado **Rancho San Juan** (véase Capítulo II) y conforme a la descripción de las características físicas y biológicas donde se ubica el Área del Proyecto (véase Capítulo IV), así como la vinculación con los diferentes instrumentos jurídicos y de planeación aplicables (véase Capítulo III), se puede concluir que el uso propuesto del suelo es más productivos a largo plazo y viable técnicamente en virtud de que se mantiene la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados, y se mitigará o compensará la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación, que pudiera ocasionar el cambio de uso de suelo propuesto, conforme a lo siguiente:

## VI.1 Justificación técnica ambiental

Con el cambio de uso de suelo propuesto para el desarrollo del proyecto, el Sistema Ambiental Regional (SAR) definido para el proyecto, no sufrirá modificaciones en sus actuales condiciones. La superficie de afectación por el cambio de uso del suelo propuesto es de 2.25 hectáreas, que representa el 2.11% de la superficie total del SAR (106.71 ha), asimismo, representa el 3.22% de la vegetación de selva con palma Chit del SAR (69.83 Ha).

El cambio más significativo que ocasionaría la construcción del proyecto sería la modificación del paisaje al remover la vegetación forestal y con ello, reducir los servicios ambientales que actualmente proporciona el Área del Proyecto (AP) en la superficie de terrenos forestales de selva con palma Chit donde se propone el cambio de uso de suelo.

Con la implementación de medidas propuestas enfocadas a la protección y conservación de especies vegetales, así como el rescate y reubicación de especies vegetales, el impacto a la diversidad y abundancia de especies de flora y fauna silvestre, no se compromete.

Asimismo, se proponen otras acciones para mitigar y compensar la erosión del suelo que ocasiona el cambio de uso de suelo propuesto para el desarrollo del proyecto. En este sentido, también se proponen medidas dirigidas a reducir el escurrimiento y ayudar a la infiltración del agua al suelo natural, así como acciones de reforestación en 2.568 ha para compensar el contenido de carbono que se pierde por el cambio de uso de suelo propuesto.

Con la ejecución de medidas propuestas, el impacto ambiental por el cambio de uso de suelo propuesto, se mitiga de manera importante en el mediano y largo plazo.

En los siguientes apartados, se hace una descripción de la forma en como el cambio de uso de suelo propuesto en una superficie de 2.25 ha de selva con palma Chit, NO compromete la biodiversidad de flora y fauna; que no provocará la erosión del suelo, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en la captación que este tipo de vegetación provee de manera natural en el SAR donde se ubica el proyecto.

### VI.1.1 Que se mantiene la biodiversidad de los ecosistemas

#### VI.1.1.1 Flora

Para tener una referencia de la diversidad y abundancia de la Vegetación de selva con palma Chit en el sitio donde se ubica el proyecto, se realizaron análisis de diversidad y abundancia a través de indicadores ecológicos de las especies que conforman los estratos vegetales de selva con palma Chit. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.1.- Indicadores ecológicos del estrato arbóreo de la selva con palma Chit del SAR y Área del Proyecto.**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Ind/Ha | | Índice de Shannon | | IVI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | SAR | AP | SAR | Predio | SAR | AP |
| 1 | *Alseis yucatanensis* | Ja'as che' | | 12.5 | | 0.0452 | | 7.6312 |
| 3 | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | 12.5 | 25.0 | 0.0443 | 0.0768 | 7.2422 | 17.4736 |
| 4 | *Cocos nucifera* | Coco | 50 | 43.8 | 0.1245 | 0.1153 | 20.1861 | 23.4710 |
| 5 | *Dendropanax arboreus* | Sak chakaj | 6.25 | 62.5 | 0.0255 | 0.1473 | 4.7324 | 13.7134 |
| 6 | *Gymnanthes lucida* | Yaiti | 56.25 | | 0.1350 | | 16.4953 | |
| 7 | *Metopium brownei* | Chechem negro | 787.5 | 706.3 | 0.3065 | 0.3283 | 154.5993 | 147.9294 |
| 8 | *Morella cerifera* | Arbol de Cera | 112.5 | 87.5 | 0.2106 | 0.1833 | 35.0183 | 23.8826 |
| 9 | *Neea psychotrioides* | Ta'tsi' | 12.5 | 37.5 | 0.0443 | 0.1034 | 9.3171 | 11.9793 |
| 10 | *Pithecellobium keyense* | Guamúchil | 275 | 143.8 | 0.3275 | 0.2454 | 52.4093 | 30.8049 |
| 11 | *Platymiscium yucatanum* | Granadillo | | 12.5 | | 0.0452 | | 5.0302 |
| 12 | *Sideroxylon salicifolium* | Sak-chum | | 150.0 | | 0.2511 | | 18.0845 |
| **Total** | | | **1,312.5** | **1,281.3** | **1.2181** | **1.5413** | **300.00** | **300.00** |
| Índice de Margalef | | | 1.31 | 1.69 | | | | |
| Índice de Simpson | | | 0.5881 | 0.6635 | | | | |
| Simpson MAX | | | 0.8750 | 0.9000 | | | | |
| Índice de Shannon (H) | | | 1.2181 | 1.5413 | | | | |
| H´MAX | | | 2.0794 | 2.3026 | | | | |
| Riqueza de Sp. | | | 8 | 10 | | | | |
| No. de Sp Compartidas | | | | 7 | | | | |
| Índice de Jacard | | | | 63.64 | | | | |

Derivado del análisis de indicadores ecológicos y su comparación (véase Capítulo IV), mediante criterios técnicos y variables como baja densidad, bajos valores del índice de Shannon, bajos valores de IVI, listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, presencia y ausencia, se identificaron especies del estrato arbóreo que requieren acciones de protección y conservación, que son: *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Coccoloba uvifera* (Uva de mar), *Dendropanax arboreus* (sak chakaj), *Neea psychotrioides* (ta'tsi'), *Platymiscium yucatanum* (Granadillo) y *Sideroxylon salicifolium* (Sak-chum).

Este análisis y comparación de indicadores ecológicos, también se realizó en el estrato arbustivo, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.2.- Diversidad y abundancia del estrato arbustivo en el SAR y Área del Proyecto.**

| No | Nombre Científico | Nombre Común | Ind/Ha | | Índice de Shannon | | IVI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | SAR | AP | SAR | Predio | SAR | AP |
| 1 | Chrysobalanus icaco | Ciruela Blanca | 43.8 | 18.8 | 0.072 | 0.0304 | 24.5356 | 20.2889 |
| 2 | Hymenocallis littoralis | Azucena de Agua | | 175.0 | | 0.1602 | | 14.9042 |
| 3 | Thrinax radiata | Palma Chit | 2,400.0 | 2,968.8 | 0.0177 | 0.0593 | 275.4644 | 264.8069 |
| **Total** | | | **2,443.8** | **3,162.6** | **0.0897** | **0.2499** | **300** | **300** |
| Índice de Margalef | | | 0.17 | 0.32 | | | | |
| Índice de Simpson | | | 0.0353 | 0.1159 | | | | |
| Simpson MAX | | | 0.5000 | 0.6667 | | | | |
| Índice de Shannon (H) | | | 0.0898 | 0.2499 | | | | |
| H´MAX | | | 0.6931 | 1.0986 | | | | |
| Riqueza de Sp. | | | 2 | 3 | | | | |
| No. de Sp Compartidas | | | | 2 | | | | |
| Índice de Jacard | | | | 66.67 | | | | |

Al igual que en el estrato arbóreo, en el estrato arbustivo, mediante criterios técnicos y variables como baja densidad, bajos valores del índice de Shannon, bajos valores de IVI, listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, presencia y ausencia, se identificaron especies del estrato arbustivo que requieren acciones de protección y conservación, siendo éstas *Chrysobalanus icaco* (Ciruela Blanca) y *Thrinax radiata* (Palma Chit).

En el caso del estrato herbáceo, no se presentó evidencia de hierbas tanto en el Área del Proyecto como en el SAR, por lo que no se presentan acciones de protección y conservación para este estrato.

Para garantizar que la biodiversidad y riqueza de especies que conforman la vegetación de selva con palma Chit, no se ponga en riesgo o se comprometa su abundancia en el SAR donde se ubica el proyecto, se proponen las siguientes medidas:

- Delimitar los polígonos forestales con cintas, estacas u otras marcas que ayuden a identificar los límites de los mismos que sustentan una superficie de desmonte de 2.25 ha de Vegetación de selva con palma Chit, para evitar dañar áreas no autorizadas para desmonte, de acuerdo con las coordenadas que se muestran en el Capítulo II.
- Ejecutar el Programa de Manejo Integral de Flora que incluye acciones de rescate y reubicación (Subprograma de rescate y reubicación), producción de especies mediante técnicas de propagación vegetativa y/ o colecta de germoplasma, de especies nativas que incluya las especies identificadas para proteger y conservar siguientes: *Alseis yucatanensis* (Ja'as che'), *Coccoloba uvifera* (Uva de mar), *Dendropanax arboreus* (sak chakaj), *Neea psychotrioides* (Ta'tsi'), *Platymiscium yucatanum* (Granadillo), *Sideroxylon salicifolium* (Sak-chum), *Chrysobalanus icaco* (Ciruela Blanca) y *Thrinax radiata* (Palma Chit).
- Realizar el acopio del suelo orgánico a través del despalme durante la etapa de preparación del sitio, de forma que se conserve el banco natural de germoplasma de semillas y sea usado como mulch en áreas de afectación temporal y áreas de reforestación para fomentar el desarrollo de una cobertura vegetal arbustiva y promover la sucesión natural de vegetación natural, que además ayudará a reducir la erosión del suelo y fomentará la infiltración del agua.
- Realizar acciones de reforestación de un área de 2.568 ha de áreas degradadas (Subprograma de reforestación), con plantas nativas producto del rescate, propagación vegetativa y/o colecta de germoplasma en densidades de 1,283 plantas por hectárea con una sobrevivencia mínima del 80%.
- Realizar acciones de monitoreo y evaluación periódica de las áreas reforestadas por al menos 5 años o hasta demostrar que las plantas sembradas se han establecido en el sitio y se garantiza la sobrevivencia del 80% y densidad de plantas/ha.

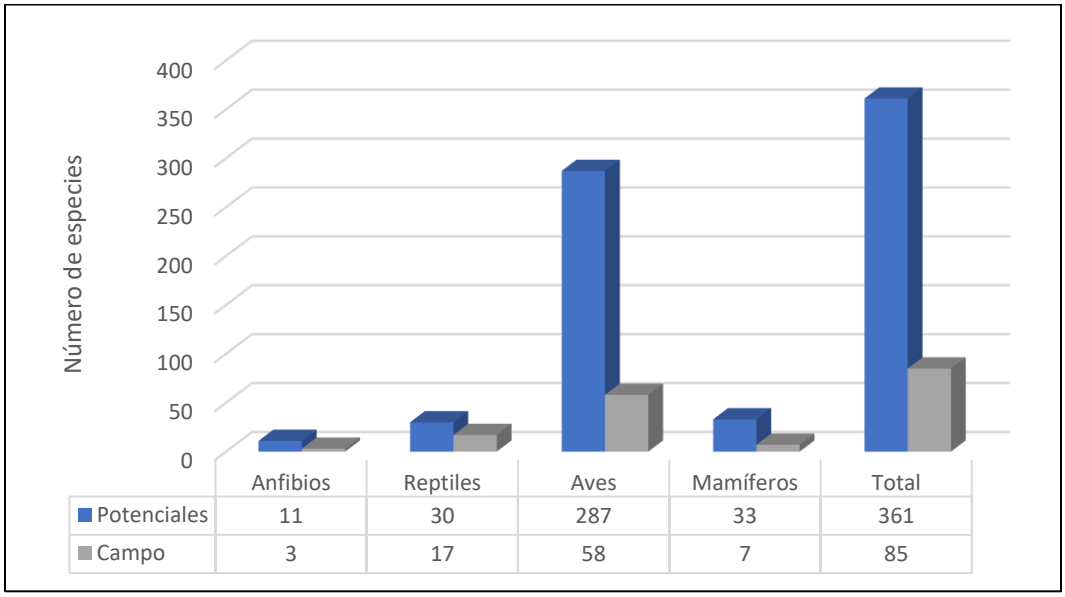
Con las medidas propuestas a ejecutar, se puede garantizar que la biodiversidad y riqueza de especies de la Vegetación de selva con palma Chit se mantenga; por lo que el cambio de uso de suelo en terrenos forestales propuesto en una superficie de 2.25 ha., es viable técnica y ambientalmente.

### VI.1.1.2 Fauna

Los indicadores ecológicos de distribución y abundancia del componente de fauna silvestre tanto en el Área del Proyecto (AP) y en el SAR, muestran que se tiene una abundancia de muy baja a

media dependiendo del grupo faunístico. Sin embargo, es importante mencionar que la fauna silvestre es dinámica. Las especies comparten hábitat y de manera indistinta están en ambos sitios.

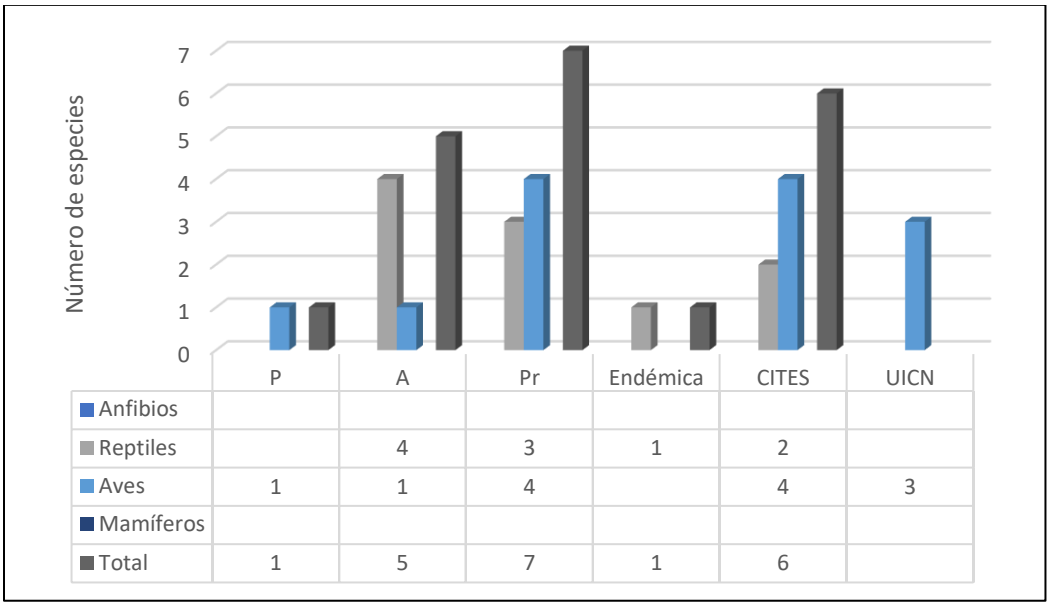
De acuerdo con la metodología utilizada en campo para cada grupo faunístico, se registró un total de 85 especies de fauna, distribuidas de la siguiente manera: tres especies de anfibios, 17 de reptiles, 58 de aves y siete especies de mamíferos, como se muestra en la siguiente Figura, incluida en el Capítulo IV de este DTU:




| | Anfibios | Reptiles | Aves | Mamíferos | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Potenciales | 11 | 30 | 287 | 33 | 361 |
| Campo | 3 | 17 | 58 | 7 | 85 |

**Figura VI.1.- Comparación entre la riqueza de especies de vertebrados potenciales contra las registradas en campo.**

Por otro lado, 13 especies se encuentran protegidas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, siete bajo el estatus de Protección Especial (Pr), cinco como Amenazadas (A), y una en Peligro de Extinción (P). Asimismo, una especie es endémica a México, una especie de ave es considerada semiendémica (SE, especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año), y siete especies de aves son cuasiendémicas (CE, distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km$^2$). En este orden de ideas, seis especies de fauna silvestre se encuentran en alguno de los Apéndices de la Convención Internacional de Tráfico de Especies de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2021), y tres especies se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la lista roja de la UICN (UICN 2021), tal como se muestra en siguiente Figura, incluida en el Capítulo IV de este DTU:




| | P | A | Pr | Endémica | CITES | UICN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anfibios | | | | | | |
| Reptiles | | 4 | 3 | 1 | 2 | |
| Aves | 1 | 1 | 4 | | 4 | 3 |
| Mamíferos | | | | | | |
| Total | 1 | 5 | 7 | 1 | 6 | |

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr: Protección Especial, A: Amenazada, P: Peligro de extinción.

**Figura VI.2.- Número de especies de fauna silvestre registrada en campo bajo algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas, especies en CITES y especies en la lista roja de la UICN.**

Finalmente, se identificaron tres especies que son exóticas o introducidas (un anfibio, un reptil y un ave).

Por todo lo anterior, para reducir el riesgo de afectación al componente de fauna silvestre, se establecen las siguientes medidas:

- Se realizarán campañas de ruido para el ahuyentamiento de la fauna con el objetivo de alejarla del área de trabajo y así evitar sean impactadas; esta actividad se llevará a cabo de manera previa al inicio de las actividades de desmonte y despalme durante la etapa de preparación del sitio del proyecto.
- Se ejecutará el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, para reducir el impacto a ocasionar por el desarrollo del proyecto a la diversidad y abundancia de fauna silvestre.
- Se realizarán las actividades de desmonte y despalme de manera gradual para permitir el escape de la fauna.
- Se rescatarán los individuos de las especies de lento desplazamiento a través de técnicas adecuadas a cada grupo faunístico, durante la etapa de preparación del sitio y construcción; asimismo, para prevenir accidentes, se realizará el manejo y control adecuado durante el proceso de reubicación de fauna a los sitios de liberación, donde no sean molestados y/o afectados por el personal operativo y operación de maquinaria pesada y vehículos de carga.

- Durante la etapa de preparación del sitio del proyecto, si se detecta un elemento o grupo de reptiles en los frentes de trabajo o zona de trabajo, tránsito de camiones o simplemente en sitios donde pueden causar daño o pueden ser dañados por algún proceso o elemento y/o por considerarse un riesgo de accidente; se dará aviso al supervisor ambiental, encargado de manejo de fauna o personal asignado para su contención, rescate y reubicación o para definir su manejo o acción a implementar.
- Los individuos rescatados se reubicarán a la brevedad posible para evitar estrés, deshidratación y mortandad, conforme al Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, en los sitios propuestos
- Para el traslado de reptiles y manejo de ejemplares se usará el equipo y protección necesario que garantice evitar accidentes.
- Se realizará un taller o plática de educación ambiental dirigido al personal operativo e involucrado con el desarrollo de la obra para recibir capacitación para poder atender eventos de encuentro con fauna silvestre y evitar daños o mortandad de individuos.
- El personal operativo recibirá capacitación sobre el manejo de fauna silvestre que pudiera representar un riesgo para la salud, estableciendo las medidas a seguir para cualquier emergencia. Se permitirá la manipulación de la fauna sólo en casos indispensables para la seguridad de los mismos trabajadores.
- Se contará con un responsable técnicamente capacitado en temas ambientales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, a fin de garantizar que se puedan implementar las medidas de mitigación propuestas para el componente fauna.
- De preferencia al iniciar las actividades de cambio de uso de suelo, se colocarán 3 letreros alusivos a la prohibición de la caza, captura y comercialización de fauna; así como 3 señalizaciones que indiquen los límites de velocidad vehicular para evitar atropellar a la fauna, permitir su escape y reducir riesgos.
- Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se vigilará de manera periódica (cada semana), que los contenedores para residuos sólidos cuenten con tapa para evitar la proliferación de fauna nociva.
- Se llevará un registro en bitácora de las actividades, acciones y medidas implementadas para llevar el manejo, control y reportes de fauna silvestre. Se tomará evidencia fotográfica, documentación o registro para el reporte de actividades y cumplimiento de ejecución de las diferentes medidas de mitigación propuestas.

Con la implementación de las medidas de mitigación descritas anteriormente, se puede garantizar que el daño al componente de fauna silvestre se minimice a niveles aceptables; las medidas a implementar en las etapas de preparación del sitio y construcción, así como durante la etapa de operación, ayudan a prevenir, mitigar y controlar el impacto a este componente.

En virtud de lo descrito anteriormente, se puede concluir que **NO** se pone en riesgo la biodiversidad del componente de fauna silvestre, en el Área del Proyecto donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo en una superficie de 2.25 ha.

VI.1.2 Que no se provocará la erosión de suelo

A través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo e índices de agresividad del viento, se realizó el cálculo de erosión del suelo en distintos escenarios: Condiciones actuales, Si se llevara a cabo el desmonte y despalme, y Con el desarrollo del Proyecto (véase Anexos VI.I Análisis comparativo de erosión del suelo y VI.2 Erosión Rancho San Juan). Derivado de este análisis, se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.3.- Resumen de erosión del suelo en los diferentes escenarios.**

| Tipo de Erosión | Escenario 0 (Condiciones actuales) | Escenario 1 (Con proyecto y sin medidas) | Escenario 2 (Con Proyecto y con medidas) | Disminución con medida de mitigación | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| Hídrica | 2.2884 | 55.8152 | 2.7685 | 7.2817 | 19.42 % |
| Eólica | 14.4010 | 24.0017 | 10.6800 | | |
| Erosión Total (t/ha/año) | 16.6895 | 79.8169 | 13.4485 | | |
| **Total en CUSTF** | **37.4980** | **179.3334** | **30.2163** | | |

El análisis de los resultados obtenidos de la erosión del suelo, indica que en el Escenario 0 (Condiciones actuales), la erosión calculada en la superficie de CUSTF es de 37.4980 t/año, que con respecto al Escenario 2 (Con proyecto y con medidas de mitigación), la erosión del suelo estimada es de 30.2163 t/año, que representa una reducción en la erosión del suelo. Lo anterior significa que el cambio de uso de suelo propuesto reduce la tasa de erosión en 19.42% (7.2817 ton/año).

De igual manera, durante los 12 meses que se planea la preparación del sitio e inicio de construcción del proyecto (remoción de la vegetación y capa orgánica del suelo), en el Escenario 1 (Con proyecto y sin medidas), la erosión del suelo que se produce durante este periodo es igual a 79.8169 t/ha/año, que representan un volumen de **179.3334 toneladas de suelo**. Cantidad de suelo que se pierde por efectos de la erosión y que es necesario prevenir y mitigar.

El análisis de erosión del suelo, también se realizó en el área propuesta a reforestar (2.568 ha), con los resultados que se muestran en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.4.- Estimación de suelo que se puede recuperar al reducir la erosión del suelo en el área de reforestación.**

| Tipo de Erosión | Escenario 0 (Condiciones actuales) | Escenario 1 (Con acciones de reforestación) | Disminución con medida de mitigación | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| Hídrica | 41.0452 | 1.6829 | 125.7219 | 75.27 % |
| Eólica | 24.0017 | 14.4010 | | |
| Erosión Total (t/ha/año) | 65.0469 | 16.0839 | | |
| **Total en Reforestación (2.568 Ha)** | **167.0203** | **41.2984** | | |

Si se compara el valor obtenido de la erosión del suelo en las condiciones actuales de 167.0203 ton/año con el valor estimado del escenario futuro con las acciones de reforestación a implementar, el valor obtenido es de 41.2984 ton/año, la erosión se reduce en un 75.27%. El volumen de suelo que se deja de perder por efecto de la erosión del suelo en las áreas a reforestar es de 125.7219 ton/año (167.0203n ton/año – 41.2984 t/año), de tal manera que se promueve la conservación del suelo por año en esa cantidad de suelo.

Es importante mencionar que, para alcanzar el 100% de eficiencia o valor de erosión estimado es necesario alcanzar la cobertura vegetal usada para el factor C (Vegetación de selva con palma Chit), la cual requiere un mínimo de 5 años para formar la cobertura vegetal propuesta. Considerando una eficiencia del 20% anual, la tasa de erosión del suelo se reduce de manera significativa, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.5.- Estimación de suelo que se puede recuperar al reducir la erosión del suelo en el área de reforestación.**

| Suelo que se pierde por CUSTF | % de eficiencia | Erosión estimada | Acumulado | Año | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|
| **179.3334 toneladas** | 20 | 25.1444 | 25.1444 | 1 | 154.1890 |
| | 40 | 50.2887 | 75.4331 | 2 | 103.9003 |
| | 60 | 75.4331 | 150.8662 | 3 | 28.4672 |
| | **80** | **100.5775** | **251.4437** | **4** | **-72.1103** |
| | 100 | 125.7219 | 377.1656 | 5 | -197.8322 |

Considerando una eficiencia del 20% anual, garantizando la densidad y cobertura vegetal en el área a reforestar; se puede establecer que, en el año 4, se estaría recuperando o compensando el suelo perdido por efectos del cambio de uso de suelo estimado en 179.3334 toneladas.

A continuación, se describen las medidas de mitigación aplicables para reducir y controlar el impacto ambiental al componente suelo, específicamente para el efecto de la erosión hídrica y eólica del suelo que ocasiona el cambio de uso de suelo propuesto:

- Se ejecutará el Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora que considera 8 especies arbóreas y arbustivas que ayuden a desarrollar una cobertura vegetal, que a su vez ayude a proteger el suelo de los efectos de la erosión del suelo.
- Se realizarán acciones de reforestación con plantas nativas que incluyan las 8 especies identificadas a proteger y conservar, sembrar en densidades de 1,283 plantas/ha en una superficie de 2.568 ha de áreas degradadas.
- Durante la etapa de preparación del sitio, se realizará el despalme del suelo, en una profundidad máxima de 10 cm en promedio en la superficie donde se solicita el CUSTF. El material obtenido se usará como una capa de mulch en las áreas de afectación temporal y áreas de reforestación.
- Los residuos vegetales se triturarán para mezclar con el suelo orgánico producto del desmonte y despalme durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se almacenarán temporalmente en el polígono del proyecto, para su uso posterior en las acciones de reforestación.
- El desmonte de la vegetación en los polígonos de CUSTF, se realizará de manera gradual para mantener el mayor tiempo posible la cubierta vegetal y reducir el tiempo de exposición del suelo desnudo a la intemperie para evitar problemas de erosión del suelo.
- Se realizará al menos 1 riego por día en las áreas desnudas dentro del predio del proyecto a través de pipas con agua cruda a fin de mantener en fase húmeda y evitar la suspensión de polvos. La frecuencia de los riegos, dependerá del periodo de lluvias e intensidad del tránsito de vehículos, equipo y maquinaria.
- En las áreas de afectación temporal, se dispondrá una capa de materia orgánica en el suelo de aproximadamente 10 cm de grosor o profundidad en las superficies disponibles, para lo cual se usará el material orgánico producto de las actividades de despalme.

Con las medidas señaladas anteriormente, se puede garantizar que el cambio de uso de suelo y la ejecución de medidas de mitigación se reducen las afectaciones provocadas por la erosión del suelo, y que con las acciones de reforestación en 2.568 ha de áreas degradadas, se compensa el daño ocasionado por el desarrollo del proyecto.

VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

Es importante señalar que el área donde se propone el CUSTF, **NO** se encuentra sobre cuerpos de agua naturales o corrientes perennes, que pudieran ser afectados en la calidad del agua, por lo que el impacto a cuerpos de agua y corrientes superficiales de tipo perenne o intermitente es nulo. Asimismo, en ninguna de las etapas de desarrollo del proyecto, se usarán pesticidas,

nutrientes, agentes patógenos, sedimentos u otras fuentes de contaminación que pudieran afectar la calidad del agua.

Para estimar la cantidad de agua que se escurre e infiltra en el Área del proyecto sujeta a CUSTF, se usó el método indirecto para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural, del apéndice normativo "A" de la NOM-011-CONAGUA-2015, publicada en el DOF el 27 de marzo de 2015. Los resultados obtenidos del balance hídrico con la ejecución del proyecto y la ejecución de medidas de mitigación, se muestran en la siguiente Tabla (para mayor detalle véase Anexo VI.3 Análisis de captación de agua):

**Tabla VI.6.- Valores obtenidos de balance hídrico en escenario con proyecto y aplicación de medidas.**

| Variable | Ve (Volumen de Escurrimiento) | | | Vi (Volumen de Infiltración) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Caminos de Acceso | Áreas con Cemento | Afectación Temporal | Caminos de Acceso | Áreas con Cemento | Afectación Temporal |
| $m^3$/Ha/Año | 2,153.65 | 2,153.65 | 906.80 | 9,181.35 | 9,181.35 | 10,428.20 |
| $m^3$/Ha/Año Ponderado | 759.64 | 1,064.02 | 138.94 | 3,238.47 | 4,536.08 | 1,597.84 |
| $m^3$/Ha/Año | 1,962.60 | | | 9,372.40 | | |
| **$m^3$/Año Total** | **4,409.60** | | | **21,057.99** | | |

En general, el volumen de escurrimiento anual total en el Área del Proyecto sujeta a CUSTF con la ejecución de proyecto y la implementación de medidas de mitigación, es de 1,962.60 $m^3$/año. El volumen de agua que se infiltra en el suelo en el Área del Proyecto considerando que se realizara la ejecución del proyecto y la implementación de medidas de mitigación, resultaría en 9,372.40 $m^3$/año. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en cada escenario:

**Tabla VI.7.- Resumen de valores obtenidos del Balance Hídrico por escenario en el área de CUSTF.**

| Balance Hídrico | Escenario 1 Condiciones Actuales ($m^3$/Año) | Escenario 2 Después de CUSTF ($m^3$/Año) | Escenario 3 Restaurado una vez realizado el CUSTF y ejecutado las medidas de mitigación |
|---|---|---|---|
| Volumen precipitado | 25,467.59 | 25,467.59 | 25,467.59 |
| Volumen de Escurrimiento (Incluye volumen evaporado) | 764.03 | 4,838.84 | 4,409.60 |
| Infiltración ($m^3$/Ha) | 10,994.95 | 9,181.35 | 9,372.40 |
| Infiltración en CUSTF | 24,703.56 | 20,628.75 | 21,057.99 |
| Potencial de infiltración de las obras a implementar | | | 3,645.57 |
| Porcentaje | | | 14.8 % |

Durante la ejecución del cambio de uso de suelo propuesto, al eliminar la cobertura vegetal y dejar el suelo desnudo, se afecta la infiltración del agua en aproximadamente 3,645.57 $m^3$ (24,703.56 $m^3$ - 21,057.99 $m^3$). De igual manera, de acuerdo al Escenario 2 (Con Proyecto sin la aplicación de medidas), se estima una infiltración de 20,628.75 $m^3$, si se compara con el Escenario 1 (Condiciones actuales) donde se estima una infiltración estimada de 24,703.56 $m^3$, la diferencia de estos escenarios da un valor de **4,074.81 $m^3$**, este valor sería o representaría el agua que se pierde por realizar el cambio de uso de suelo que se propone para el desarrollo del proyecto.

Con las acciones de reforestación en 2.568 Ha de áreas degradadas, se estima un aumento de la infiltración del agua de 4,656.76 $m^3$. Este volumen de agua representa un aumento de la infiltración del 19.8% en el área a restaurar, como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.8.- Resumen de valores obtenidos del Balance Hídrico por escenario en el área a restaurar.**

| Balance Hídrico | Escenario 1 Condiciones actuales ($m^3$/Año) | Escenario 2 Con acciones de reforestación ($m^3$/Año) | Potencial de infiltración de las obras a implementar | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| Volumen precipitado | 29,104.74 | 29,104.74 | 4,656.76 | 19.8 % |
| Volumen de Escurrimiento (Incluye volumen evaporado) | 5,529.90 | 873.14 | | |
| Infiltración | 23,574.84 | 28,231.60 | | |

De tal manera que con las acciones de reforestación se puede mitigar la disminución de la infiltración del agua por el cambio de uso de suelo propuesto, estimada en **4,074.81 $m^3$**. Adjunto a este documento se anexa memoria de cálculo en formato Excel, donde se desarrollan los cálculos para ambos escenarios para la superficie propuesta de restauración (véase Anexo VI.4 BH Rancho San Juan).

Es importante mencionar que, para que se puede recuperar el volumen de infiltración del agua con las acciones de reforestación propuestas, es necesario alcanzar la cobertura y densidad propuesta con sobrevivencia mínima del 80% para garantizar que cumpla con los resultados esperados, para lo cual se debe considerar la eficiencia de las acciones propuestas. En este caso, se requiere un mínimo de 5 años para formar la cobertura vegetal propuesta. Considerando una eficiencia del 20% anual, la infiltración del agua sería como se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla VI.9.- Estimación del agua que se puede recuperar al fomentar la cobertura vegetal en el área de reforestación.**

| Volumen de agua a compensar ($m^3$) | Volumen ganado con obras de conservación ($m^3$/año) | % de eficiencia anual | Infiltración anual | Saldo Acumulado | Año | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,074.81 | 4,656.76 | 20 | 931.35 | 931.35 | 1 | 3,143.46 |
| | | 40 | 1,862.70 | 2,794.06 | 2 | 1,280.76 |
| | | **60** | **2,794.06** | **5,588.11** | **3** | **-1,513.30** |
| | | 80 | 3,725.41 | 9,313.52 | 4 | -5,238.70 |
| | | 100 | 4,656.76 | 13,970.28 | 5 | -9,895.46 |

Considerando una eficiencia del 20% anual, garantizando la densidad, cobertura vegetal y sobrevivencia mínima del 80% de la vegetación en el área a reforestar, se puede establecer que, en el año 3, se estaría recuperando el volumen de agua perdido por la ejecución del cambio de uso de suelo propuesto.

Es importante señalar que con el CUSTF propuesto y la ejecución del proyecto con las medidas de mitigación, con respecto a las condiciones originales, el volumen de agua que se pierde en la infiltración, es de **4,074.81 $m^3$/año**, en tanto que el volumen de agua que se obtiene derivado de las acciones de reforestación se estima en **4,656.76 $m^3$/año**. Con la recuperación de infiltración señalada anteriormente, se mitiga la pérdida de este servicio ambiental y no se compromete la cantidad de agua que se infiltra en el suelo.

Las medidas de mitigación a ejecutar durante las etapas de preparación del sitio y construcción, que ayudarán a evitar o mitigar el impacto ambiental a la disminución de la captación de agua y /o el deterioro de la calidad del agua, son las siguientes:

- Se instalarán sanitarios portátiles durante la etapa de preparación del sitio y construcción, en los frentes de trabajo y sitios de mayor tránsito vehicular, en razón de un sanitario portátil por cada 15 trabajadores.
- Se proporcionará el mantenimiento especificado por el fabricante a la maquinaria y equipos a utilizar para que estén en condiciones óptimas de operación, con la finalidad de evitar fugas de lubricantes que contaminen los suelos y que por consecuencia del arrastre pudieran llegar al subsuelo. En este sentido, todos los mantenimientos preventivos de la maquinaria y de los equipos deberán realizarse de manera externa por los prestadores de servicio. Esta actividad será responsabilidad de la empresa contratista, pero el promovente vigilará que se cumpla.

- Se dispondrá una superficie de afectación temporal de 3,442.64 $m^2$ donde se fomentará y mantendrá cubierto con vegetación nativa, para compensar el impacto ambiental por el desarrollo del proyecto.
- Con el diseño del proyecto en áreas techadas se podrá capturar agua de lluvia y dirigirla hacia terreno natural para fomentar la infiltración del agua.
- Se utilizará agua de pozo en los procesos de construcción, así como agua tratada.
- El agua para consumo humano, se obtendrá de tiendas y comercios locales, en las presentaciones y tamaños comerciales.
- Se ejecutará el Programa de Manejo Integral de Flora que considera el Subprograma de reforestación con plantas nativas en densidades de 1,283 plantas/ha en una superficie de 2.568 ha de áreas degradadas.

Con las medidas señaladas anteriormente, se puede garantizar que el cambio de uso de suelo no provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución de su captación.

### VI.1.4 Captura de Carbono

Se realizó el cálculo de biomasa y contenido de carbono en distintos escenarios: Condiciones actuales, Si se llevara a cabo el desmonte y despalme y Con el desarrollo del proyecto. En total se estima que, con la ejecución del proyecto, el contenido de carbono se limita exclusivamente a las áreas de afectación temporal donde se propone mantener con vegetación natural y cobertura del 50% en 3,442.64 $m^2$, donde se estima un contenido de carbono de 93 ton/año (50% de contenido de carbono de selva con palma Chit en la parte aérea):

**Tabla VI.10.- Contenido de carbono en cada escenario.**

| Escenario Actual (Condiciones actuales) | Escenario Actual (Ejecución de proyecto sin medidas) | Escenario Actual (Ejecución de proyecto con medidas de mitigación) | Disminución con medida de mitigación | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| **411.37** | 0.0000 | 32.02 | 397.35 | 92.22 |

Al comparar el contenido de carbono en cada escenario, se puede establecer que con el cambio de uso de suelo propuesto hay una reducción del contenido de carbono en aproximadamente 92.22% (397.35 ton), que es la cantidad de carbono que se pierde por llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

**Captura de carbono en área degradada con acciones de reforestación y mantenimiento por 5 años.**

El área degradada (2.568 ha) donde se propone realizar acciones de reforestación, actualmente tiene una cobertura vegetal baja y presenta evidencias de erosión laminar, por lo que el contenido de carbono es mínimo o nulo.

Con las acciones de reforestación para sembrar plantas nativas en densidades de 1,283 ind/ha, y su mantenimiento por al menos 5 años, y considerando que el contenido de carbono de referencia es de selva con palma Chit, de acuerdo con el cálculo de contenido de carbono en las condiciones actuales es de 212.00 ton/ha, que es el contenido de carbono objetivo con las acciones de reforestación en el área a reforestar.

**Tabla VI.11.- Contenido de carbono estimado a capturar en el área a reforestar.**

| Tipo de vegetación | Superficie (Ha) | Toneladas/ Ha | $TCO_2$ en CUSTF |
|---|---|---|---|
| **Selva con palma Chit** | 2.568 | 212.00 | 544.42 |

El contenido de carbono estimado a obtener con las acciones de reforestación, es considerando ya establecida la vegetación objetivo con la densidad propuesta y sobrevivencia establecida, las cuales no se establecerían desde el primer año, sino se incrementa de manera paulatina hasta alcanzar la estructura propuesta que sería en un periodo aproximado de 5 años. Por lo que la captura de carbono estimada no sería inmediata, sino proporcional; en la siguiente Tabla se muestra cómo sería este proceso considerando un incremento anual del 20% y como se compensaría el carbono perdido por el cambio de uso de suelo propuesto, estimado en 379.35 toneladas:

**Tabla VI.12.- Contenido de carbono estimado en el área a reforestar (2.568 Ha).**

| Carbono que se pierde por CUSTF | % de eficiencia | $TCO_2$ | Acumulado | Año | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|
| **379.35 toneladas** | 20 | 108.88 | 108.88 | **1** | 270.47 |
| | 40 | 217.77 | 326.65 | 2 | 52.70 |
| | **60** | **326.65** | **653.30** | **3** | **-273.95** |
| | 80 | 435.53 | 1,088.83 | 4 | -709.48 |
| | 100 | 544.42 | 1,633.25 | 5 | -1,253.90 |

Considerando una eficiencia del 20% anual, garantizando la densidad y cobertura vegetal en el área a reforestar; se puede establecer que, a partir del año 3, se estaría recuperando o

compensando el carbono perdido por efectos del cambio de uso de suelo estimado en 379.35 toneladas.

Las medidas de mitigación a ejecutar durante las etapas de preparación del sitio y construcción, que ayudarán a reducir o mitigar el impacto ambiental por la pérdida de carbono almacenado en la vegetación de selva con palma Chit, por la ejecución del cambio de uso de suelo propuesto, son las siguientes:

- Durante la etapa de preparación del sitio, se realizará el despalme del suelo, en una profundidad máxima de 10 cm en promedio en la superficie donde se solicita el CUSTF. El material obtenido se usará como una capa de mulch en las áreas de afectación temporal y áreas de reforestación.
- Los residuos vegetales se triturarán para mezclar con el suelo orgánico producto del desmonte y despalme durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y se almacenarán temporalmente en el polígono del proyecto, para su uso posterior uso en las acciones de reforestación.
- Se realizarán acciones de reforestación con plantas nativas que incluyan las 8 especies identificadas a proteger y conservar, sembrando en densidades de 1,283 plantas/ha en una superficie de 2.568 ha de áreas degradadas.

## VI.2 Justificación económica.

El promovente, aprovechando la ubicación de los 8 Lotes (playa frente al predio, acceso a la laguna y vegetación en buen estado de conservación), ha decidido desarrollar el proyecto con un monto de inversión estimado en 48 millones de pesos.

La estimación económica de los bienes y servicios ambientales de los recursos biológicos forestales (Capítulo II), es de 448,758.78 pesos, considerando que la evaluación de estos beneficios se realizó de manera separada, ya que el posible aprovechamiento de cierto producto o servicio, puede limitar parcial o totalmente el aprovechamiento de otros.

De acuerdo con la valoración económica estimada, indudablemente la vegetación que se pretende afectar constituye bienes tangibles e intangibles de importancia, sin embargo, se puede reconocer la viabilidad del proyecto toda vez que plantea implementar medidas de mitigación específicas que se fijan en el periodo de construcción del proyecto, cuando mayor impacto pudiera causarse.

El diseño y construcción del proyecto se refiere a un conjunto residencial sustentable, de bajo impacto ambiental, que permita a sus ocupantes la convivencia con la naturaleza y el medio ambiente, fomentando a la vez la conservación de los recursos naturales dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.

Asimismo, se pretende generar movimiento de la economía local y regional por el empleo a generar, de los productos y servicios relacionados que son necesarios para el desarrollo del proyecto, sin dañar las funciones vitales de los ecosistemas y los servicios ambientales que generan.

El presente proyecto, equilibra el costo ambiental con los beneficios sociales derivados de la generación de empleo y consecuente derrama económica, haciéndolo comulgar con la filosofía de desarrollo sustentable. Asimismo, se propone la reforestación de 2.568 ha de áreas degradas donde en el mediano plazo se recuperarían de manera parcial los bienes y servicios ambientales que provee el sitio del proyecto.

## VI.3 Justificación social

El proyecto implica una generación de empleos de al menos 49 durante la etapa de preparación del sitio y construcción, y de 5 en la etapa de operación, para cada Casa respectivamente, que representan una fuente generadora de ingresos.

Cabe hacer notar, que algunos de estos empleos no son de tipo local, ya que requieren de especialistas en la materia; sin embargo, a lo largo de las etapas de operación y mantenimiento, así como de abandono de sitio se generarán empleos constantemente.

Al construirse el proyecto e iniciar la operación, se generará una serie de impactos benéficos de carácter socioeconómico, como el de mantener las fuentes de empleo en la región, los empleos directos contribuyen un poco a disminuir la tasa de desempleo en la región, sin embargo de manera indirecta se benefician las poblaciones aledañas al demandarse alimentos, combustible y otros servicios que requieren los transportistas del material, con lo cual se incrementa el flujo de recursos económicos y se creará un polo de desarrollo.

Otro aspecto de este proyecto es que la maquinaria pesada y el equipo de transporte requieren de su mantenimiento respectivo en talleres de servicio especializado por lo que se generarán empleos e ingresos para las localidades y en general en la región.

Los empleos generados por el proyecto estarán sujetos a las leyes de la oferta y la demanda del producto. La mayoría de las repercusiones del proyecto en cuanto al aspecto socioeconómico

son de tipo positivo, ya que generarán fuentes de empleo fijas en la zona, la cual carece de fuentes de empleo en general y se encuentra en una zona de alta depresión social.

En una economía en crecimiento, el aumento de la oferta de este tipo de materiales para la industria de la construcción incidirá en los precios, dado que durante un tiempo prolongado se podrá conservar la fuente de empleo, lo cual favorecerá la calidad de vida de la población económicamente activa que resulte beneficiada.

Se puede establecer, que el costo ambiental demandado por la ejecución del proyecto es compensado por el beneficio social que se generará en esta región.

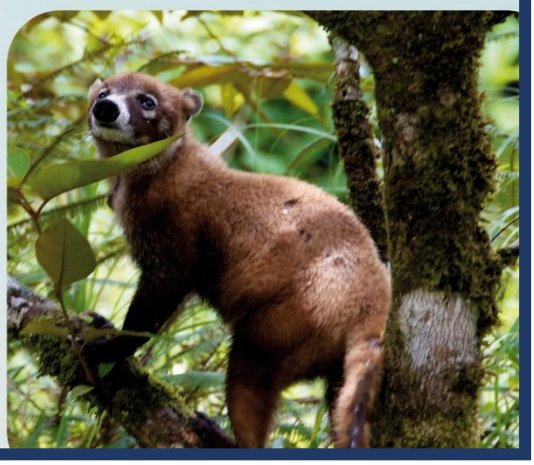
Por lo que, con fundamento en lo anteriormente mencionado, se considera que el proyecto es viable y no causará afectaciones considerables al medio ambiente, siempre y cuando se implementen las medidas de mitigación expuestas en el presente DTU.

# CAPÍTULO VII



## Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

## Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL ..... VII-1
VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación ..... VII-2
VII.2 Programa de Manejo Ambiental ..... VII-34
VII.2.1 Programa de Manejo Integral de Flora (PMIFl) ..... VII-36
VII.2.2 Programa de Rescate y Reubicación de Fauna (PMIFa) ..... VII-42
VII.2.3 Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR) ..... VII-45
VII.2.4 Programa de Educación Ambiental (PEA) ..... VII-56
VII.2.5 Reglamento de Construcción de Casas (RCC) ..... VII-58
VII.2.6 Programa de Acciones Independientes (PAI) ..... VII-59
VII.3 Seguimiento y control ..... VII-65
VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas ..... VII-68
VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo ..... VII-69
VII.5.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación ..... VII-70
VII.5.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo ..... VII-72
VII.5.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento ..... VII-73
VII.5.4 Fauna silvestre ..... VII-74
VII.5.5 Resumen de los costos necesarios para la restauración del área solicitada para Cambio de Uso de Suelo ..... VII-74

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII.1.- Claves de los factores ambientales y elementos del proyecto y que juntos forman la clave de cada impacto ambiental. ..... VII-2
Tabla VII.2.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: aire (A). ..... VII-3
Tabla VII.3. Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: agua (Ag). ..... VII-8
Tabla VII.4.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: suelo (S). ..... VII-12
Tabla VII.5.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: flora (Fl). ..... VII-17

Tabla VII.6. Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: fauna (F). .....VII-25
Tabla VII.7.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: paisaje (P). .....VII-32
Tabla VII.8.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: calidad de vida (C). .....VII-33
Tabla VII.9.- Nombre de los rótulos para los cuatro tipos de contenedores de plástico con tapa a ser usados por etapa durante el desarrollo del proyecto. .....VII-49
Tabla VII.10.- Centros de reciclaje para el destino final de los residuos reciclables producidos en el proyecto. .....VII-50
Tabla VII.11.- Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas de manejo, tipos de residuos que serán generados, descripción y su disposición final. .....VII-54
Tabla VII.12.- Costos de materia prima promedio por planta. .....VII-71
Tabla VII.13.- Costos promedio de las herramientas y materiales necesarios. .....VII-71
Tabla VII.14.- Costo promedio de mano de obra para la producción de las 2,228 plantas. .....VII-72
Tabla VII.15.- Costo promedio de mantenimiento por 4 meses de las 2,228 plantas. .....VII-72
Tabla VII.16.- Costo promedio de la mano de obra para realizar la reforestación. .....VII-72
Tabla VII.17.- Costo promedio para realizar las actividades de mantenimiento (1 riego y 1 chaponeo). .VII-74
Tabla VII.18.- Resumen de costos de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo. .....VII-74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VII.1.- Programa de Manejo Ambiental del proyecto, formado por un conjunto de programas y subprogramas. .....VII-34
Figura VII.2.- Programa de Manejo Integral de Flora y subprogramas que lo conforman. .....VII-37
Figura VII.3.- Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas que lo conforman, tipos de residuos por subprogramas y descripción de cada uno de ellos (Fuentes: DOF 2006, POE 2019, DOF 2021). VII-46
Figura VII.4.- Ejemplo de señalética para la prohibición de tirar basura fuera de los sitios asignados para tal fin. .....VII-48
Figura VII.5.- Ejemplo de señaletica a utilizarse para el uso moderado y ahorro de agua. .....VII-53

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa VII.1.- Propuesta de ubicación inicial del vivero temporal. .....VII-39

# VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Como se mostró en el Capítulo V de este documento, la ejecución del proyecto **Rancho San Juan** implica efectos al ambiente. Estos efectos, no significarán daños que pongan en peligro la integridad ecológica del ecosistema. Sin embargo, podrían implicar cambios a nivel puntual y local, de tal forma que, para mantener las condiciones ambientales actuales, se propone la aplicación de buenas prácticas ambientales. Por ello, después de haber identificado y valorado los impactos ambientales potenciales que este proyecto puede ocasionar en el Área del Proyecto (AP) y en el Sistema Ambiental Regional (SAR), y en vista de que el propósito de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y corregir los efectos adversos al ambiente generados por la ejecución de un proyecto, a continuación se señalan en este Capítulo las medidas propuestas que atenderán a los impactos ambientales, tanto a los que fueron valorados con mayor incidencia, como aquellos que no la presentan con el fin de no omitir ningún efecto adverso en el ambiente.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, en su artículo 3°, fracción XIII, define a las medidas de prevención como: *"Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente",* y en su fracción XIV, define a las medidas de mitigación como: *"Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas".* Por lo que, considerando estas definiciones, a través de este Capítulo, se señalarán las medidas de prevención, mitigación o compensación que serán implementadas de acuerdo con los efectos generados por la ejecución del proyecto.

Como se describió en el Capítulo II, el proyecto consiste en la construcción y operación de un Conjunto Residencial integrado por: 1) ocho Villas; 2) ocho caminos de acceso, y 3) ocho Módulos de equipamiento. Asimismo, y como ya se mencionó, en el Capítulo V se identificaron y valoraron los impactos derivados de la ejecución de éstas. En la Tabla siguiente, se muestran las claves de los impactos que serán considerados por cada medida o medidas, integrando una descripción general de ellos. Las claves se establecieron de acuerdo con el factor ambiental afectado, el elemento del proyecto y número consecutivo para cada impacto, de cada factor ambiental. A continuación, se muestra el significado de cada elemento que forma la clave de cada impacto.

**Tabla VII.1.- Claves de los factores ambientales y elementos del proyecto y que juntos forman la clave de cada impacto ambiental.**

| Factor ambiental | Clave | Etapa de ejecución | Clave |
|---|---|---|---|
| Aire | A | Preparación del sitio | p |
| Agua | Ag | Construcción | c |
| Suelo | S | Operación | o |
| Flora | F | | |
| Fauna | Fa | | |
| Paisaje | P | | |
| Calidad de vida | C | | |

Es importante considerar que para el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas (preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento) se aplicará el Programa de Manejo Ambiental (PMA) para cumplir con cada una de las etapas del proyecto. Este PMA, establecerá la manera adecuada de realizar cualquier actividad (considerando las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean propuestas en este DTU, y las que la autoridad ambiental proponga) para cada una de las diferentes etapas del proyecto. Para ello, el promovente como contratista formalizará con cada empresa (constructoras, de mantenimiento, o de alguna especialidad), un contrato donde se comprometan las empresas contratadas a cumplir y hacer cumplir con sus trabajadores este PMA a través de un representante ambiental (por parte de la empresa contratada) que estará en contacto con el supervisor ambiental del promovente el cual tendrá bajo su responsabilidad la aplicación y cumplimiento del PMA.

## VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación

A continuación, se presentan, las medidas a implementarse para evitar los efectos que serán ocasionados en Área del Proyecto (AP) y en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

**Tabla VII.2.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: aire (A).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **A1p**<br>**A1c** | Calidad del aire | Desmonte<br>Despalme<br>Trituración de material vegetal<br>Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones<br>Transporte de materiales | Modificación de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas | Se definirán caminos específicos y exclusivos para el transporte de vegetación y suelo producto de las actividades de desmonte y despalme.<br>También se definirá un área específica donde se realizará la trituración de la materia vegetal producto del desmonte.<br>De realizarse las actividades durante la época de estiaje, se regarán las superficies periódicamente con agua tratada para evitar la suspensión de polvos y partículas en las zonas de paso continúo de vehículos. Adicionalmente, las actividades se suspenderán bajo condiciones climáticas adversas como viento fuerte.<br>Las actividades de movimiento de tierras, se realizarán estrictamente en las áreas delimitadas.<br>Se establecerá un horario de trabajo de 8 a 17 horas, de lunes a sábado, con la finalidad de que el movimiento de tierras, construcción de edificaciones y transporte de materiales no sea constante. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |
| **A2p** | Calidad del aire | Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación de la calidad del | Previo a su uso, se comprobará que la maquinaria pesada esté en buen estado. | El responsable de las revisiones y mantenimiento |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **A2c** | | | aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) | También, se deberá realizar la revisión periódica con la finalidad de identificar desperfectos y solucionarlos a la brevedad. Igualmente, se deberá dar mantenimiento preventivo consistente en: cambio de aceite, así como cambio de filtros de aceite y de aire. La revisión y mantenimiento de la maquinaria estará a cargo de la empresa contratada, misma que deberá mostrar comprobantes de ello.<br><br>El uso de la maquinaria se acotará a un horario de 8 a 17 horas de lunes a sábado.<br><br>Se cumplirá en todo momento con la NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. | de la maquinaria pesada es el contratista, debiendo reportar los comprobantes de mantenimiento al supervisor ambiental del proyecto.<br><br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Comprobantes de mantenimiento.<br><br>Cumplimiento de la NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. |
| **A3p**<br>**A4c** | Confort sonoro | Desmonte<br><br>Despalme<br><br>Trituración de material vegetal<br><br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Modificación del confort sonoro por la generación de ruido | La maquinaria, equipo y vehículos utilizados durante las actividades de desmonte, despalme y trituración de materia vegetal producto del desmonte se restringirá en un horario de 8 a 17 horas, de lunes a sábado.<br><br>Mediante el Programa de Acciones Independiente, se vigilará el cumplimiento de la | Se contará con un supervisor ambiental responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, y de registrarlo en una bitácora. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones<br>Transporte de materiales | | NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método y medición, para lo cual, de ser necesario, se le solicitará a la empresa la instalación de silenciadores. | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%<br>Registros de medición acústica mediante sonómetro a la maquinaria.<br>Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método y medición. |
| **A3pc**<br>**A1o** | Calidad del aire | Generación de residuos | Modificación de la calidad del aire por la generación de malos olores por un mal manejo de los residuos generados. | Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor ambiental AIRE, se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (para más detalle, ver apartado VII.2.3.1 de este Capítulo), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100% "Cantidad (kg) o volumen (l) de cada tipo de residuos generados por diferentes unidades de tiempo, ya sea día, semana o mes. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Manejo de residuos desde su generación, para lo cual se invitará al personal a llevar sus propios contendores de agua o alimentos y a no utilizar desechables.<br>• Clasificación de residuos sólidos en: residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.<br>• Separación de residuos a través de la instalación de contenedores con tapadera, rotulados conforme a la clasificación establecida.<br>• Determinar los sitios estratégicos donde se instalarán los contenedores para la disposición temporal de los residuos.<br>• Se contratará un prestador de servicios autorizado para la recolección, traslado y disposición final de los residuos.<br>• Colocación de señalamientos que prohíban arrojar o depositar la basura fuera de los lugares asignados para tal fin.<br>• Se realizarán recorridos por la superficie de la obra con la finalidad de verificar que no existan residuos fuera de las áreas previstas, y en su caso retirarlos. | Comprobantes de mantenimiento y retiro de residuos por el proveedor de servicios de colecta.<br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *Grosso modo*, a través del Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Instalación de sanitarios portátiles para el manejo de aguas residuales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, cuyo mantenimiento y disposición final estará a cargo de un prestador de servicios.<br>• Se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.<br>• Las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso, Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | |

**Tabla VII.3. Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: agua (Ag).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ag1p**<br>**Ag1c** | Calidad del agua | Desmonte<br>Despalme<br>Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Construcción de edificaciones | Modificación de la calidad del agua por un posible aporte de sedimentos por escurrimientos intermitentes al quedar expuesto el suelo. | Se evitará hacer uso de bancos de material y de tiro cercanos cuerpos o corrientes de agua.<br>Las actividades se suspenderán bajo condiciones climáticas adversas | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de estas medidas.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica del cumplimiento de estas medidas. |
| **Ag2p**<br>**Ag2c**<br>**Ag1o** | Calidad del agua | Generación de residuos | Modificación de la calidad del agua por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados. | Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor ambiental AGUA, se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (para más detalle, ver apartado VII.2.3.1 de este Capítulo), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.<br>A través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos se tienen las siguientes medidas: | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Cantidad (kg) o volumen (l) de cada tipo de residuos generados por diferentes unidades de tiempo, ya sea día, semana o mes.<br>Comprobantes de mantenimiento y retiro de |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | • Manejo de residuos desde su generación, para lo cual se invitará al personal a llevar sus propios contendores de agua o alimentos y a no utilizar desechables.<br>• Clasificación de residuos sólidos en: residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.<br>• Separación de residuos a través de la instalación de contenedores con tapadera, rotulados conforme a la clasificación establecida.<br>• Determinar los sitios estratégicos donde se instalarán los contenedores para la disposición temporal de los residuos.<br>• Se contratará un prestador de servicios autorizado para la recolección, traslado y disposición final de los residuos.<br>• Colocación de señalamientos que prohíban arrojar o depositar la basura fuera de los lugares asignados para tal fin.<br>• Se realizarán recorridos por la superficie de la obra con la finalidad de verificar que no existan residuos fuera de las áreas previstas, y en su caso retirarlos. | residuos por el proveedor de servicios de colecta.<br><br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *Grosso modo*, a través del Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Instalación de sanitarios portátiles para el manejo de aguas residuales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, cuyo mantenimiento y disposición final estará a cargo de un prestador de servicios.<br>• Se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.<br>• Las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso o, en su caso, a los pozos de absorción durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | |
| **Ag3p**<br>**Ag3c** | Cantidad de agua | Desmonte<br>Despalme<br>Cimentación<br>Construcción de edificaciones | Modificación de la cantidad de agua debido a la pérdida de cobertura vegetal. | Se respetarán las áreas delimitadas previamente para el desmonte, despalme, cimentación y construcción de edificaciones. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar que no se afecten áreas adicionales, además de registrarlo en una bitácora. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Superficie (ha) afectada igual a la autorizada.<br><br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están afectando áreas adicionales. |
| **Ag4c, Ag2o** | Cantidad de agua | Cimentación<br><br>Construcción de edificaciones<br><br>Presencia de personal y usuarios | Modificación de la cantidad de agua por el uso directo | Uso de tecnología para el ahorro de agua en las instalaciones de las Villas.<br><br>Las aguas tratadas se utilizarán para riego de áreas verdes dentro del AP.<br><br>Se captará el agua de lluvia por medio de la red de aguas pluviales para dirigirse a los pozos de absorción.<br><br>Se instalarán en las albercas y piletas equipos de ahorro de agua. | Registro del consumo de agua durante cada etapa.<br><br>El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar el funcionamiento de los sistemas ahorradores de agua.<br><br>El personal de mantenimiento deberá llevar un control de la calidad de agua almacenada para asegurar se reúso. |

**Tabla VII.4.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: suelo (S).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **S1p**<br>**S1c** | Calidad del suelo | Uso de maquinaria, equipo y vehículos<br>Transporte de materiales | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por posible derrame de combustible | Previo a su uso, el contratista responsable de la maquinaria pesada deberá comprobar que esté en buen estado. También, se deberá realizar la revisión periódica con la finalidad de identificar desperfectos y solucionarlos a la brevedad. Igualmente, se deberá dar mantenimiento preventivo consistente en: cambio de aceite, así como cambio de filtros de aceite y de aire.<br>El mantenimiento de la maquinaria deberá realizarse en talleres fuera del Área del Proyecto.<br>En caso de ser necesario dar mantenimiento dentro del Área del Proyecto, se deberá colocar una geomembrana aislante para evitar la contaminación al suelo. | Se contará con un supervisor ambiental responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, y de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Comprobantes de mantenimiento.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre la ausencia de incidentes. |
| **S2p**<br>**S3c** | Cantidad de suelo | Desmonte<br>Despalme<br>Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Modificación de la cantidad de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal quedando desnudo y | Se respetarán las áreas delimitadas previamente para el desmonte y despalme. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar que no se afecten áreas adicionales, además de registrarlo en una bitácora. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | expuesto a erosión durante las actividades de desmonte y despalme. | | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Superficie (ha) afectada igual a la autorizada.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están afectando áreas adicionales. |
| **S4c** | Cantidad de suelo | Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación) | Alteración de la cantidad de suelo debido a las actividades de movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación) lo que modificará el relieve. | Se respetarán las áreas delimitadas previamente para el movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación). | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar que no se afecten áreas adicionales, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Superficie (ha) afectada igual a la autorizada.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | afectando áreas adicionales. |
| **S2pc, S1o** | Calidad del suelo | Generación de residuos | Modificación de la calidad del suelo por contaminación por un mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados | Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor ambiental SUELO, se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (para más detalle, ver apartado VII.2.3.1 de este Capítulo), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.<br><br>A través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos se tienen las siguientes medidas:<br><br>• Manejo de residuos desde su generación, para lo cual se invitará al personal a llevar sus propios contendores de agua o alimentos y a no utilizar desechables.<br>• Clasificación de residuos sólidos en: residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.<br>• Separación de residuos a través de la instalación de contenedores con tapadera, rotulados conforme a la clasificación establecida. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br><br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Cantidad (kg) o volumen (l) de cada tipo de residuos generados por diferentes unidades de tiempo, ya sea día, semana o mes.<br><br>Comprobantes de mantenimiento y retiro de residuos por el proveedor de servicios de colecta.<br><br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | • Determinar los sitios estratégicos donde se instalarán los contenedores para la disposición temporal de los residuos.<br>• Se contratará un prestador de servicios autorizado para la recolección, traslado y disposición final de los residuos.<br>• Colocación de señalamientos que prohíban arrojar o depositar la basura fuera de los lugares asignados para tal fin.<br>• Se realizarán recorridos por la superficie de la obra con la finalidad de verificar que no existan residuos fuera de las áreas previstas, y en su caso retirarlos.<br>Grosso modo, a través del Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Instalación de sanitarios portátiles para el manejo de aguas residuales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, cuyo mantenimiento y disposición final estará a cargo de un prestador de servicios.<br>• Se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles. | |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | • Las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso o, en su caso, a los pozos de absorción durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | |

**Tabla VII.5.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: flora (Fl).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fl1p**<br>**Fl2p**<br>**Fl1c** | Cobertura vegetal | Trazo y delimitación de la superficie para el CUSTF<br>Desmonte<br>Despalme<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos<br>Transporte de materiales<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Reducción de la cobertura vegetal por eliminación de la vegetación por las actividades de trazo y delimitación, desmonte y despalme de la superficie para el CUSTF, lo que a su vez modificará el hábitat. | Se removerá únicamente la vegetación de las zonas seleccionadas y determinadas para la construcción previamente autorizadas por la autoridad.<br>Los residuos de la vegetación se triturarán y, de ser posible, podrán ser utilizados para la generación de composta y reincorporados en áreas a revegetar, sin afectar la vegetación natural adicional.<br>Se le prohibirá al personal, colectar, pisotear o dañar a cualquier ejemplar de flora.<br>Se prohibirá a los trabajadores realizar fogatas y no se deberán utilizar productos químicos o fuego para la remoción de ningún tipo de vegetación.<br>Se evitará que la maquinaria o vehículos eliminen o dañen a las plantas de las diferentes formas de vida, que se encuentren por la periferia de los caminos estableciéndoles claramente las rutas de movimiento.<br>Se llevará a cabo un Subprograma de Reforestación, en donde se plantarán especies nativas en zonas susceptibles de ser reforestadas. Para lo anterior, se pueden | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar que no se afecten áreas adicionales, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Superficie (ha).<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están afectando áreas adicionales. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | utilizar los individuos que fueron rescatados durante la etapa de preparación del sitio por medio del Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora Terrestre, así como los individuos de especies nativas que se hayan producido en el vivero temporal.<br><br>Se llevarán a cabo acciones de educación ambiental (pláticas, folletos) para enfatizar la importancia de la conservación del área, dirigido al personal, a través de la implementación de un Programa de Educación Ambiental.<br><br>El proyecto deberá contar con un Programa de Manejo Ambiental, en donde se establecerán las condiciones en las que operará el sitio, las medidas de protección y conservación de los recursos naturales, así como de las prohibiciones y restricciones que se aplicarán al personal.<br><br>Asimismo, se definirá al personal encargado de la vigilancia y supervisión de la aplicación de Programa. | |
| **Fl3p** | Especies silvestres y en la NOM-059- | Desmonte<br><br>Despalme | Mortandad a especies de flora incluidas en la NOM-059- | Considerando que durante las acciones de desmonte y despalme se eliminará vegetación, con ello se pondrá en peligro a las especies silvestres y las citadas en la NOM-059- | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas de |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | SEMARNAT-2010 | | SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal durante las acciones de desmonte y despalme. | SEMARNAT-2010. Para evitar este efecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Flora, el cual contempla la ejecución de un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, en el cual se contempla proteger en el mayor grado posible a las especies de flora presente en el Área del Proyecto, rescatando de forma oportuna (antes del desmonte, despalme y procesos constructivos), a las especies de flora: nativas, bajo alguna categoría de riesgo, prioritarias o endémicas, así como eligiendo las estrategias y métodos para realizar las acciones de rescate, manejo y reubicación de especies de flora acordes con la biología de cada especie. Así, la implementación de este programa y subprograma permitirán prevenir los efectos negativos a la flora por las actividades de desmonte y despalme. | la ejecución de las medidas del Programa de Manejo Integral de Flora y Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, además de registrarlo en una bitácora.<br><br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Sobrevivencia de ejemplares rescatados al ingresar al vivero temporal.<br><br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica. |
| **Fl4p**<br><br>**Fl4c**<br><br>**Fl1o** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal<br><br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos<br><br>Transporte de materiales<br><br>Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la presencia de personal y uso de maquinaria, | Se definirán caminos específicos y exclusivos para el traslado de material.<br><br>Se evitará que el empleo de maquinaria o vehículos eliminen o dañen a las plantas, que se encuentren por la periferia de los caminos, estableciendo claramente las rutas de circulación. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las inspecciones periódicas para garantizar que no se afecten áreas adicionales, además de registrarlo en una bitácora. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | equipo y vehículos. | Se removerá únicamente la vegetación de las zonas seleccionadas y determinadas para el desarrollo de las obras.<br><br>Se establecerán límites de velocidad y se colocarán avisos de circulación a velocidades moderadas en las tres fases de ejecución del proyecto.<br><br>Deberá implementarse la vigilancia y supervisión a fin de verificar que las unidades circulen por la zona delimitada.<br><br>Se implementará además un Programa de Educación Ambiental, en donde entre otras acciones, se llevarán a cabo pláticas de educación ambiental para enfatizar la importancia de la conservación del área.<br><br>Se prohibirá la remoción de cualquier ejemplar por parte del personal.<br><br>En caso de ser necesario, se colocará una malla ciclónica emplastecida perimetral del área de CUSTF para evitar, en lo posible, el que los empleados de la construcción invadan otras áreas fuera de la superficie autorizada.<br><br>El proyecto deberá contar con un Programa de Manejo Ambiental, en donde se establecerán las condiciones en las que operará el sitio, las medidas de prevención, protección y | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Superficie (ha).<br><br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están afectando áreas adicionales. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | conservación de los recursos naturales, así como de las prohibiciones y restricciones que se aplicarán al personal. Asimismo, se definirá al personal encargado de la vigilancia y supervisión de la aplicación de este Programa.<br><br>Se colocará señalética para indicar la existencia de flora para motivar el respeto y protección a las mismas. | |
| **Fl2pc**<br><br>**Fl5pc**<br><br>**Fl3o** | Cobertura vegetal<br><br>Especies silvestres y en la NOM-059- | Generación de residuos | Reducción de la cobertura vegetal debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de construcción del proyecto.<br><br>Mortandad o daño a especies de flora silvestre e incluidas en la | Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor ambiental FLORA, se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (para más detalle, ver apartado VII.2.3.1 de este Capítulo), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.<br><br>A través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos se tienen las siguientes medidas:<br><br>• Manejo de residuos desde su generación, para lo cual se invitará al personal a llevar sus propios contendores de agua o alimentos y a no utilizar desechables. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br><br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Cantidad (kg) o volumen (l) de cada tipo de residuos generados por diferentes unidades de tiempo, ya sea día, semana o mes.<br><br>Comprobantes de mantenimiento y retiro de residuos por el proveedor de servicios de colecta. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | SEMARNAT-2010 | | NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a contaminación por mal manejo de residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto. | • Clasificación de residuos sólidos en: residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.<br>• Separación de residuos a través de la instalación de contenedores con tapadera, rotulados conforme a la clasificación establecida.<br>• Determinar los sitios estratégicos donde se instalarán los contenedores para la disposición temporal de los residuos.<br>• Se contratará un prestador de servicios autorizado para la recolección, traslado y disposición final de los residuos.<br>• Colocación de señalamientos que prohíban arrojar o depositar la basura fuera de los lugares asignados para tal fin.<br>• Se realizarán recorridos por la superficie de la obra con la finalidad de verificar que no existan residuos fuera de las áreas previstas, y en su caso retirarlos.<br><br>Grosso modo, a través del Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos se tienen las siguientes medidas:<br><br>• Instalación de sanitarios portátiles para el manejo de aguas residuales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, cuyo | Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | mantenimiento y disposición final estará a cargo de un prestador de servicios.<br>• Se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.<br>• Las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso o, en su caso, a los pozos de absorción durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | |
| **Fl3c**<br>**Fl2o** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Transporte de materiales<br>Presencia de personal<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos<br>Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de flora silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la introducción de especies exóticas por el transporte de materiales, presencia de personal y paso de maquinaria y | Los vehículos y el personal actúan como vectores transportando propágulos de áreas externas por lo que para evitar esto, los vehículos serán revisados en busca de algún propágulo para su eliminación antes de ingresar. Respecto al personal, se le indicará que es prohibido introducir especies de otros lugares.<br>En el caso de los usuarios se les comunicará que de desear colocar dentro de sus Villas algún ejemplar o ejemplares de plantas, éstas deberán ser nativas con el fin de evitar la introducción de especies exóticas al sitio. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las revisiones al transporte de materiales, así como a la maquinaria, vehículos, personal y usuarios, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Número de especies exóticas introducidas. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | vehículos durante la etapa de construcción. | | Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están introduciendo especies exóticas. |
| **F1p, F2p, F1c** | Hábitat | Transporte de materiales<br>Presencia de personal<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos<br>Presencia de personal y usuarios | Modificación del hábitat por la pérdida de cobertura vegetal durante las actividades de desmonte y despalme, lo que conlleva al ahuyentamiento, mortandad o daño a las especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. | Para tratar de minimizar o compensar este impacto, se llevará a cabo un Subprograma de Reforestación en las áreas que se requieran dentro del AP, SAR o donde la autoridad lo indique. También se pueden establecerse convenios para reforestar en áreas Naturales Protegidas aledañas al sitio de impacto. Aunado a lo anterior cabe mencionar que dentro del predio se mantendrá el 95.81 % de la vegetación natural. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de todas las actividades para llevar a cabo la reforestación, además de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Superficie (ha) reforestada.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica de la superficie reforestada. |

**Tabla VII.6. Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: fauna (F).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **F2o** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Mortandad o daño a especies de fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a introducción de especies exóticas por la presencia de personal y usuarios durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | Se prohibirá ingresar a la zona con fauna no nativa o con mascotas que puedan poner en riesgo a la fauna del sitio (aves, mamíferos (felinos, perros, hamsters, etc.), anfibios, reptiles). | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las revisiones al Área del Proyecto.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Número de especies exóticas introducidas.<br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica que demuestre que no se están introduciendo especies exóticas. |
| **F4p**<br>**F4c**<br>**F1o** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Presencia de personal y usuarios | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Deberá implementarse la vigilancia y supervisión a fin de evitar la cacería, captura o agresión de las especies de fauna que pudiera existir en el sitio.<br>Se evitará que las actividades se lleven a cabo en la época de reproducción o nidación de la fauna. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las revisiones al Área del Proyecto, así como de la señalética distribuida en el Área del Proyecto. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | por la presencia de personal. | Se colocarán señalamientos en donde se haga del conocimiento del personal que, en caso de presentarse alguna especie de fauna silvestre en las instalaciones del proyecto, se permitirá su desplazamiento y libre tránsito hacia el área con vegetación natural. En caso de no existir desplazamiento, se deberá llamar al personal indicado para su captura y posterior translocación.<br><br>Para la zona terrestre, en caso de ser necesario, se colocará una malla ciclónica emplastecida perimetral del área de construcción para evitar en lo posible que los empleados de la construcción invadan otras áreas fuera de la superficie autorizada.<br><br>Se implementará además un Programa de Educación Ambiental en donde entre otras acciones se llevarán a cabo pláticas de educación ambiental para enfatizar la importancia de la conservación del área. | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Número de pláticas de educación ambiental con temática relacionada.<br><br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica. |
| **F3p**<br>**F2c** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Trituración de material vegetal | Ahuyentamiento, daño, mortandad o desplazamiento de especies de fauna silvestre o incluida en la NOM-059- | El uso de la trituradora no será constante y su uso se restringirá en un horario de 8 a 17 horas, de lunes a sábado. Mediante el Programa de Acciones Independiente, se vigilará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión | Se contará con un supervisor ambiental responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, y de registrarlo en una bitácora. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido durante las actividades de trituración de material vegetal producto del desmonte. | de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método y medición. | El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Registros de medición acústica mediante sonómetro a la maquinaria.<br>Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método y medición. |
| **F2c** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Nivelación<br>Movimiento de tierras (Excavación, relleno, compactación)<br>Instalación de servicios<br>Cimentación<br>Construcción de edificaciones<br>Terminado<br>Transporte de materiales | Desplazamiento de individuos de especies de fauna silvestres e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido por las | La maquinaria utilizada para las actividades constructivas (movimiento de tierras, construcción de edificaciones y transporte de materiales) se restringirá en un horario de 8 a 17 horas, de lunes a sábado.<br>Mediante el Programa de Acciones Independiente, se vigilará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y | Se contará con un supervisor ambiental responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, y de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Registros de medición acústica mediante sonómetro a la maquinaria. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales durante la etapa de construcción del proyecto. | triciclos motorizados en circulación y su método y medición, para lo cual, de ser necesario, se le solicitará a la empresa la instalación de silenciadores. | Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método y medición. |
| **F5p**<br>**F3c** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Transporte de materiales<br>Uso de maquinaria, equipo y vehículos | Mortandad o daño de especies de fauna silvestre e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por posible atropellamiento debido al uso de maquinaria y | Como propuesta, en caso de ser necesario, se podrían construir paso para la fauna. Considerando que este proyecto pretende la construcción de obras de drenaje las cuales, con algunas adaptaciones, podrían fungir como pasos de fauna. Esto será definido a través de un estudio técnico que permita definir el tipo y dimensión de los pasos de fauna. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica de las revisiones al Área del Proyecto.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | vehículos durante la etapa de preparación del sitio. | Colocar señales en las zonas donde la fauna podría cruzar para alertar a los usuarios y para disminuir la velocidad en esas áreas. Los letreros se instalarán junto a los correspondientes a la velocidad permitida.<br><br>Durante la operación del proyecto se deberá monitorear y tener un registro de la fauna que resulte afectada por el tránsito vehicular con el fin de determinar si es necesaria la construcción de nuevos pasos de fauna o la reubicación de los existentes. Esto puede realizarse durante los 2 primeros años de operación para llevar a cabo las mejoras necesarias. | Registro de fauna afectada.<br><br>Registro en bitácora y evidencia fotográfica. |
| **F6p**<br>**F5c**<br>**F3o** | Especies silvestres y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Generación de residuos | Mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies fauna silvestres o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de | Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor ambiental FLORA, se implementarán medidas a través de un Programa de Manejo Integral de Residuos (para más detalle, ver apartado VII.2.3.1 de este Capítulo), el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos. | El supervisor ambiental del proyecto tomará evidencia fotográfica del cumplimiento de las medidas, además de registrarlo en una bitácora.<br><br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br><br>Cantidad (kg) o volumen (l) de cada tipo de residuos generados por diferentes |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | residuos (*e.g.*, colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos) generados durante la etapa de preparación del sitio. | A través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Manejo de residuos desde su generación, para lo cual se invitará al personal a llevar sus propios contendores de agua o alimentos y a no utilizar desechables.<br>• Clasificación de residuos sólidos en: residuos sólidos urbanos, biorresiduos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.<br>• Separación de residuos a través de la instalación de contenedores con tapadera, rotulados conforme a la clasificación establecida.<br>• Determinar los sitios estratégicos donde se instalarán los contenedores para la disposición temporal de los residuos.<br>• Se contratará un prestador de servicios autorizado para la recolección, traslado y disposición final de los residuos.<br>• Colocación de señalamientos que prohíban arrojar o depositar la basura fuera de los lugares asignados para tal fin.<br>• Se realizarán recorridos por la superficie de la obra con la finalidad de verificar que no existan residuos fuera de las áreas previstas, y en su caso retirarlos. | unidades de tiempo, ya sea día, semana o mes.<br>Comprobantes de mantenimiento y retiro de residuos por el proveedor de servicios de colecta.<br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Grosso modo, a través del Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos se tienen las siguientes medidas:<br>• Instalación de sanitarios portátiles para el manejo de aguas residuales durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, cuyo mantenimiento y disposición final estará a cargo de un prestador de servicios.<br>• Se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.<br>• Las aguas residuales serán canalizadas mediante red de alcantarillado sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y reúso o, en su caso, a los pozos de absorción durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. | |

**Tabla VII.7.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: paisaje (P).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **P1p**<br>**P1c** | Incidencia visual | Desmonte<br>Despalme<br>Construcción de edificaciones | Modificación del paisaje debido a la eliminación de la vegetación por las actividades de desmonte y despalme. | Debido a que la superficie de CUSTF representa 9.25% (2.25 ha) de la superficie total del Área del Proyecto (24.31 ha), la afectación a la incidencia visual del paisaje será baja. No obstante, como medida se propone la supervisión de la ejecución de las actividades de preparación del siito, construcción y operación del presente proyecto, únicamente en los sitios delimitados para tal fin. | Se contará con un supervisor ambiental responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, y de registrarlo en una bitácora.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Registro en bitácora y obtención de evidencia fotográfica. |

**Tabla VII.8.- Medidas a implementarse para evitar afectaciones en el Sistema Ambiental. Factor susceptible de impacto: calidad de vida (C).**

| Impactos | Subfactor susceptible de impacto | Actividad(es) generadora(s) de impacto o momento de implementación de la(s) medida(s) | Caracterización del impacto ambiental | Descripción de la medida de prevención, mitigación o compensación | Supervisión / Porcentaje de cumplimiento / Eficacia / Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **C1pco** | Nivel de empleo | Nivel de empleo | Incremento en el nivel de empleo en el área pues se contratarán trabajadores en todas las fases del proyecto. | Un impacto social positivo que se tiene contemplado en el SAR es la generación de empleos temporales (etapas de preparación del sitio y construcción) y permanentes (etapa de operación).<br>Asimismo, se tiene prevista una derrama económica a las poblaciones aledañas al proyecto.<br>Se pretende además promover la educación ambiental y la conservación para reducir la contaminación y proteger los recursos naturales. | Supervisión ambiental de la contratación de personal de la región.<br>El grado de cumplimiento deberá ser al 100%.<br>Número de empleados contratados por etapa del proyecto.<br>Registro en bitácora. |

## VII.2 Programa de Manejo Ambiental

En los Capítulos II y V anteriores, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales previsibles que potencialmente pueden inducir el proyecto en el SAR descrito en el Capítulo IV. Su posible generación obliga a definir con anticipación las medidas necesarias para prevenir, mitigar, o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en la implementación del proyecto e integrarlas de manera precisa y coherente en un marco de programas específicos de gestión y manejo integrado. Para el cumplimiento de esos fines, se propone un Programa de Manejo Ambiental (PMA), el cual se propone que esté formado por un conjunto de programas, subprogramas y actividades, como se puede apreciar en la siguiente figura:

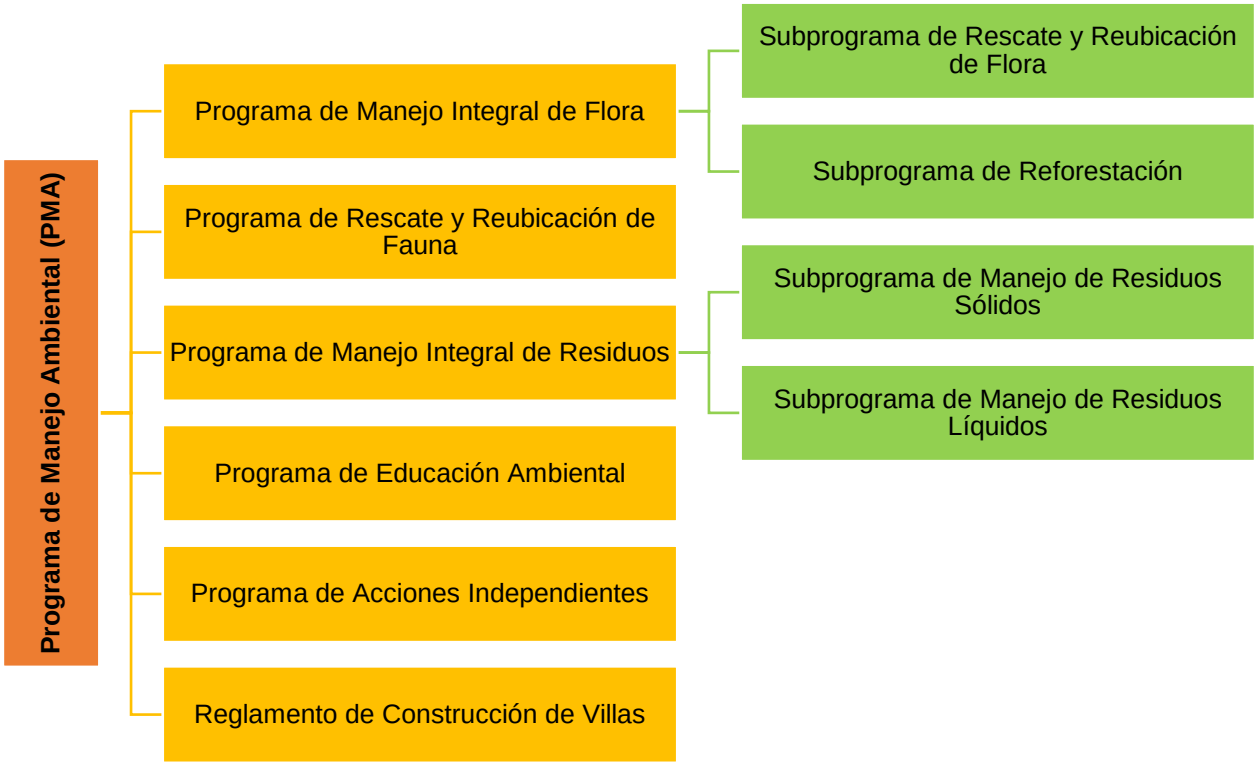



**Figura VII.1.- Programa de Manejo Ambiental del proyecto, formado por un conjunto de programas y subprogramas.**

Así, el Programa de Manejo Ambiental integrado por un conjunto de programas, subprogramas y reglamento cuyos objetivos principales son los siguientes:

1. Realizar las acciones necesarias para verificar de manera completa el cumplimiento estricto de los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT establezca al proyecto, así como de la legislación y normatividad ambiental aplicable, en caso de que la autoridad ambiental lo autorice.
2. Verificar, supervisar, coordinar, y en su caso, implementar las medidas de prevención, mitigación, manejo, compensación y monitoreo que se describen en este Capítulo, así como las que considere la autoridad ambiental.
3. Corroborar que las medidas propuestas prevengan o minimicen los impactos ambientales que genere el proyecto.
4. Evaluar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestas por el promovente, y de ser el caso, aquellas que considere la autoridad ambiental.
5. Identificar las alteraciones ambientales no previstas en el DTU.
6. Establecer medidas correctivas, en caso de que se identifiquen afectaciones no previstas en el DTU o se detecte que las medidas propuestas no son suficientes para contener los impactos ambientales generados por el proyecto.

Las estrategias e indicadores previstos para alcanzar los objetivos referidos son las siguientes:

**Supervisión y vigilancia de las obras, procesos y actividades autorizadas**

Mediante esta estrategia, el responsable de la supervisión ambiental se coordinará de manera sistemática con el responsable de cada etapa del proyecto (*i.e.*, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento), para planificar conjuntamente y establecer acuerdos previos que permitan cumplir en la práctica diaria con: 1) las obligaciones ambientales aplicables en cada etapa; 2) identificar, en términos verificables, que no se está rebasando el impacto ambiental previsto; y, 3) aplicar medidas complementarias para reducirlo y mantenerlo en niveles no significativos.

Con base en dichos acuerdos previos, en cada etapa, se revisará directamente en campo y de manera periódica las superficies de preparación del sitio, construcción y operación, así como las actividades regulares y extraordinarias relacionadas con el objeto de:

a) Observar el cumplimiento de obligaciones por parte de los actores involucrados en las etapas;
b) Supervisar la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales previstos para cada etapa;
c) Coordinar la ejecución los PMA del proyecto, y

d) Dar seguimiento al estado de salud ambiental de los ecosistemas y recursos del predio partiendo como línea base la información contenida en este DTU.

**Mejora continua del proyecto**

Esta estrategia aplica desde el momento de la concepción de las ideas básicas para el desarrollo del proyecto, así como a lo largo de las diferentes etapas de su implementación y continúa hasta su etapa de operación y mantenimiento. Implica una labor permanente de los responsables del diseño, construcción y operación del proyecto. Debe asegurar que cuando surjan dudas, se requieran ajustes de tiempo o se presenten problemas en el diseño, construcción y operación, se identifiquen en sus primeros indicios, y se proceda a definir e implementar las medidas que representen el menor impacto ambiental posible, pudiendo tramitarse la solicitud de cambios o ajustes al proyecto en tiempo y forma ante las instancias que correspondan.

Adicionalmente considera:

a) La atención y resolución de conflictos ambientales;
b) La definición e implementación de acciones de manejo y desarrollo sostenible de interés compartido, por ejemplo, con las ANP´s, apoyando con material vegetal para reforestación, y
c) El fortalecimiento de la pertinencia social del proyecto.

**Implementación de buenas prácticas ambientales**

Incluye la identificación, implementación de buenas prácticas ambientales existentes o disponibles en la región o en sitios equivalentes, que hayan demostrado ser exitosas para la conservación de vegetación y fauna, manejo integral de residuos, uso de energía alternativa, sistemas de construcción y operación de infraestructura de bajo impacto ambiental, uso de especies nativas y propias de la región dentro de las áreas verdes, entre otras.

A continuación, se presentan de manera general cada programa, subprograma y reglamentos propuestos, que se considera permitirán prevenir, mitigar, compensar o eliminar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de sus etapas de implementación.

### VII.2.1 Programa de Manejo Integral de Flora (PMIFl)

Actualmente la demanda de recursos naturales se ha incrementado debido al crecimiento demográfico humano al hacer uso del espacio para **la construcción de proyectos inmobiliarios**. La ejecución de este tipo de proyectos, **implica**, en muchos casos, **la eliminación**

**de la cobertura vegetal o cambio de uso de suelo**, lo cual, trae consigo efectos negativos paisajísticos y biológicos. A partir del conocimiento que se ha generado respecto a los resultados negativos que la pérdida de vegetación puede generar, se vuelve indispensable la realización de protocolos para prevenir, mitigar, o en su caso, compensar las afectaciones a la flora terrestre durante el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

Bajo este contexto, se contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de Flora (PMIFl), cuyos principales fines son: 1) atenuar los impactos generados por el cambio de uso de suelo por el desarrollo del proyecto; 2) vigilar que continúen en buen estado las áreas donde se mantendrá la vegetación dentro del Área del Proyecto; 3) resguardar y brindar los cuidados necesarios a los individuos de flora dentro del vivero temporal para obtener ejemplares con un buen estado de salud y una sobrevivencia mayor al 80%; 4) reforestación de sitios, localizados fuera o dentro del Área del Proyecto, que reúnan las condiciones ambientales similares a las del sitio donde dichos ejemplares rescatados habitaban originalmente con el fin de que se establezcan en el nuevo ambiente (*e.g.*, áreas verdes del proyecto, por ejemplo, debajo de la parte inferior del edificio Sala Comedor, o bien, áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento o caminos que así lo requieran). Además, este programa propone medidas o prácticas que puedan ayudar a prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales que pudiera generar el proyecto. El PMIFl, se divide en dos subprogramas, como se apreciar en la siguiente Figura:

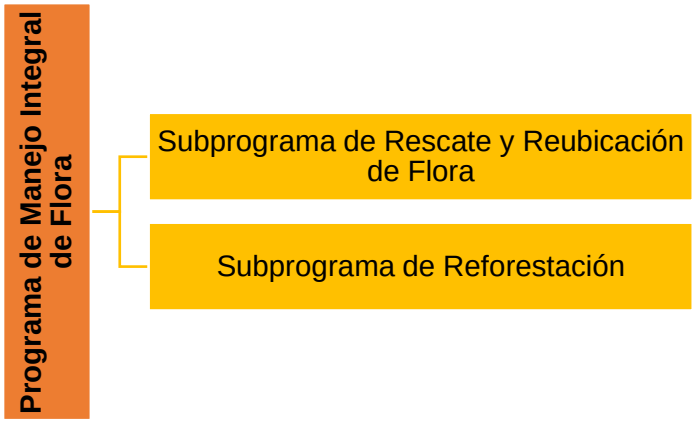



**Figura VII.2.- Programa de Manejo Integral de Flora y subprogramas que lo conforman.**

VII.2.1.1 Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora

El objetivo general de este subprograma es que, previo al desmonte de la superficie de CUSTF del proyecto, sean rescatados los ejemplares de flora presentes en dicha superficie, específicamente especies: nativas, bajo alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-

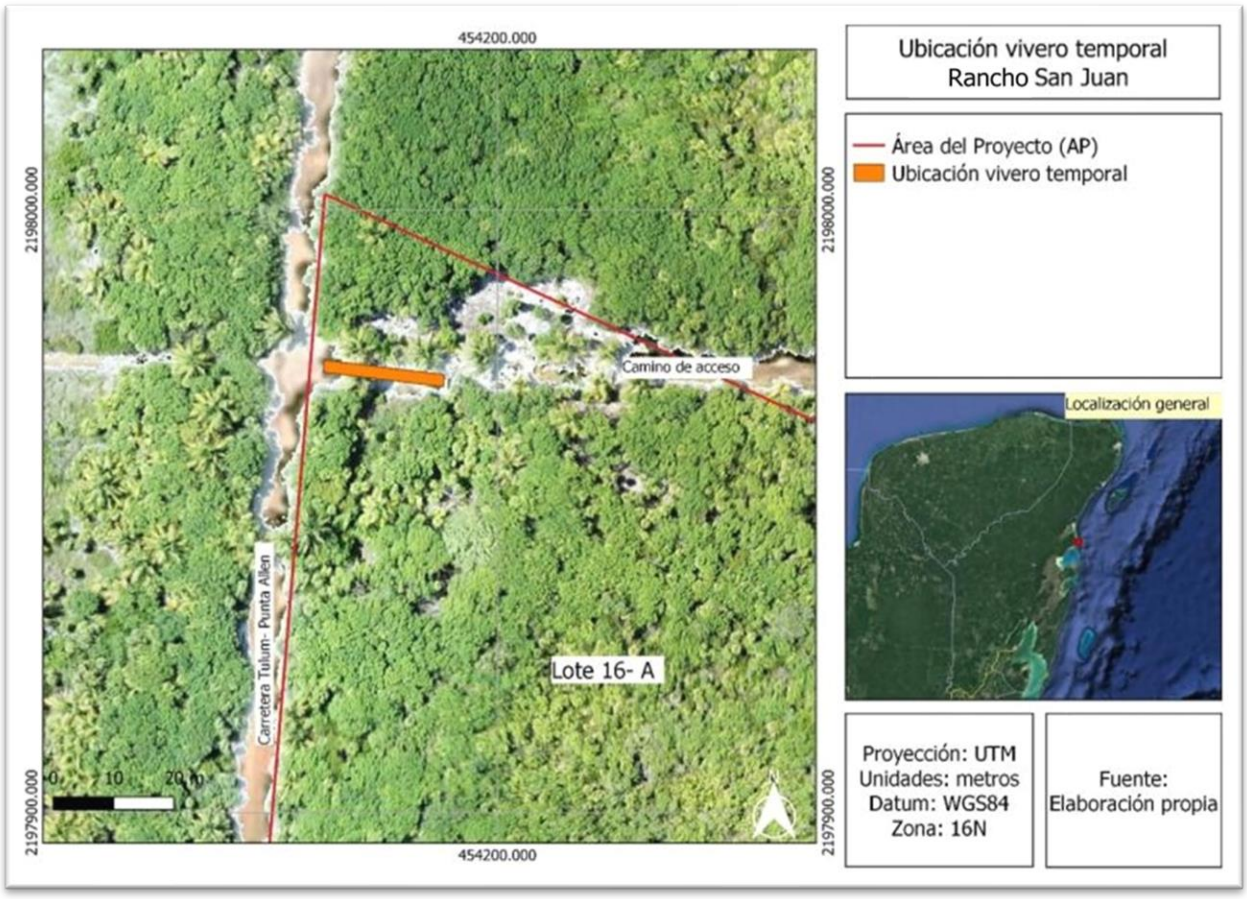
2010, CITES, IUCN), prioritarias o endémicas. Los objetivos particulares que contempla la implementación de este subprograma son los siguientes:

a. Proteger en el mayor grado posible a las especies de flora presentes en el Área del Proyecto durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
b. Rescatar oportunamente, antes de los procesos constructivos, a las especies de flora: nativas, bajo alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN), prioritarias o endémicas.
c. Definir el tiempo e identificar los sitios donde se llevará a cabo el rescate de los individuos de flora.
d. Definir y justificar las estrategias y métodos seleccionados para realizar las acciones de rescate, manejo y reubicación de especies de flora acordes con la biología de cada especie.
e. Definir indicadores de seguimiento, de las medidas a utilizar que ofrezcan evidencia del resultado favorable del rescate.
f. Calendarización de las actividades y actividades que se desarrollarán.

De acuerdo con los objetivos planteados, el presente subprograma tendrá como metas finales identificar a las especies vegetales de mayor relevancia que se encuentran dentro del área donde se desarrollará el proyecto, así como, proteger y conservar a sus poblaciones. Las mejores técnicas de colecta, manejo, traslado y plantación de los organismos vegetales ayudarán a garantizar que la sobrevivencia de los organismos sea alta y se puedan reintegrar a su nuevo hábitat. Este Subprograma iniciará con la instalación de un vivero temporal que se describe a continuación:

**Instalación de vivero temporal**

La instalación del vivero temporal será previo a las acciones de rescate de flora en la superficie para el CUSTF del proyecto; el vivero será de aproximadamente 20 $m^2$, y durante la construcción de la primera Villa Tipo se propone ubicarlo en un área libre de vegetación, correspondiente al camino de acceso existente y que atraviesa el extremo Noroeste del Lote 16-A (véase Mapa VII.1); posteriormente, su ubicación irá cambiando conforme se vayan construyendo las demás Villas, pero siempre será sobre áreas sin vegetación en los Lotes.




**Mapa VII.1.- Propuesta de ubicación inicial del vivero temporal**.

El vivero tiene el objetivo de resguardar a los ejemplares de flora rescatados en la superficie del CUSTF del proyecto, proporcionando las condiciones propicias y cuidados necesarios, para asegurar plantas de calidad óptima, con lo que se espera aumentar la probabilidad de sobrevivencia y garantizar el éxito de su reubicación (Vázquez *et al.* 1997). Asimismo, contará con los siguientes componentes: señalización, cédulas de identificación de cada individuo (nombre científico, nombre común, número de individuo por cada especie; categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010, DOF 2010, DOF 2019), bodega y mangueras para riego. En una bitácora, para cada individuo, se registrará: fecha de ingreso, número de individuo, nombre de la especie rescatada, sobrevivencia, causa de mortalidad, de ser el caso, y fecha de egreso. Todos los registros se mantienen en una base de datos de Excel con la cual se puede monitorear el mantenimiento de los ejemplares y determinar su sobrevivencia.

**Rescate de flora**

El rescate de flora se realizará previo al desmonte de la superficie para el CUSTF del proyecto, conforme a los siguiente:

**Planificación del rescate**

Considerando las especies de flora registradas en el Área del Proyecto (*i.e.*, Área del Proyecto y SAR), se establecieron los siguientes criterios para seleccionar a las que son susceptibles de ser rescatadas en la superficie para el CUSTF del proyecto:

1) Especies nativas;
2) Especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2023, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022, por sus siglas en inglés);
3) Especies prioritarias (DOF 2014), y
4) Especies endémicas (CONABIO 2022b).

Posteriormente, en el área de CUSTF del proyecto, se realizan recorridos para identificar y marcar tanto a los individuos de las especies de flora susceptibles de rescate como a los individuos que deben ser retirados o eliminados.

**Operación y supervisión del rescate**

Una vez identificados los individuos a ser rescatados, se realiza el rescate usando alguno de los siguientes métodos:

a) Toma de partes de plantas adultas (esquejes o estacas) para que puedan ser propagados de forma vegetativa, o bien
b) Colecta de individuo completo, cuando su tamaño lo permita (*e.g.*, individuos jóvenes o menores a 1.5 m de altura).

Cabe mencionar que el rescate de la flora, se realizará conforme el avance de las obras del proyecto. Una vez rescatados, los individuos serán trasladados y mantenidos con los cuidados necesarios al vivero temporal. Asimismo, se deberá llevar a cabo la supervisión durante las actividades de campo, la protección, el traslado y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito del rescate de flora.

**Indicadores del cumplimiento de este subprograma**

1. El total de individuos rescatados de la superficie de CUSTF.
2. Monitoreo de la sobrevivencia de los ejemplares rescatados, que deberá ser mayor al 80% del total.

VII.2.1.2 Subprograma de Reforestación

Como ya se mencionó, la superficie de CUSTF del proyecto es de 2.25 ha, de tal forma que existirá una pérdida de vegetación, la cual tendrá efectos tanto directos como indirectos sobre los procesos ecológicos, el hábitat natural, el paisaje, así como sobre las especies silvestres de flora y fauna en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019). El objetivo general de este subprograma es compensar el efecto por la remoción de la cobertura vegetal por el desarrollo del proyecto, a través de la reforestación de una superficie del mismo tamaño a la del CUSTF, usando exclusivamente especies nativas de la región.

Para lo cual, se propone una superficie de 2.568 ha de áreas degradadas dentro del SAR o en un área definida por el municipio para tal fin, así como otras áreas dentro del Área del Proyecto (*e.g.*, áreas verdes, por ejemplo, debajo de la parte inferior del Módulo Sala-Comedor, o bien, áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento o caminos que así lo requieran).

Los objetivos particulares que contempla la implementación de este subprograma son las siguientes:

a. Ejecutar y supervisar las acciones que se deberán llevar a cabo para la reforestación de las zonas identificadas.
b. Establecer las zonas con mayor potencial para la reforestación y restablecer la biomasa forestal intervenida por el proyecto mediante la reforestación con especies nativas, promoviendo procesos que mejoren las características del suelo y la calidad del agua, recreando hábitats para las especies de fauna.
c. Justificación de las especies, número de individuos y técnicas seleccionadas para realizar la reforestación en las zonas seleccionadas, así como la capacitación del personal que llevará a cabo las diferentes acciones.
d. Establecimiento de las acciones correctivas cuando la sobrevivencia de los ejemplares sea menor al 80% del total de los individuos, con base en los datos obtenidos en los puntos anteriores, considerando un período de seguimiento de cinco años.
e. Calendarización de las actividades y acciones que se desarrollarán.

Las principales actividades para alcanzar los objetivos de este subprograma son: la planificación, operación y supervisión de las actividades de reforestación.

**Planificación de la reforestación**

Para que la reforestación se logre se deben realizar los estudios de campo necesarios, que permitan conocer las condiciones del sitio a reforestar. Se contempla se realizar la reforestación ya sea, dentro del Área del Proyecto en áreas verdes como debajo de la parte inferior del edificio sala comedor, en áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento o caminos que así lo requieran; o bien, en sitios cercanos fuera del Área del Proyecto. Asimismo, se deberán definir las especies a establecer (pudiendo ser ejemplares procedentes del vivero temporal, o bien de otras fuentes de germoplasma nativo), el medio de transporte y las herramientas a utilizar.

**Operación y supervisión de la reforestación**

Una vez definidas las actividades previas a la reforestación, entonces se pueden llevar a cabo las actividades de reforestación, la cuales incluyen: 1) la preparación del terreno a reforestar, 2) el trasplante y siembra de los ejemplares seleccionados, 3) la limpieza, el mantenimiento, riego y mejora del área reforestada, 4) una vez que se concluye la totalidad de la reforestación, se monitorea de forma mensual durante los primeros seis meses y semestralmente hasta completar los cinco años; 5) por cada monitoreo se deben reponer a los ejemplares que hayan muerto para mantener el 80% de la sobrevivencia de los ejemplares en las áreas reforestadas. Finalmente, se deberá llevar a cabo la supervisión durante las actividades de campo, la protección, el mantenimiento y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito de la reforestación.

**Indicadores del cumplimiento de este subprograma**

1. El total acumulado de la superficie reforestada con vegetación nativa de la región, que deberá alcanzar una superficie del mismo tamaño a la del CUSTF.
2. Monitoreo de la sobrevivencia de los ejemplares usados en la reforestación, que deberá ser mayor al 80% del total de los individuos reforestados.

Los avances que se registren en estos indicadores representarán además mayor conocimiento técnico y científico para la protección, conservación y creación de zonas con vegetación nativa dentro del Área del Proyecto y la región de Sian Ka’an.

VII.2.2 Programa de Rescate y Reubicación de Fauna (PMIFa)

Como ya se mencionó, la superficie de CUSTF del proyecto es de 2.25 ha, de tal forma que existirá una pérdida de vegetación, la cual tendrá un efecto directo e indirecto sobre los procesos ecológicos, el hábitat natural, el paisaje, así como sobre las especies silvestres de flora y fauna en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019). El objetivo general de este subprograma es establecer los criterios de selección de las especies de fauna susceptibles de rescate, así como las metodologías para el rescate, manejo, traslado y reubicación de los individuos de las especies de fauna presentes en el área de CUSTF del proyecto.

Los objetivos particulares que contempla la implementación de este subprograma son los siguientes:

a. Proteger en el mayor grado posible las especies de fauna presentes en el Área del Proyecto durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
b. Definir los criterios de elegibilidad de especies de fauna terrestre a proteger y rescatar.
c. Definir el tiempo e identificar los sitios donde se llevará a cabo el rescate de los individuos de fauna terrestre de las zonas afectadas.
d. Definir las estrategias y métodos para realizar las acciones de protección, rescate, manejo y reubicación de especies de fauna terrestre acordes con la biología de cada especie.
e. Identificar los sitios con características de nicho semejantes a los de su área de distribución natural para reubicar a la fauna rescatada.
f. Seleccionar las mejores técnicas y metodologías a emplear para la reubicación de la fauna.
g. Ejecutar las acciones de rescate y reubicación de fauna terrestre.
h. Establecer los indicadores de éxito para las medidas implementadas.

Las principales actividades para alcanzar los objetivos de este subprograma son: el rescate y reubicación de la fauna terrestre.

**Rescate de fauna**

A partir de las especies animales registradas en el Área del Proyecto (*i.e*., Área del Proyecto y SAR), se establecieron los siguientes criterios para seleccionar a las especies de fauna susceptibles de ser rescatadas en la superficie de CUSTF del proyecto: 1) especies nativas, 2) especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y su Anexo normativo III (DOF 2019), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2022, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022, por sus siglas en inglés);

3) especies prioritarias (DOF 2014), 4) especies endémicas (CONABIO 2022b), 5) especies con baja capacidad de desplazamiento (vagilidad) y 6) especies que por su conducta pudieran estar expuestos sus nidos o madrigueras al momento del desmonte.

Unas horas antes de la introducción de la maquinaria para el desmonte del área de CUSTF del proyecto, se realiza la instalación de un campamento, con carpa, mesa y sillas. Su instalación se realiza cerca de la zona de rescate y se moverá de acuerdo con el avance del cambio de uso de suelo. El campamento contará con equipo de rescate, contención, identificación de fauna, así como equipo de seguridad y protección para el personal especializado en el rescate de fauna. La finalidad del campamento es resguardar en condiciones óptimas (humedad, aire, sombra, de acuerdo con lo requerido por cada grupo biológico), revisar su estado de salud, proveer cuidados e identificar a los organismos, lo cual ocurre en el lapso entre el rescate y la reubicación de la fauna.

Una vez instalado el campamento, se implementan las acciones de ahuyentamiento, tales como, generación de ruidos para que la fauna se desplace a otros sitios (Hawthorne 1987). Con el ahuyentamiento se logra desplazar a la mayoría de las aves, así como a algunos reptiles y mamíferos a través del movimiento de madrigueras detectadas. Sin embargo, para aquellos de lento desplazamiento, se utilizan métodos de captura específicos para cada grupo biológico. Así, para el grupo de anfibios y reptiles (*e.g.*, lagartijas, culebras), se capturan con guantes de nitrilo y se colocan en bolsas de manta o mascoteras; en cuanto a serpientes venenosas, se capturan con gancho herpetológico y colocan en una cubeta con taparrosca. Respecto a las aves, previo al desmonte se realiza una búsqueda de nidos activos, mismos que se retiran cuidadosamente y se reubican en sitios cercanos sin ser intervenidos por las obras del proyecto. Para los mamíferos de tamaño pequeño y mediano, se usarán trampas tipo Sherman y Tomahawk, colocadas una noche antes de ser intervenida la superficie de CUSTF. Todos los organismos capturados se identifican, se registran (especie y número de individuos por especie) y se resguardan en los contenedores correspondientes (sin mezclar grupos biológicos o depredadores con presas) y se colocan bajo la sombra del campamento hasta el momento de ser trasladados a los sitios para su reubicación en zonas que cumplan con características similares a las de su sitio de rescate.

**Reubicación de fauna**

Para la reubicación de los organismos, se deben identificar sitios que reúnan características similares a los del sitio de rescate, por ejemplo: tipo de vegetación, disponibilidad de agua, grado de conservación del hábitat, seguridad para los ejemplares y las personas, la distancia cercana a los puntos de captura para evitar largos periodos de confinamiento por su traslado y con ello disminuir el estrés resultante por el manejo de los ejemplares. Para asegurar el éxito de la reubicación de los ejemplares de fauna, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: estado

de salud antes de su liberación (no se reubican si el animal presenta problemas evidentes de salud), tiempo entre el traslado y liberación, número de individuos liberados en cada lugar, reubicación de individuos adultos separados de los juveniles y reubicación de depredadores lejos de las presas. Finalmente, la reubicación de los organismos se hace de acuerdo con las características de cada grupo biológico y el medio de contención. Por ejemplo, para los anfibios, las lagartijas y culebras se baja a nivel de suelo la mascotera que los contienen y se mueven un poco para que el individuo salga; para las serpientes venenosas, se coloca la cubeta con taparrosca en el suelo, de la cual, con apoyo de un gancho herpetológico se saca a la serpiente para posteriormente ser colocada en el suelo; para las aves que lleguen a ser rescatadas, únicamente se desata el cordón de la bolsa de manta que los contiene, para poder liberarla, y para los mamíferos se baja a nivel de suelo la trampa (Tomahawk o Sherman) que los contienen y se mueven un poco para que el individuo salga.

Finalmente, se registrará en una bitácora a las especies, número de individuos por especie, así como la sobrevivencia de los individuos al momento de su reubicación. El indicador de éxito de este programa es una sobrevivencia de los organismos reubicados igual o superior al 80% al momento de su reubicación. En la bitácora, para cada ejemplar, también se registra: fecha, hora, coordenadas UTM y hábitat de rescate y reubicación; también se registra el método de rescate, nombre del responsable de realizar el rescate, reubicación y observaciones, en caso de haberlas.

### VII.2.3 Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR)

Actualmente la generación excesiva de residuos ha originado una serie de problemas ambientales y sociales debido a un mal manejo de éstos. Entre los principales problemas existentes está: la generación excesiva de residuos sin previo manejo o tiraderos a cielo abierto, que pueden provocar contaminación visual, atmosférica, de mantos freáticos, cuencas hidrológicas, de suelos y generación de fauna nociva (como moscas, mosquitos, cucarachas y roedores).

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, los residuos generados serán manejados a través del Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual plantea una clasificación o separación primaria de los residuos en sólidos y líquidos (POE 2019), mismos que serán maniobrados mediante los subprogramas de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo de Residuos Líquidos.

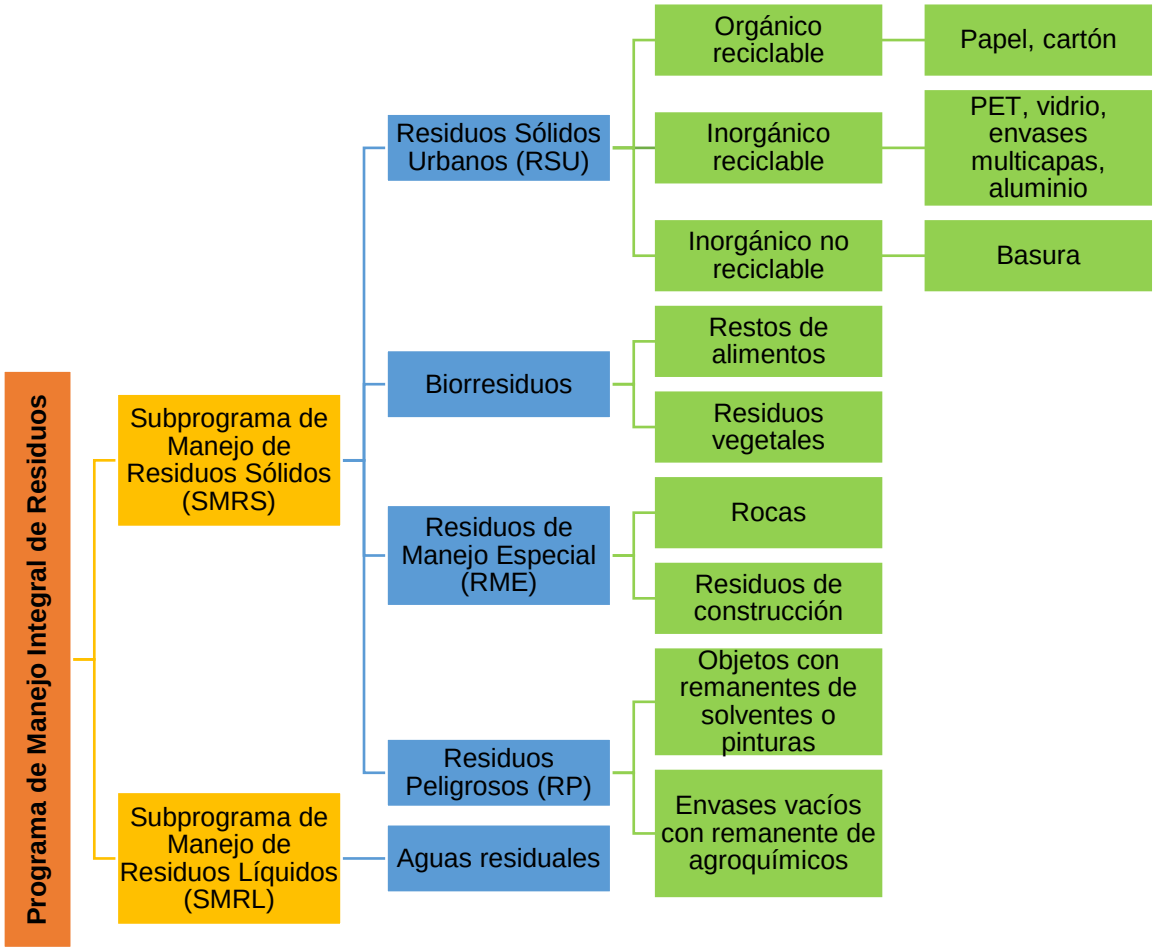



**Figura VII.3.- Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas que lo conforman, tipos de residuos por subprogramas y descripción de cada uno de ellos (Fuentes: DOF 2006, POE 2019, DOF 2021).**

La gestión de los residuos generados por el proyecto se ajustará con lo dispuesto en el marco normativo regulador, a saber: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF 2021), Ley para la prevención, gestión integral y economía circular de los residuos del estado de Quintana Roo (POE 2019) y Programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos en el estado de Quintana Roo (SEDUMA 2009), como fue señalado en el Capítulo II de este Documento Técnico Unificado (DTU). De esta manera, se espera que este programa permita cumplir con la regulación ambiental respecto al manejo de los residuos, desde su generación, clasificación, separación, recolección, almacenamiento, transporte y disposición final durante todas las etapas del proyecto.

Este programa tiene como objetivo general establecer los procedimientos, procesos y actividades para dar un manejo integral a los residuos sólidos y líquidos generados durante las diferentes

etapas del proyecto. Los objetivos particulares que contempla la implementación de este programa son los siguientes:

a. Minimizar la generación de los residuos.
b. Proporcionar un manejo integral de los residuos, desde la rotulación e instalación de contenedores, separación, señalización, disposición temporal, recolección, así como disposición final.
c. Disminuir al máximo los riesgos de contaminación a los diferentes factores ambientales (*i.e*., agua, aire, suelo, flora, fauna, paisaje).
d. Fomentar la participación activa y responsable de trabajadores, propietarios y usuarios, en la implementación de las medidas y lineamientos de reducción, separación y disposición adecuada de los residuos líquidos y los diferentes tipos de residuos sólidos.
e. Monitorear el manejo integral de los residuos generados durante el desarrollo del proyecto.

#### VII.2.3.1 Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos

Este subprograma tiene como objetivo principal establecer las actividades para dar un manejo adecuado a los residuos sólidos generados durante las diferentes etapas del proyecto. Los objetivos particulares que contempla la implementación de este subprograma son los siguientes:

a. Implementar señalización sobre el manejo de los residuos sólidos.
b. Establecer una clasificación de los residuos sólidos conforme al marco normativo aplicable.
c. Rotular a los contenedores de residuos conforme a la clasificación establecida para realizar una correcta separación de los mismos.
d. Instalar a los contenedores de residuos en sitios estratégicos durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.
e. Determinar la ubicación o acondicionamiento de los sitios dentro del Área del Proyecto para la disposición temporal de los residuos durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.
f. Señalar a los responsables de la recolección, traslado y disposición final de los residuos.

Las principales actividades para alcanzar los objetivos de este subprograma son: establecimiento de señalización; clasificación de los residuos; instalación de contenedores; acondicionamiento de un sitio para la disposición temporal de los residuos; recolección, traslado y disposición final de los residuos.

## Señalización

A través de este subprograma, se contempla la colocación de señalética distribuida estratégicamente en el Área del Proyecto, en la cual se prohíba tirar basura al suelo, fuera de los contenedores asignados o fuera del Área del Proyecto. Esta señalización estará dirigida a: 1) los prestadores de servicios y personal durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto; y, 2) los prestadores de servicios, personal y usuarios en las etapas de operación y mantenimiento.



**Figura VII.4.- Ejemplo de señalética para la prohibición de tirar basura fuera de los sitios asignados para tal fin.**

## Clasificación de los residuos sólidos

El Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS), propone una clasificación o separación secundaria de los residuos en cuatro: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Biorresiduos, Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP) (POE 2019, DOF 2021). Los **RSU** que serán producidos durante las tres etapas del proyecto son: residuos orgánicos reciclables (*i.e*., papel, cartón), residuos inorgánicos reciclables (*i.e.*, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio) y residuos inorgánicos no reciclables (*i.e.*, basura). Los RSU serán separados en dos tipos de contenedores con los rótulos de: "**Residuos inorgánicos**", es decir, todo aquello que no se puede reutilizar, como el papel higiénico; y, "**Residuos reciclables**", o sea, aquellos que se pueden recuperar, transformar o reutilizar, como el papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas o aluminio.

En cuanto a los **biorresiduos** que serán generados por el proyecto son: restos de alimentos durante las tres etapas del proyecto; y residuos vegetales producto del: desmonte durante la etapa de preparación del sitio (residuos herbáceos, arbustivos o arbóreos); así como del mantenimiento de las áreas verdes durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Para los restos de alimentos (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento) y residuos vegetales producidos por el mantenimiento de las áreas verdes (operación y

mantenimiento), se dispondrá de un contenedor de plástico con tapadera y rotulado como "**Residuos orgánicos**".

Referente a los Residuos de Manejo Especial (RME) que serán generados son: rocas (preparación del sitio) y residuos de construcción (etapa de construcción; (*i.e.*, grava, arena, pedacería de ladrillos y tabiques, escombro, concreto, sacos de cemento o yeso; polines de madera, tablas y desperdicios de madera). Para estos tipos de residuos no se utilizarán contenedores.

Finalmente, durante la etapa de construcción, los Residuos Peligrosos (RP) que serán producidos son recipientes vacíos que contuvieron pintura base solvente o solventes (thinner); trapos, estopas o papel impregnados con solvente o pintura; solventes sucios provenientes del lavado de pistolas neumáticas de aplicación de pintura, de brochas o rodillos, los cuales, además, cuentan con las características de ser tóxicos ambientales (DOF 2006, DOF 2021). Para este tipo de residuos, se prevé la instalación de contenedores plásticos con tapa rotulados como "**Residuos peligrosos**". Asimismo, durante la etapa de preparación del sitio y mantenimiento, serán generados envases vacíos de fertilizantes, fungicidas o insecticidas (orgánicos) usados para el mantenimiento de las áreas verdes; estos envases vacíos con remanentes de agroquímicos, serán resguardados temporalmente en bolsas plásticas transparentes con las tapas por separado.

**Instalación de contenedores**

A partir de la clasificación de los residuos sólidos, se considera la implementación de contenedores plásticos con tapa distribuidos estratégicamente en las diferentes áreas de trabajo y para facilitar su separación, rotulados con las leyendas "**Residuos orgánicos**", "**Residuos inorgánicos**", "**Residuos reciclables**" y "**Residuos peligrosos**". Dependiendo del tipo de residuos generado en cada etapa, es que será el uso de los contenedores, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla VII.9.- Nombre de los rótulos para los cuatro tipos de contenedores de plástico con tapa a ser usados por etapa durante el desarrollo del proyecto.**

| Nombre rótulo | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento |
|---|---|---|---|
| **Residuos orgánicos** | Restos de alimentos | Restos de alimentos | Restos de alimentos<br>Restos vegetales |
| **Residuos inorgánicos** | Basura | Basura | Basura |

| Nombre rótulo | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento |
|---|---|---|---|
| **Residuos reciclables** | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. | Papel, cartón, PET, vidrio, envases multicapas, aluminio. |
| **Residuos peligrosos** | | Recipientes vacíos con remanentes de pintura base solvente o solventes (thinner); trapos, estopas o papel impregnados con solvente o pintura; solventes sucios provenientes del lavado de pistolas neumáticas de aplicación de pintura, de brochas o rodillos. | Envases vacíos con remanentes de agroquímicos. |

**Acondicionamiento de un sitio para la disposición temporal de los residuos**

Durante la etapa de construcción, se realizará el almacenamiento temporal de los residuos derivados de la construcción (*i.e.*, grava, arena, pedacería de ladrillos y tabiques, escombro, concreto, sacos de cemento o yeso; polines de madera, tablas y desperdicios de madera), concentrándolos ya sea en un solo predio o de ser posible en el Lote Central con una **señalética** que indique "**Residuos de Manejo Especial**". Mientras que, durante la etapa de operación y mantenimiento, se prevé que cada Casa Tipo (Villas Tipo) cuente con un almacén temporal para resguardar a los contenedores de residuos sólidos (*i.e.*, orgánicos, inorgánicos, reciclables y peligrosos).

**Recolección, traslado y disposición final de los residuos**

Respecto a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), para todas las etapas del proyecto, se contempla la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final, el cual, para los residuos inorgánicos (*i.e.*, basura), será el relleno sanitario municipal más cercano al proyecto, mientras que para los residuos reciclables (*i.e.*, orgánicos / inorgánicos) será en algún Centro de reciclaje.

**Tabla VII.10.- Centros de reciclaje para el destino final de los residuos reciclables producidos en el proyecto.**

| Nombre | Ubicación y datos de contacto |
|---|---|
| **Tulum Circula**. Centro Integral de Reciclaje Comunitario Unido y Laboratorio de Artes Ambientales de Tulum | Calle Holbox Mz43 Lt03, Col. La Veleta, Tulum, Quintana Roo. Teléfono: 984 143 6683. Página web: <*https://www.tulumcircula.com.mx/*>. |

| Nombre | Ubicación y datos de contacto |
|---|---|
| **Punto Limpio** | Calle Osiris Andrómeda, Oriente esquina, 77760 Tulum, Quintana Roo. Teléfono: 984 113 5002. Página web: <*https://www.puntoslimpiostulum.com/*>. Correo electrónico: tulumsostenible@gmail.com |
| **Tulum sostenible** | Calle Sagitario Pte. Mz 10-lt 4, Tulum Centro, 77760 Tulum, Quintana Roo. |

En cuanto a los biorresiduos, durante la etapa de preparación del sitio y construcción, como ya se había mencionado, los **restos de alimentos** se colocarán en los contenedores de residuos orgánicos, los cuales a su vez serán dispuestos en un sitio específico para determinar si es posible su reutilización o se contratará a un tercero para su traslado y disposición final; mientras que, durante la etapa de operación y mantenimiento, se realizará la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final. Respecto de los **residuos vegetales producto del desmonte** durante la etapa de preparación del sitio, serán llevados a un sitio para su trituración, para luego ser trasladados a una zona específica para su posterior reutilización, de ser posible como composta, la cual podría ser usada ya sea durante el mantenimiento de los ejemplares de flora dentro del vivero temporal, o bien, en la creación y mantenimiento de las áreas verdes del proyecto. En cuanto a los **residuos vegetales producidos por el mantenimiento de las áreas verdes** durante la etapa de operación del proyecto, como ya se había mencionado, podrán ser almacenados en los contenedores de residuos orgánicos que estarán localizados en el almacén de cada Casa Tipo e igualmente se contempla la contratación de un tercero autorizado para su recolección, transporte y disposición final.

Referente a los Residuos de Manejo Especial (RME), las rocas producidas durante la etapa de preparación del sitio, serán retiradas periódicamente, por un prestador de servicios autorizados para su disposición final. Mientras que, en la etapa de construcción del proyecto, los residuos derivados de la construcción, que estarán concentrados, ya sea en un solo predio o de ser posible en el Lote Central, serán retirados periódicamente, por un prestador de servicios autorizados para su disposición final.

Finalmente, durante la etapa de construcción, para los Residuos Peligrosos (RP), tales como los objetos con remanentes de solventes / pinturas, se contempla la contratación de un prestador de servicios autorizado para su recolección, transporte y disposición final. Mientras que, durante la etapa de operación y mantenimiento, los envases vacíos con remanentes de agroquímicos, como se había mencionado, serán resguardados temporalmente en bolsas plásticas transparentes con las tapas por separado, y resguardados en el almacén temporal de cada casa Tipo hasta que un tercero autorizado contratado realice la recolección y transporte a un Centro de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos.

**Indicadores de cumplimiento del subprograma**

a. Medidas establecidas para reducir fuentes de residuos sólidos.
b. Medidas establecidas para la separación de residuos sólidos (*i.e*., orgánicos, inorgánicos, reciclables y peligrosos).
c. Registro de recolección de basura (estimación en Kg).
d. Registro del retiro del predio y disposición final de los residuos sólidos reciclables separados, por empresas o instituciones autorizadas.

VII.2.3.2 Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos

Este subprograma ha sido diseñado y será implementado por el proyecto, en primer lugar, con la finalidad de dar cumplimiento a la normatividad y legislación ambiental aplicable en la materia, y en segundo lugar, para hacer un uso racional y sustentable del recurso agua, es decir se realizará un tratamiento de las aguas residuales.

Las principales metas que se consideran implementar en este subprograma son las siguientes:

a. Se instalará drenaje pluvial y de aguas residuales por separado.
b. Identificar y utilizar la mejor infraestructura sanitaria disponible en las distintas etapas del proyecto.
c. Disminuir el riesgo de contaminación de suelo, agua y factores bióticos por aguas residuales.

Para el manejo de los residuos líquidos (aguas residuales) del proyecto, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se contratará un prestador de servicios autorizado para la renta de sanitarios portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores. Los sanitarios serán móviles y deberán ser distribuidos de tal manera que el personal tenga acceso a ellos en cualquiera de las áreas en las que esté laborando. La empresa contratada para la instalación de los sanitarios portátiles será la encargada del mantenimiento y disposición adecuada de los residuos sanitarios. Asimismo, contará con un mantenimiento periódico apropiado y la limpieza de los sanitarios deberá realizarse diariamente. Durante este par de etapas, se implementará señalización que prohíba la defecación al aire libre, así como letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.

En cuanto a las aguas residuales generadas en las Casas Tipo (Villas) durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, serán canalizadas mediante red de alcantarillado

sanitario y drenaje interno a los biodigestores para su tratamiento y posterior reabsorción, o en su caso, su reúso.

Asimismo, durante todas las etapas del proyecto de promoverá el uso moderado y ahorro del agua a través de señalización.



**Figura VII.5.- Ejemplo de señaletica a utilizarse para el uso moderado y ahorro de agua.**

**Indicadores del cumplimiento del subprograma**

a. Medidas previstas para el manejo y disposición final de los residuos líquidos que se generen.
b. Relación y estimación del volumen de residuos líquidos generados.
c. Cumplimiento del contrato por parte del prestador de servicios para dar el mantenimiento periódico a los sanitarios portátiles.

A continuación, se presenta un resumen del Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas de manejo, tipos de residuos que serán generados y su disposición final:

**Tabla VII.11.- Programa de Manejo Integral de Residuos, subprogramas de manejo, tipos de residuos que serán generados, descripción y su disposición final.**

| Programa de Manejo Integral de Residuos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Etapa** | **Subprograma de manejo** | **Tipo** | **Descripción** | **Disposición final** |
| **Preparación del sitio** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Vivero temporal y Áreas verdes del proyecto o Prestador de servicios autorizado |
| | | | Residuos vegetales | Vivero temporal y Áreas verdes del proyecto o Prestador de servicios autorizado |
| | | Residuos de Manejo Especial (RME) | Rocas | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Prestador de servicios autorizado |
| **Construcción** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Vivero temporal y Áreas verdes del proyecto o Prestador de servicios autorizado |
| | | Residuos de Manejo Especial (RME) | Residuos de construcción | Prestador de servicios autorizado |
| | | Residuos Peligrosos (RP) | Objetos con remanentes de solventes/pinturas | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Prestador de servicios autorizado |
| **Operación y mantenimiento** | Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos (SMRS) | Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Reciclables (Orgánicos / Inorgánicos) | Centro de reciclaje |
| | | | Inorgánicos no reciclable (Basura) | Relleno Sanitario Municipal |
| | | Biorresiduos | Restos de alimentos | Prestador de servicios autorizado |
| | | | Residuos vegetales | Prestador de Servicios Autorizado |

| Programa de Manejo Integral de Residuos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Etapa** | **Subprograma de manejo** | **Tipo** | **Descripción** | **Disposición final** |
| | | Residuos Peligrosos (RP) | Envases vacíos con remanentes de agroquímicos | Prestador de servicios autorizado |
| | Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos (SMRL) | Aguas residuales | | Biodigestores y pozos de absorción |

Fuentes: DOF 2006, POE 2019, DOF 2021.

Finalmente, para dar un manejo adecuado a los residuos, se deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- No depositar residuos de ningún tipo fuera del Área del Proyecto.
- No depositar residuos fuera de los contenedores dispuestos en el Área del Proyecto.
- Implementar medidas para evitar y minimizar la generación de residuos (*e.g.*, uso de garrafones de agua de 20 l, vasos, platos y utensilios reutilizables).
- Instalación de señalética distribuida estratégicamente en el Área del Proyecto, en la cual se prohíba arrojar o depositar residuos fuera de los contenedores destinados para tal fin.
- Los contenedores de residuos deberán estar perfectamente identificados con los rótulos (i.e., orgánicos / inorgánicos / reciclables) para contribuir a la correcta disposición de los desechos de acuerdo con su naturaleza.
- Realizar la separación de residuos en los contenedores correspondientes.
- Lavado, desinfectado y secado periódico de los contenedores permitiendo su uso en condiciones sanitarias adecuadas.
- Prohibir la mezcla o almacenamiento de residuos sólidos urbanos, biorresiduos, de manejo especial y peligrosos.
- El mantenimiento mayor del equipo, maquinaria y vehículos automotores que sean usados durante las etapas de preparación del sitio y construcción será responsabilidad de la constructora, y se realizará en talleres externos al Área del Proyecto para evitar contaminación al suelo.
- Prohibir la defecación al aire libre.
- Instalación de letreros que promuevan el uso adecuado de los sanitarios portátiles.
- Uso moderado y ahorro del agua a través de señalización.

### VII.2.4 Programa de Educación Ambiental (PEA)

Se considera pertinente proponer un Programa de Educación Ambiental tomando en cuenta que el estado de Quintana Roo en el municipio de Tulum, es uno de los territorios más diversos en el mundo por su complejidad biológica y cultural, sustentando a la flora y fauna más diversa del país, y que los ecosistemas que quedan para sostener la biodiversidad están amenazados, por lo que urgen medidas decididas y permanentes que frenen los procesos destructivos, por ello se debe hacer conciencia entre el personal y habitantes, a efecto de que exista un compromiso de salvaguardar el importante patrimonio natural.

En consecuencia, este programa tiene como objetivo concientizar al personal (*e.g.*, responsable de obra, residente de obra, maestro de obra, oficial de construcción, ayudante de construcción, vigilante, gerente o administrador, personal de limpieza, personal de mantenimiento, jardinero), contratistas y usuarios, sobre la conservación de los recursos naturales de la zona donde se

desarrolla el proyecto. Por lo tanto, la información a transmitir por medio de las pláticas, folletos y letreros, debe de estar soportada y fundamentada en información científica que considere datos y aspectos técnicos de los recursos naturales existentes, de las condiciones actuales para poder caracterizar y contextualizar los atributos bióticos y abióticos donde se ubica el proyecto. Además, este programa considera que la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación deberán ser del conocimiento (en la medida de sus capacidades y ámbito de trabajo), del personal participante, a través de pláticas de inducción, letreros, señalética, folletería e infraestructura de apoyo como contenedores para residuos sólidos, sanitarios portátiles, delimitación de áreas (*e.g.*, sitios de almacenamiento de residuos), entre otros.

Los objetivos particulares que contempla la implementación de este programa son los siguientes:

a. Creación de una estrategia de educación ambiental incluyendo a las partes involucradas como el personal, contratistas y usuarios.
b. Identificación de temas para la elaboración de pláticas de educación ambiental.
c. Generación de materiales de apoyo para la impartición de las pláticas ambientales.
d. Impartición de pláticas de educación ambiental previo al inicio de las obras, cada vez que ingresa personal nuevo, o bien, por lo menos una vez al mes.
e. Realizar entrevistas al personal, contratistas o usuarios, para evaluar si la información recibida tiene un efecto sobre el mantenimiento de los recursos naturales, así como del cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas para el proyecto.
f. Implementar medidas correctivas en caso de que se observe que el incumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas para el proyecto.
g. Calendarización de las actividades y acciones que se desarrollarán.

Para alcanzar los objetivos planteados en este programa algunas de las actividades que se consideran realizar son las siguientes:

- Generar materiales de información audiovisual sobre: 1) el valor ecológico, social, económico y cultural, los ecosistemas y recursos naturales de la región y del Área del Proyecto; y 2) el manejo y uso sostenible de recursos, así como la prevención de problemas de contaminación ambiental. Posteriormente, se realizará la difusión apropiada entre los diversos protagonistas del proyecto de acuerdo a la etapa de implementación que corresponda.
- Concientizar a constructores y operadores del proyecto, sobre el valor e importancia de preservar los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el predio y la zona de influencia del proyecto, promoviendo la sensibilización y la reflexión sobre estos temas.

- Capacitar a constructores y operadores del proyecto sobre la aplicación y cumplimiento de la normativa e instrumentos ambientales aplicables al caso.
- Informar al personal sobre las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte de la fuerza laboral del proyecto.
- Promover una actitud responsable en el uso y manejo de los recursos naturales del predio del proyecto.
- Cumplir con uno de los preceptos del turismo socialmente responsable que es la comunicación y difusión ambiental de los usuarios y población de la región.

**Indicadores de cumplimiento del programa**

- Número de pláticas de Educación Ambiental brindadas al personal, contratistas o usuarios por mes.
- Número de asistentes a las pláticas de educación ambiental.
- Número folletos y letreros usados como apoyo a las pláticas de educación ambiental.
- Número de entrevistas al personal, contratistas o usuarios, para evaluar si la información recibida tiene un efecto sobre el mantenimiento de los recursos naturales, así como del cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas para el proyecto.

### VII.2.5 Reglamento de Construcción de Casas (RCC)

Es necesario realizar las especificaciones técnicas normativas en los temas de reglamento de construcción vigente, tales como Casas Tipo o Villas Tipo, la seguridad estructural, la imagen visual y principalmente sobre el equilibrio entre el entorno natural y el desarrollo habitacional. Es por ello que existe la necesidad de llevar a cabo, un estudio y propuesta de Reglamento de Construcción de Casas (RCC) para así, contar con un instrumento íntegro, adecuado y actualizado que contenga los elementos necesarios para una correcta planeación y óptima realización de las casas contempladas en el proyecto, así como las especificaciones necesarias para los requerimientos circunstanciales y prevención de anomalías para evitar complicaciones a corto y mediano plazo.

El objetivo general de este reglamento es establecer las bases para conocer el tipo de elementos y grados de incidencia que tienen las estructuras habitacionales con el medio ambiente de la zona, considerando los riesgos de afectación, fijando las normas y especificaciones que permitan ampliar los márgenes de seguridad estructural en beneficio del proyecto turístico y el ambiente. Asimismo, se consideran fijar los criterios generales para normar y orientar el crecimiento turístico en congruencia con los planes y programas de desarrollo que ofrezcan menores riesgos y permitan la seguridad en las construcciones.

Los objetivos particulares que contempla la implementación de este reglamento son los siguientes:

a. Garantizar el uso turístico, recreativo y sostenible del proyecto en concordancia con la legislación vigente sobre la materia.
b. Establecimiento de las reglas a las cuales deberán sujetarse todas las obras relacionadas con la construcción que se ejecuten en el proyecto.
c. Determinar las reglas para el uso de los servicios habitacionales.
d. Proponer las reglas para el uso de los predios y de las construcciones o estructuras.
e. Disponer los procedimientos para obtención de licencias para construcción y terminación de obra, permisos de ocupación las construcciones y uso de las casas habitación.
f. Reducir los riesgos del deterioro ambiental, motivando la congruencia del desarrollo habitacional con el ambiente natural.
g. Diseño del programa de las actividades y acciones que se desarrollarán.

Las principales actividades de este reglamento serían:

1. Elaborar un estudio y propuesta de reglamento de construcción de casas.
2. Motivar la congruencia del proyecto con el hábitat natural.
3. Disponer de procedimientos para la obtención de licencias y permisos para la construcción y uso de las casas.
4. Determinar las reglas para el uso de las casas y servicios habitacionales.
5. Realizar construcciones, adaptaciones, reparaciones, demoliciones o excavaciones bajo las condiciones de este reglamento.

### VII.2.6 Programa de Acciones Independientes (PAI)

Como se describió en el Capítulo II de este Documento Técnico Unificado (DTU), el proyecto consiste en la construcción y operación de: módulos de equipamiento, Villas y caminos de acceso a cada una de estas. En el Capítulo V de este DTU, se identificaron, describieron y evaluaron los efectos producidos por la interacción entre los diferentes factores ambientales (*i.e*., aire, suelo, agua, flora, fauna, paisaje y sociedad) y las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto. En este Capítulo VII del DTU, además de proponer medidas para atender los impactos ambientales identificados, también se propuso el Programa de Manejo Ambiental, el cual está integrado por programas, subprogramas, actividades y un reglamento, cuyo objetivo principal es el de verificar, supervisar, organizar e implementar todas las medidas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales que genere el proyecto.

No obstante, existen medidas que no están contempladas dentro de los anteriores programas, subprogramas, actividades o reglamento. Dichas medidas necesarias de prevención, mitigación y compensación estarán consideradas dentro del presente Programa de Acciones Independientes (PAI). De esta forma, el PAI se integraría al conjunto de programas que conforman al Programa de Manejo Ambiental del proyecto.

Así, el objetivo general del presente programa es:

- Identificar e implementar medidas para prevenir, mitigar y compensar impactos ambientales y que pudieran no estar contempladas en los programas, subprogramas, actividades o reglamento que integran al Programa de Manejo Ambiental.

Como objetivo particular se tiene:

- Implementar acciones consideradas independientes, por no incluirse dentro de algún programa o reglamento, para minimizar, mitigar o compensar impactos ambientales identificados.

Con este programa se espera optimizar el manejo de los impactos ambientales generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto. A continuación, se realiza una descripción de las medidas a implementarse por componente ambiental.

**Aire**

A. Las medidas para prevenir, mitigar y compensar el impacto generado a la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas – por las acciones de desmonte, despalme, trituración de materia vegetal, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones, transporte de materiales – en todas las etapas del proyecto, son las siguientes:

- Se definirán caminos específicos y exclusivos para el traslado de material.
- Los vehículos serán cubiertos con lonas durante el traslado del material para evitar la dispersión de partículas.
- En la época de estiaje, y en caso de que así se requiera, se regarán las superficies del impacto periódicamente con agua tratada para evitar, la suspensión de polvos y partículas en las zonas de paso continúo de vehículos.
- Las actividades se suspenderán bajo condiciones climáticas adversas como viento fuerte.

- Se establecerá un horario de trabajo, dependiendo de las condiciones ambientales. Es importante señalar que la operación de los vehículos y maquinaria no será constante.
- Las actividades se llevarán a cabo estrictamente en las áreas delimitadas.
- En caso de requerirse, se colocará una malla ciclónica emplastecida perimetral o tapial del área de construcción para evitar en lo posible que los empleados de la construcción invadan otras áreas fuera de la superficie autorizada. Esto permitirá mitigar los impactos por generación de polvos, y en cierta medida, los impactos por ruido. Ayudará también a mitigar los impactos visuales en relación con el paisaje.

B. Las medidas para prevenir, mitigar y compensar el impacto generado a la calidad del aire por la emisión de gases contaminantes – uso de maquinaria, equipo y vehículos – en todas las etapas del proyecto, son las siguientes:

- Se cumplirá en todo momento con la NOM-041-SEMARNAT-2015 respecto a la emisión de gases contaminantes.
- Se instalarán focos ahorradores los cuales disminuirían hasta en un 75% el consumo energético minimizando así las emisiones a la atmósfera.
- Ser instalarán equipos de aire acondicionado de bajo consumo de energía eléctrica.
- Se acordará que, de no ser necesario, se mantengan las luces apagadas durante el día y que se mantengan desconectados los aparatos eléctricos que no estén en uso.

C. Las medidas para prevenir, mitigar y compensar el impacto generado al confort sonoro – por las acciones de desmonte, despalme, trituración de materia vegetal, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción de edificaciones, transporte de materiales – en todas las etapas del proyecto, son las siguientes:

- Se cumplirá en todo momento con lo estipulado en la NOM-080-ECOL-1994 mediante la revisión periódica de los vehículos a fin de que se cumpla con dicha norma.
- En caso necesario, se recomendará la instalación de silenciadores en la maquinaria o equipo utilizado para disminuir la intensidad del ruido producido.
- En el caso de los usuarios, se les instará a mantener sus vehículos en buen estado y circular a velocidades moderadas mediante la instalación de señalizaciones.

**Agua**

Las medidas para prevenir, mitigar y compensar el impacto generado a la cantidad del agua superficial – por pérdida de vegetación por las acciones de desmonte, despalme, cimentación y construcción de edificaciones – en todas las etapas del proyecto, se describen a continuación:

- Respecto a los caminos de acceso, se instalará drenaje pluvial que permitirá la continuidad del flujo de agua respetando los cuerpos de agua intermitentes. Aunado a esto se llevará a cabo el monitoreo del funcionamiento de las obras de drenaje y revisiones periódicas para asegurar un buen funcionamiento de las mismas.
- Se respetarán las áreas delimitadas previamente para el desmonte, despalme, cimentación y construcción de edificaciones.
- Se espera disminuir el efecto de la reducción de la captación del agua con la instalación de un sistema de drenaje pluvial. La descarga de este sistema de recolección será conducida hacia los biodigestores dentro del proyecto y posteriormente a los pozos de absorción.
- Se instalarán y se les dará el debido mantenimiento a equipos de ahorro de agua en las Villas, así como en las albercas y piletas, las cuales contarán con un sistema de filtración que permita tener el agua siempre limpia y en buenas condiciones para reutilizarse.

**Suelo**

Las medidas para prevenir, minimizar, compensar o mitigar las afectaciones al factor ambiental suelo – por las acciones de desmonte y despalme, uso de maquinaria, movimiento de tierras (excavación, relleno, compactación), construcción, transporte de materiales, instalación de obras provisionales y acciones de mantenimiento – en todas las etapas del proyecto, son las siguientes:

- El suelo fértil producto del despalme se almacenará y protegerá dentro de las mismas áreas de desmonte y despalme.
- El suelo fértil puede ser empleado para: 1) acciones de relleno durante la etapa de construcción; 2) mantenimiento de los ejemplares de flora en el vivero temporal; o 3) estabilizar el suelo por medio de las acciones de reforestación con especies nativas ya sea, debajo de la parte inferior de cada edificio Sala Comedor, áreas adyacentes a las edificaciones, módulos de equipamiento, caminos, así como en sitios cercanos fuera del Área del Proyecto que se propongan. Para estas dos últimas medidas, este programa interactúa con el de Manejo Integral de Flora (*i.e.,* Subprograma de Reforestación).
- El mantenimiento mayor del equipo, maquinaria y vehículos automotores que sean usados durante las etapas de preparación del sitio y construcción será responsabilidad de la constructora, y se realizará en talleres externos al Área del Proyecto para evitar contaminación al suelo. Esta medida interactúa con el Programa de Manejo Integral de Residuos.
- Se solicitará al contratista las facturas que demuestren el mantenimiento a la maquinaria y equipo utilizado.

- Colocar estratégicamente los contenedores de residuos sólidos en los diferentes frentes de trabajo, así como los sanitarios portátiles, con el fin de evitar la contaminación al suelo. Esta medida interactúa con el Programa de Manejo Integral de Residuos).

**Fauna**

Las medidas para prevenir, mitigar y compensar el impacto generado a las especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010; anexo normativo III, DOF 2019) y al hábitat están incluidas en el Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna. Adicional a las medidas propuestas en dicho subprograma se incluyen las siguientes:

- Durante la operación del proyecto se deberá monitorear y tener un registro de la fauna que resulte afectada por el tránsito vehicular, así como de otros indicadores de éxito, con el fin de determinar si es necesaria la construcción de nuevos pasos de fauna o la reubicación de los existentes.

**Medida de compensación, de acuerdo a la NOM-022-SEMARNAT-2003**

Considerando que el proyecto pretende desarrollarse a una distancia menor a los 100 m, se propone como medida de compensación, tal y como se indica en la especificación 4.43 de la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, llevar a cabo acciones de limpieza en áreas de manglar donde así se considere, tomando en cuenta que, durante el trabajo de campo, se observó la presencia de residuos sólidos en áreas de manglar ubicadas dentro del ANP.

**Sociedad**

Las medidas adicionales al impacto positivo “incremento en el nivel de empleo” por la contratación de trabajadores en todas las fases del proyecto, son:

- Producir una derrama económica a las poblaciones aledañas al proyecto.
- Se promoverán cursos a los trabajadores del proyecto, interesados para aprender oficios y especialidades técnicas o profesionales en administración hotelera, de restaurantes y comercios, de mantenimiento y servicios turísticos en general, proporcionando los cursos.
- Se promoverá la educación ambiental y la conservación para reducir la contaminación y proteger los recursos naturales.

**Desmantelamiento de la infraestructura provisional**

Se llevará a cabo el desmantelamiento de la infraestructura provisional que se haya generado durante la realización de la obra. Por lo que se deberán llevar a cabo una serie de actividades, las cuales se incorporan con las medidas orientadas a prevenir impactos ambientales y riesgos durante el final de la etapa de construcción y el inicio de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Entre esas actividades están:

- El desmantelamiento del 100% de las instalaciones temporales implementadas para el proyecto.
- La implementación de programas de restauración de las superficies ocupadas con las operaciones de maquinaria, equipo y personal.
- Disponer adecuadamente el 100% de los residuos sólidos generados durante la ejecución de esta actividad.

Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

La vida útil del proyecto es de 50 años, pero con mantenimiento preventivo y constante puede durar más, por lo tanto, no se considera un abandono de las instalaciones. Dentro de las tareas de desmantelamiento y abandono están: descompactación de superficies duras, cierre y reconformación de terrenos, revegetación de superficies, roturado, recolección y disposición de residuos, retiro de señales, desmantelamiento de campamentos y de estructuras temporales. Esta labor incluirá la nivelación y estabilización del terreno en la etapa de construcción.

Actividades de desmantelamiento y abandono:

- Realizar la restauración de las áreas fuera de la línea de ceros y devolverlas a una condición similar a su estado original, definiendo medidas que faciliten la prevención, control, mitigación y compensación de los impactos generados en los procesos constructivos.
- Establecer las acciones que permitan la restauración del área después de finalizada la operación de proyecto.
- Implementar programas de restauración de las superficies ocupadas con las operaciones de maquinaria, equipo y personal.
- Disponer adecuadamente el 100% de los residuos sólidos generados durante la ejecución de esta actividad.

**Descripción de medidas para los impactos, sinérgicos, acumulativos y residuales**

**Impactos acumulativos y sinérgicos**

Las medidas para mitigar el impacto “generación de $CO_2$ por consumo de energía” (impacto acumulativo y sinérgico) son:

- Se utilizarán energías renovables (eólica y solar) para el abasto de energía eléctrica del proyecto, así como focos, equipos y accesorios ahorradores de energía.
- El uso de maquinaria y equipo se programará de tal manera que se evite el uso excesivo de los mismos, y se mantendrán en buenas condiciones para su funcionamiento eficiente.
- Los requerimientos de materiales de construcción serán programados de tal forma que se eviten viajes excesivos e innecesarios.
- Los trabajadores podrán habitar el campamento de lunes a sábado para evitar el uso excesivo de vehículos particulares, y ese promoverá entre ellos el uso compartido de los mismos.
- El interior de la infraestructura habitacional se sugerirá pintar con colores claros para obtener más luz.

**Monitoreo**

Para este programa se manejará una bitácora con la finalidad de llevar un control de todas las actividades realizadas diariamente y eventos presentados. La bitácora es un instrumento valioso para llevar a cabo el monitoreo y evaluación del programa. Además, servirá como evidencia para los reportes de seguimiento antes las autoridades ambientales. Se realizarán reportes mensuales.

## VII.3 Seguimiento y control

El Programa de Manejo Ambiental realizará un monitoreo y reportará los resultados de cada uno de los programas, subprogramas, actividades y reglamento implementados, para lo cual se tomarán en cuenta los siguientes indicadores:

**Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora**. Número de especies y número de individuos por especie rescatados en el área CUSTF del proyecto; así como número de individuos por especie que ingresaron vivos al vivero temporal. Para su control, se registran las causas de mortalidad, y se establecen medidas correctivas en caso de que la mortalidad haya dependido de los métodos de rescate y traslado hacia el vivero temporal.

**Subprograma de reforestación**. Número de especies y número de individuos por especie utilizados en la reforestación; así como monitoreo del número de individuos por especie sobrevivientes en el área reforestada; el monitoreo será mensual durante los primeros seis meses y semestral hasta completar los cinco años. Si en cada monitoreo, se observa una sobrevivencia menor al 80% se deberá realizar la reposición de los individuos muertos, ya que el éxito de este subprograma está definido por la sobrevivencia de más del 80% de los individuos reforestados. Asimismo, para su control, se registran las causas de mortalidad, y se establecen medidas correctivas en caso de que la mortalidad haya dependido de un mantenimiento inadecuado en el sitio de reforestación.

**Programa de Rescate y Reubicación de Fauna**. Número de especies y número de individuos por especie rescatados en el área CUSTF del proyecto; así como número de individuos por especie sobrevivientes en el periodo que ocurre entre el rescate y el momento de su reubicación. Se considera que este programa será exitoso, si más del 80% de los organismos sobreviven. Para su control, se registran las causas de mortalidad, y se establecen medidas correctivas en caso de que la mortalidad haya dependido de los métodos de rescate, resguardo y mantenimiento en contenedores, así como tiempo de traslado y métodos de reubicación.

**Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos**. Registro mensual de la cantidad (kg) de residuos sólidos generados por tipo (*i.e.*, inorgánicos, biorresiduos, de manejo especial y peligroso). Se debe observar que la cantidad de residuos generados se mantiene constante; si las medidas de reducción de residuos en su origen están siendo efectivas, dependiendo de la etapa del proyecto, se podrá observar una disminución en la generación de los mismos. Asimismo, se deberá contar con un contrato para cada prestador de servicios autorizado, en el cual se observe el cumplimiento de la colecta, traslado y disposición periódica de los mismos.

**Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos**. Se deberá supervisar que la infraestructura sanitaria se esté utilizando adecuadamente durante las distintas etapas del proyecto y no se dispongan las aguas residuales fuera de los sitios señalados (*i.e*., sanitarios portátiles o biodigestores). Se estimará el volumen de residuos líquidos generados durante la etapa de preparación del sitio. Se evaluará si la cantidad de sanitarios portátiles son suficientes y si su mantenimiento periódico se está llevando de forma oportuna, para lo cual se vigilará que el prestador de servicios acuda en los tiempos convenidos con el promovente mediante el contrato.

**Programa de Educación Ambiental**. Número de pláticas de Educación Ambiental brindadas al personal, contratistas o usuarios por mes. Número de asistentes a las pláticas de educación ambiental. Número de folletos y letreros usados como apoyo a las pláticas de educación ambiental. Número de entrevistas al personal, contratistas o usuarios, para evaluar si la información recibida tiene un efecto sobre el mantenimiento de los recursos naturales, así como

del cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas para el proyecto.

**Reglamento de Construcción de Villas.** Se verificará que los constructores, desarrolladores, o usuarios de las Villas den cumplimiento de las reglas establecidas, mismas que deben estar acordes con los instrumentos jurídicos y de planeación aplicables.

**Programa de Acciones Independientes.** Para este programa se manejará una bitácora mensual con la finalidad de llevar un control de todas las actividades realizadas diariamente y eventos presentados. La bitácora servirá como evidencia para los reportes de seguimiento ante las autoridades ambientales. Se integrarán las facturas de mantenimiento de maquinaria, equipos y vehículos como evidencia de que dicho mantenimiento se está realizando y llevando a cabo fuera del Área del Proyecto, con lo cual se espera evitar impactos a los factores ambientales de aire, agua y suelo. Igualmente, se integrarán las mediciones tomadas con sonómetro a la maquinaria con la finalidad de evidenciar que la emisión de ruidos se mantiene por debajo de los límites máximos permitidos.

**Programa de Manejo Ambiental**. Este programa será valorado de manera global, a través del registro y análisis de las principales actividades. Los indicadores para evaluar su eficacia, son:

- Número de reuniones de planificación con los responsables de la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Se reportan minutas por cada reunión, en las cuales se listan los acuerdos y medidas concertadas.
- Número de inspecciones para la supervisión de obra u operación y para la verificación de la implementación de los diferentes programas, subprogramas, actividades y reglamento instrumentados.
- Relación de procesos de construcción u operación mejorados.
- Relación de conflictos ambientales resueltos.
- Relación de buenas prácticas incorporadas.
- Firmas de recibido por contratistas de las reglas ambientales para construcción.
- Informes periódicos en original a la Dirección de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (DGIRA-SEMARNAT) y en copia a la delegación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) del estado de Quintana Roo.
- Fotografía semestral aérea digital georreferenciada para la verificación de la superficie de CUSTF autorizada y mantenimiento de la superficie con vegetación natural.
- Convenios de colaboración establecidos con instancias académicas, ONG’s, autoridades ambientales a nivel federal y estatal sobre acciones de manejo, desarrollo sostenible o pertinencia social del proyecto.

## VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

Al respecto, la LGEEPA en su artículo 35 penúltimo párrafo dispone a la letra lo siguiente:

> *…La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas…*

Asimismo, el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental en sus artículos 51 a 54, dispone a la letra lo siguiente:

> *Artículo 51.- La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.*
>
> *Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:*
>
> *I. Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;*
> *II. En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;*
> *III. Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y*
> *IV. Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.*
>
> *Artículo 52.- La Secretaría fijará el monto de los seguros y garantías atendiendo al valor de la reparación de los daños que pudieran ocasionarse por el incumplimiento de las condicionantes impuestas en las autorizaciones. En todo caso, el promovente podrá otorgar sólo los seguros o garantías que correspondan a la etapa del proyecto que se encuentre realizando. Si el promovente dejara de otorgar los seguros y las fianzas requeridas, la Secretaría podrá ordenar la suspensión temporal, parcial o total, de la obra o actividad hasta en tanto no se cumpla con el requerimiento.*
>
> *Artículo 53.- El promovente deberá, en su caso, renovar o actualizar anualmente los montos de los seguros o garantías que haya otorgado. La Secretaría, dentro de un plazo de diez días, ordenará la cancelación de los seguros o garantías cuando el promovente acredite que ha cumplido con todas las condiciones que les dieron origen y haga la solicitud correspondiente.*

*Artículo 54.- La Secretaría constituirá un Fideicomiso para el destino de los recursos que se obtengan por el cobro de seguros o la ejecución de garantías. Asimismo, dichos recursos serán aplicados a la reparación de los daños causados por la realización de las obras o actividades de que se trate.*

De lo anterior, se desprende que los procesos para el establecimiento del monto de una fianza se basan en la reparación del daño en caso de no cumplirse los procesos de prevención, mitigación y compensación ambientales descritos en este DTU y que serán a su vez establecidos como términos y condicionantes en una autorización en materia ambiental y forestal, en caso de resolverse en forma positiva el presente estudio.

En este sentido y considerando lo dispuesto en la legislación ambiental antes transcrito, el proyecto se ajustaría a lo establecido particularmente en el artículo 51 fracciones II y IV del Reglamento en cuestión, pues tanto en el área del proyecto como en el SAR se identificaron especies de flora y fauna con estatus de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, además de que el proyecto pretende desarrollarse dentro del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, por lo que, en caso de ser autorizado, en su momento, el promovente presentará el Estudio Técnico Económico correspondiente, basado en el costo de aplicación de todas las medidas y programas ambientales propuestos, así como de lo establecido en los términos y condicionantes de la autorización que se emita, para que la autoridad determine el monto de la fianza o del instrumento de garantía de que se trate.

Asimismo, se tiene que el procedimiento para autorizar el CUSTF obliga a un pago al Fondo Forestal Mexicano en el cual ya se cubre el proceso de compensación al establecerse que este recurso será para actividades de reforestación y rescate de superficies, misma que además se pretende llevar a cabo con el trasplante del 100% de los ejemplares de flora rescatados. Además, las obras se consideran de baja densidad, ya que solo el 10.5% de la superficie del Área del Proyecto se estaría afectando, por lo que se conservaría alrededor del 90% en su estado original. Es por ello que se considera que el monto de una posible fianza podría ser bajo en relación con los montos de recursos que serán destinados a los procesos de trasplante de vegetación y mecanismos constructivos de alto nivel de conservación a ser aplicados.

## VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Última reforma DOF 08-05-2023), su artículo 3o, fracción XXXIV define lo siguiente: Restauración: Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. Por otro lado, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Última Reforma DOF 28-04-2022) en su artículo 7, define en su fracción XXXV, que

Restauración forestal, es el conjunto de actividades tendentes a la rehabilitación de un ecosistema forestal degradado, para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales.

Atendiendo las definiciones anteriores y considerando que ya se hubiera realizado el cambio de uso de suelo (desmonte y despalme) en el Área del Proyecto para el proyecto **San Juan**, en la superficie contemplada de 2.25 ha, que corresponde a vegetación de selva con palma Chit, se estima el costo que tendría la rehabilitación y/o recuperación de dicha área.

Las obras y actividades propuestas para llevar a cabo la rehabilitación de esta superficie, estarán enfocadas en la incorporación de suelo fértil y la reforestación con especies nativas, así como la protección del área para garantizar su recuperación al propiciar el desarrollo de cobertura vegetal para alcanzar una cobertura vegetal de 50-75%. No se consideran obras de conservación de suelo dado que la topografía del terreno y el tipo de suelo no dan lugar a una erosión notable de éste.

Una vez establecida una capa de suelo fértil en el área, el desarrollo de vegetación secundaria se verá favorecido debido a la presencia vegetación que se pretende conservar en las áreas aledañas mismas que fungirán como banco de germoplasma.

La estimación de los costos de las obras y/o actividades a implementar para llevar a cabo la restauración del área señalada, se describen en los siguientes apartados:

### VII.5.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación

Las condiciones actuales del terreno, corresponden a vegetación de Palmar con cobertura vegetal arbórea del 79.36%, así como terreno con pendientes mínimas y suelos arenosos. Dado que la afectación por el desarrollo del proyecto supone la eliminación de la cobertura vegetal, la restauración del área considera el establecimiento de vegetación nativa a través de acciones de reforestación.

Por tratarse de especies nativas, es más viable la producción de las plantas que su compra, ya que se contemplan especies poco comerciales y con baja demanda en el mercado, por lo que se determina este costo.

#### VII.5.1.1 Producción de plantas nativas

La producción de planta se realizará con especies de la región. Considerando que se utilizará una densidad de plantación de 900 plantas por hectárea (densidad recomendada para ecosistema tropical para el desarrollo de selvas medianas, altas y bajas (CONAFOR, 2015), en

total se requiere producir 2,025 plantas, sin embargo, se prevé que pudiera haber alguna pérdida de plantas por diferentes causas, por lo que sería necesaria la producción del 10% más, teniendo con esto un total de 2,228 plantas. El costo de los insumos primarios necesarios para la producción de plantas, se desglosa en siguiente Tabla:

**Tabla VII.12.- Costos de materia prima promedio por planta.**

| Insumos | Descripción | Costo ($) | Unidad de medida | Rendimiento | Costo ($) por planta |
|---|---|---|---|---|---|
| Colecta o compra de germoplasma | En el Área del Proyecto y alrededores | 120 | jornal | 500 | 0.24 |
| Tierra de monte | Sustrato | 250 | $m^3$ | 705 | 0.35 |
| Arena de río | Sustrato | 300 | $m^3$ | 705 | 0.43 |
| Costo de agua (10,000 L) | | 800 | l | 918 | 0.87 |
| Bolsas de polietileno | Calibre 500 (17*30), con fuelle y 4 perforaciones | 33.5 | Kg | 78 | 0.43 |
| Enraizador | Rootex | 210 | Kg | 864 | 0.24 |
| Fungicida | Cocide 2,000 | 135 | Kg | 864 | 0.16 |
| Fertilizante foliar | 20-30-10 | 90 | Kg | 743 | 0.12 |
| **Total** | | | | | **2.84** |

Tomando en cuenta el costo de $2.84 pesos por planta, si se pretenden producir un total de 2,228 plantas, el costo de la materia prima total sería de **$6,327.52 pesos**.

Por otro lado, el costo de las herramientas necesarias para la producción de las plantas es de aproximadamente **$2,910.00 pesos,** como se puede observar en la siguiente Tabla:

**Tabla VII.13.- Costos promedio de las herramientas y materiales necesarios.**

| Herramienta | Costo ($) | Unidad de medida | Cantidad | Costo Total ($) |
|---|---|---|---|---|
| Pala | 150 | Pieza | 2 | 300 |
| Carretilla | 650 | Pieza | 1 | 650 |
| Guantes | 80 | Par | 2 | 160 |
| Manguera | 20 | Metros | 50 | 1,000 |
| Tijeras podadoras | 150 | Pieza | 2 | 300 |
| Juego de Jardinería | 250 | Juego | 2 | 500 |
| **Total** | | | | **$2,910** |

Se calculó también el costo de la mano de obra y actividades de mantenimiento por 4 meses, que es de aproximadamente **$34,428.52 pesos** como se puede ver en las siguientes Tablas:

**Tabla VII.14.- Costo promedio de mano de obra para la producción de las 2,228 plantas.**

| Mano de Obra | Costo ($) | Unidad de medida | Rendimiento | Costo por planta ($) |
|---|---|---|---|---|
| Preparación del sustrato (Tamizado y mezcla) | 250 | Destajo | 1,500 | 0.17 |
| Llenado y acomodo de bolsa | 250 | Destajo | 600 | 0.42 |
| Siembra de semilla | 250 | Destajo | 500 | 0.50 |
| **Costo total por planta** | | | | 1.09 |
| **Total** | | | | **$2,428.52** |

**Tabla VII.15.- Costo promedio de mantenimiento por 4 meses de las 2,228 plantas.**

| Actividad | Costo mensual ($) | Unidad de medida | Tiempo (meses) | Costo total ($) |
|---|---|---|---|---|
| Mantenimiento | 8,000 | Mes | 4 | **32,000** |

Con la suma de los importes descritos anteriormente, el costo total para llevar a cabo la producción de planta considerando el costo de insumos, herramientas, mano de obra y mantenimiento por 4 meses es de **43,666.0 pesos.**

### VII.5.1.2 Reforestación

La reforestación se realizaría utilizando el sistema de cepa común y trazo conocido como tresbolillo (3 metros entre plantas), utilizando herramienta manual como son palas. En la siguiente Tabla se presentan los costos necesarios para realizar esta actividad:

**Tabla VII.16.- Costo promedio de la mano de obra para realizar la reforestación.**

| Reforestación | Unidad de medida | Costo ($) | Rendimiento | Costo por planta ($) | Cantidad | Costo Total ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mano de obra | Jornal | 250 | 100 | 2.5 | 2,228 | **$5,570** |

En total, el costo de la mano de obra para realizar la actividad de reforestación en la superficie de 2.25 hectáreas es de aproximadamente **$5,570.00 pesos**.

### VII.5.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo

Como se describió al inicio del presente apartado, no se consideraría adicionar obras de conservación de suelo dado que la topografía del terreno no se alteraría, y por las condiciones naturales y tipo de suelo, no se considera necesaria la implementación de obras específicas para conservación de suelos, por lo que solo se plantea la disposición de suelo fértil (materia orgánica) en el área a reforestar.

### VII.5.2.1 Disposición de materia orgánica

Para mejorar el suelo del área que sería afectada por el desarrollo del proyecto (2.25 ha) se sugiere el establecimiento de una capa de 5 cm de suelo fértil, para lo cual sería necesario comprar 1,350 $m^3$ de tierra de monte, con un costo de $3,000 por camión con capacidad de 10 $m^3$, puesto en el lugar. Para el volumen requerido en el área completa, se estarían pagando un total de 135 cargas de camiones, lo que asciende a un costo de **$405,000 pesos** aproximadamente.

El despliegue del material fértil (tierra de monte) en el área que afectaría el proyecto se podría realizar con maquinaria, con una retroexcavadora (retrocargadora) la cual tiene un costo de renta promedio de $1,500 pesos/hr. Si se considera un tiempo aproximado de 5 hr para el despliegue del material por hectárea, en total se pagaría la renta de una maquinaria por 11.25 hr y tendría un costo total de **$16,875.00 pesos**.

Dado lo anterior, el costo total que representaría la disposición de materia orgánica en el área que pretende afectar el proyecto sería de **$421,875.00 pesos.**

### VII.5.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento

Una vez llevada a cabo la reforestación del área con especies nativas, se buscará en el corto plazo la protección de la misma para proteger la plantación de posibles agentes externos ya sean impactos naturales o antrópicos. Para el corto y mediano plazo, también se planteará el mantenimiento de la reforestación que implica principalmente riegos de auxilio, chaponeo y reposición de planta.

Estas actividades se plantean para dar una mayor efectividad a la restauración del área al mejorar el índice de supervivencia, y posteriormente, inducir una regeneración natural alta de las especies herbáceas nativas.

### VII.5.3.1 Mantenimiento

Para reducir al máximo la posible mortandad de las plantas reforestadas, sería necesario aplicar 10 riegos de auxilio iniciando 4 días después de haberse realizado la reforestación con intervalos de 10 días entre cada riego.

**Tabla VII.17.- Costo promedio para realizar las actividades de mantenimiento (1 riego y 1 chaponeo).**

| Actividad | Unidad de medida | Costo ($) | Rendimiento (plantas) | Costo por planta | Costo /ha | Costo Total (2.25 ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Riego | Pipa (10,000 l) | 850 | 2,000 | 0.425 | $382.5 | 860.62 |
| Chaponeo | Jornal | 350 | 400 | 0.875 | $787.5 | 1,771.87 |
| **Total** | | | | | | **2,632.50** |

El costo total mostrado en la tabla anterior es solamente para un riego y un chaponeo, si consideramos realizar en total 10 riegos y 3 chaponeos, entonces el costo total para las actividades de mantenimiento asciende a **$13,921.81 pesos** ($8,606.20 por 10 riegos y $5,315.61 pesos por 3 chaponeos).

El costo calculado para llevar a cabo las acciones de mantenimiento es para el primer año, pero si consideramos que es necesario llevarlas a cabo por al menos 4 años para que queden establecida las plantas sembradas, por 4 años de acciones de mantenimiento serían **$55,687.24 pesos** (13,921.81 pesos por cada año).

### VII.5.4 Fauna silvestre

El componente de fauna silvestre es un medio dinámico que, una vez iniciado el proceso de regeneración de la vegetación en las áreas reforestadas, empezará a usar el sitio para el tránsito, alimento, caza, refugio, etc. por lo que, en el corto y mediano plazo posterior, se espera que se recupere la diversidad de fauna de los alrededores que actualmente está presente y fue registrada en los trabajos de campo de muestreo de fauna silvestre. Debido a que este servicio se restaurará de forma pasiva, no presentaría un costo adicional al que se estima para la protección y restauración de la cobertura vegetal del área.

### VII.5.5 Resumen de los costos necesarios para la restauración del área solicitada para Cambio de Uso de Suelo

En la siguiente Tabla se muestra el resumen de los costos necesarios para llevar a cabo las actividades de reforestación, protección y mantenimiento para fomentar e inducir la restauración de las áreas a afectar:

**Tabla VII.18.- Resumen de costos de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo.**

| Concepto | Costo Total ($) |
|---|---|
| Producción de planta | 43,666.04 |
| Reforestación con especies nativas | 5,570.00 |

| Concepto | Costo Total ($) |
|---|---|
| Disposición de materia orgánica | 421,875.00 |
| Acciones de mantenimiento por 4 años | 55,687.24 |
| Fauna silvestre | 0.00 |
| **Total** | 526,798.24 |

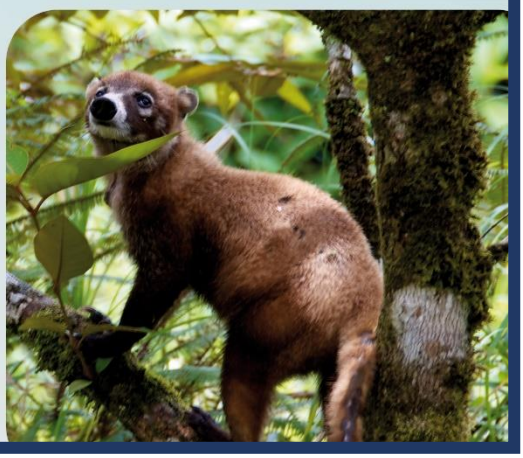
El costo por realizar las obras y actividades que conllevaría la restauración de las 2.25 ha, se estima en **$526,798.24 pesos** (quinientos cuarenta mil, setecientos veinte pesos 09/100 M.N.)

# CAPÍTULO VIII



# Documento Técnico Unificado del CUSTF Modalidad Regional

# Rancho San Juan



Tulum Quintana Roo

# ÍNDICE

VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS VIII-1

VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto ..... VIII-2

VIII.2 Descripción y análisis de escenario con proyecto ..... VIII-5

VIII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación. ..... VIII-10

VIII.3.1 Medidas para los impactos residuales ..... VIII-13

VIII.4 Pronóstico ambiental ..... VIII-15

VIII.5 Evaluación de alternativas ..... VIII-15

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VIII.1.- Especies registrados en campo bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr). .....VIII-6
Tabla VIII.2.- Especies de fauna registrados en campo bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr). .....VIII-8
Tabla VIII.3.- Actividades y acciones para el componente de protección contra especies exóticas invasoras y control de especies y poblaciones que se tornen perjudiciales (Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an, 2014).....VIII-9

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VIII.1.- Programa de Manejo Ambiental del proyecto, formado por un conjunto de programas y subprogramas.....VIII-14

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa VIII.1.- Delimitación del Sistema Ambiental Regional. .....VIII-2
Mapa VIII.2.- Usos de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional. .....VIII-3
Mapa VIII.3.- Grado de peligro por presencia de ciclones en el Área del Proyecto. .....VIII-4
Mapa VIII.4.- Ubicación del Área del Proyecto en el ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. .....VIII-5
Mapa VIII.5.- Ubicación del Área del Proyecto. .....VIII-16

# VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con Gómez-Orea (2007), el pronóstico consiste en proyectar, con base en el diagnóstico ambiental realizado, la situación actual a una futura. Se debe de tomar en cuenta las tendencias de las diferentes variables, así como “saltos” que se podrían producir.

Por medio de la información plasmada en este DTU para el proyecto **Rancho San Juan**, se hace un pronóstico mediante la construcción de escenarios, que son situaciones futuras a medio o largo plazo, basándose en suposiciones probables sobre la evolución de los aspectos relevantes del sistema.

Es necesario comparar el estado actual del ecosistema antes de iniciar las obras y actividades del proyecto con los efectos que se podrían presentar (1) sin proyecto, (2) con proyecto y (3) con proyecto y medidas. En el presente Capítulo, se toman como efectos adversos al ambiente aquellos que se reduzcan con las medidas de mitigación, que evitarán daños mayores a los ecosistemas afectados. Por consiguiente, el desarrollo de los escenarios se presenta de la siguiente manera:

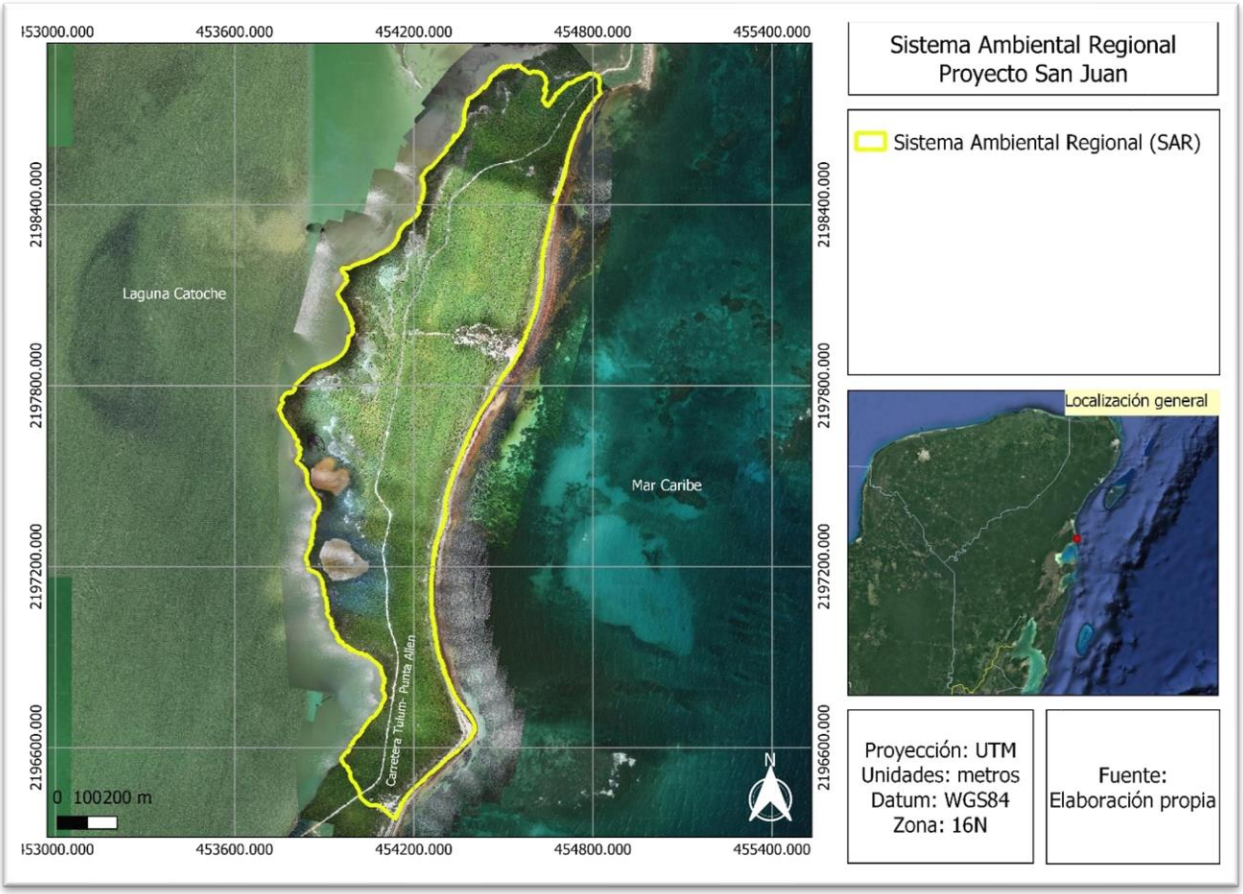
**Escenario 1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.** Se refiere a un escenario para el área de estudio sin considerar el desarrollo del proyecto como variable de cambio. Se consideran las condiciones actuales y los procesos ecosistémicos a los que se vería sometida, además de los eventos naturales posibles.

**Escenario 2. Descripción y análisis del escenario con proyecto.** Este escenario se realiza con base en las tendencias descritas con anterioridad, sobreponiéndolas con los impactos ambientales relevantes (severos o críticos) que generará el proyecto en el Sistema Ambiental Regional (SAR) sin tomar en cuenta las medidas.

**Escenario 3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.** En este caso, se debe tomar en cuenta el escenario con proyecto aplicando las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VII del presente DTU, considerando los impactos residuales ya expuestos. Se toma en cuenta las mejoras que podría presentar el área de estudio con la implementación de medidas.

## VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

Para identificar el escenario en el que se consideran las características bióticas y abióticas, así como su interrelación dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), es esencial destacar que la delimitación de éste se basó en las áreas en las cuales el proyecto podría interactuar con el medio ambiente. En este proceso de delimitación, se tomaron en consideración barreras físicas, tales como caminos, la orilla de la laguna y la línea costera.

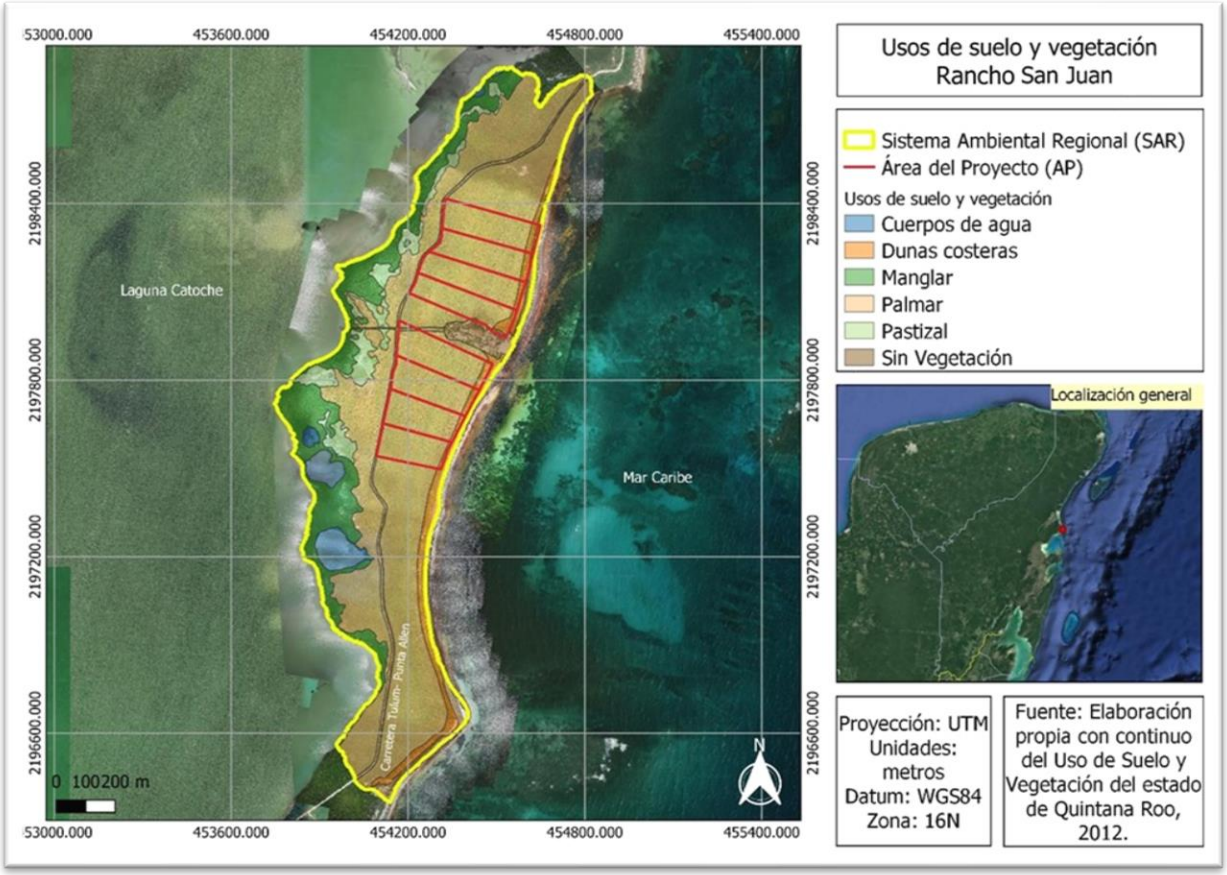



**Mapa VIII.1.- Delimitación del Sistema Ambiental Regional.**

Es importante señalar que el SAR forma parte integral de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, lo que implica que las zonas circundantes están caracterizadas por una vegetación densa y algunas pequeñas viviendas. La localidad más próxima es Punta Allen, situada a aproximadamente 8 km de distancia; este pequeño poblado alberga aproximadamente a 400 habitantes.

De acuerdo con la información expuesta en el Capítulo IV del presente Documento Técnico Unificado (DTU), resulta relevante destacar que en el SAR ya existe infraestructura previa a la ejecución del proyecto, la cual incluye la carretera Punta Allen-Tulum, así como algunas construcciones y caminos. Adicionalmente, dentro del Área del Proyecto se puede identificar una pequeña zona carente de vegetación en el lote 18, junto a una pequeña área de un camino de acceso.

En cuanto a la vegetación presente en el Área del Proyecto, se destaca su correspondencia con las características propias de la región. La especie predominante en esta zona es el palmar de Chit (*Thrinax radiata*), una palma de gran importancia económica y cultural para la población maya de la península. Asimismo, la vegetación de dunas costeras, compuesta por plantas pequeñas y suculentas que desempeñan un papel vital como colonizadoras y fijadoras de sustrato arenoso, también está presente. Los índices calculados en el Capítulo IV indican que la diversidad de la vegetación es relativamente baja. Es digno de mención que el SAR incluye áreas de manglar, colindantes con la Laguna Catoche, así como zonas de pastizal inducido.

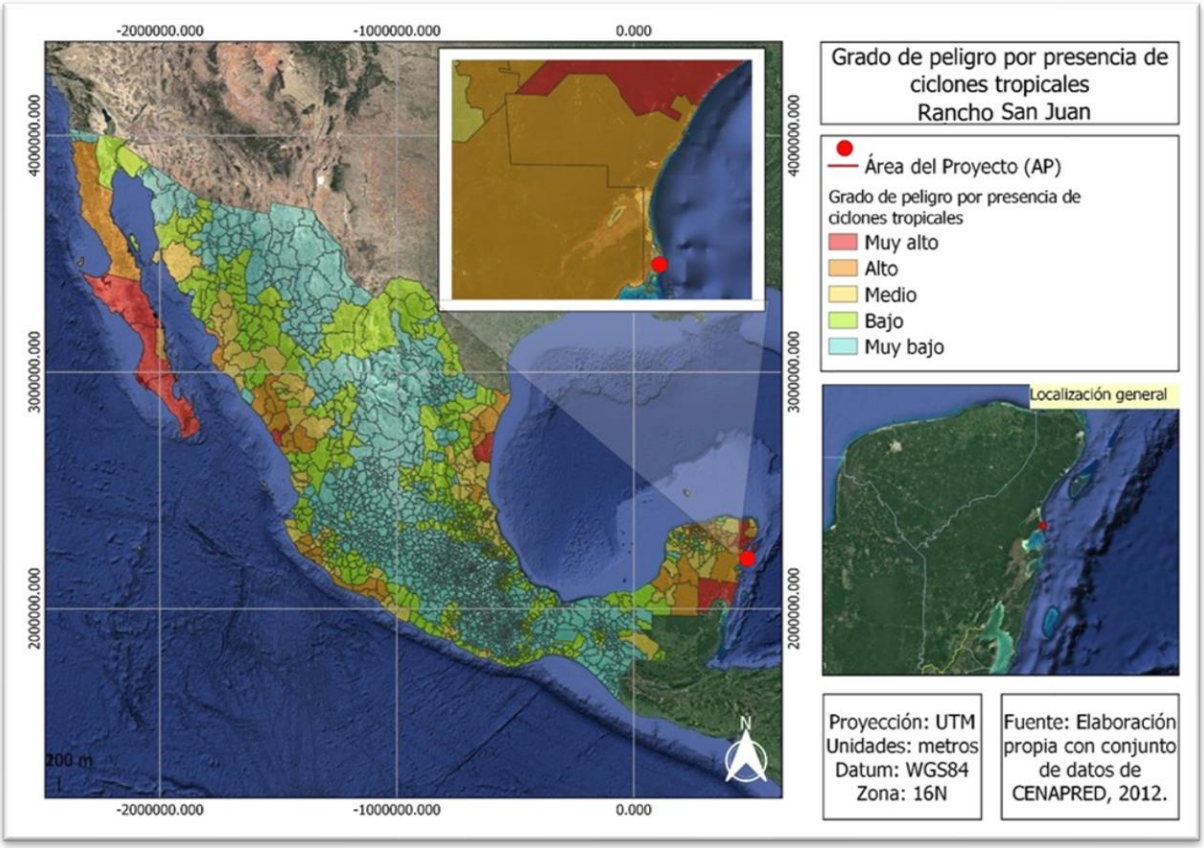



**Mapa VIII.2.- Usos de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional.**

En relación con la vegetación y de acuerdo con el análisis retrospectivo llevado a cabo para el SAR, se concluye que en los últimos 20 años no se han producido cambios significativos; la cobertura vegetal se ha mantenido estable a lo largo de este periodo.

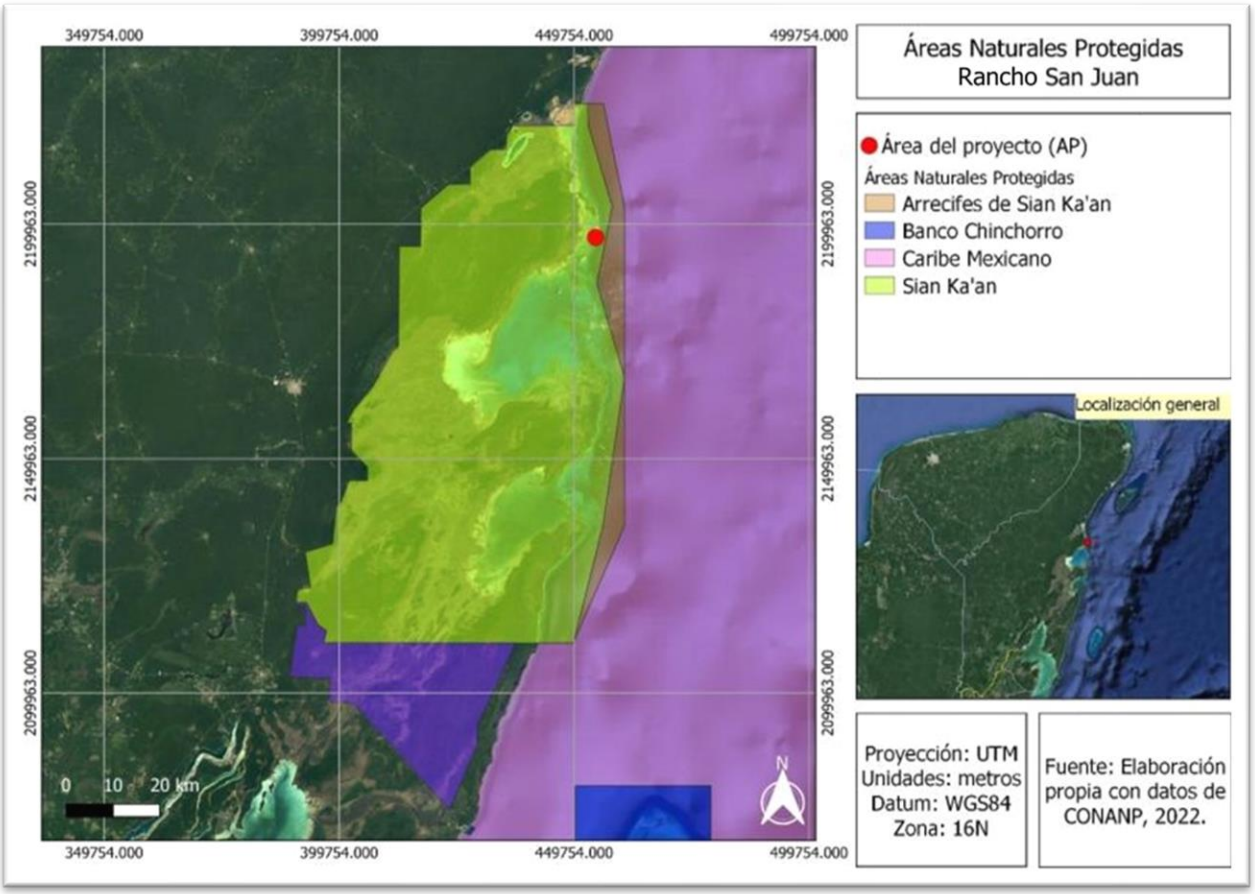
Una vez descritas las características generales del Área del Proyecto y su contexto en el Sistema Ambiental Regional, es relevante resaltar que tanto el SAR como el Área del Proyecto no sufrirían afectaciones sustanciales en caso de que el presente proyecto no se llevara a cabo, a excepción de algunos factores de cambio como la eventualidad de fenómenos hidrometeorológicos o actividades antropogénicas.

En cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos se consideran las tormentas, depresiones y los ciclones tropicales, dado que la zona se considera altamente vulnerable a tales fenómenos. Estos se presentan principalmente durante los meses de junio a octubre y el SAR es susceptible a impactos de mayor o menor tamaño porque puede ser el punto de entrada de una tormenta, depresión o ciclón tropical.




**Mapa VIII.3.- Grado de peligro por presencia de ciclones en el Área del Proyecto.**

Respecto a las actividades antropogénicas que podrían presentarse en el área, a pesar del notable crecimiento turístico en Quintana Roo, la flora y fauna de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an se considera que ha permanecido conservada, en gran medida debido a que la mayor parte de la tenencia de la tierra corresponde a terrenos nacionales, por lo que se esperaría que permanezca así. Por otro lado, esta Reserva se localiza a aproximadamente 150 kilómetros de la ciudad de Cancún, la cual presenta una intensa actividad turística que sigue en crecimiento, por lo que la parte norte de la misma está bajo una dinámica económica y perspectivas de desarrollo considerablemente más intensas que el resto de la Reserva.




**Mapa VIII.4.- Ubicación del Área del Proyecto en el ANP Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.**

## VIII.2 Descripción y análisis de escenario con proyecto

Para el escenario con proyecto, se toma en cuenta la información de la línea base del Capítulo IV sumada a los impactos ambientales que se caracterizaron y valoraron en el Capítulo V del presente Documento Técnico Unificado, haciendo énfasis en aquellos que se valoraron como severos, pues serán los que generen mayor efecto sobre el ambiente.

De acuerdo con la valoración de los impactos ambientales del Capítulo V, se presentarán dos impactos ambientales valorados como severos durante la etapa de preparación del sitio, dos durante la etapa de construcción y tres en la de operación y mantenimiento como se describe a continuación:

**Impactos severos en la etapa de preparación del sitio**

Para la etapa de preparación del sitio, uno de los impactos ambientales valorados como severo es la reducción de la cubierta vegetal por las actividades de desmonte y despalme de la superficie del Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF), lo que resultará en una modificación del hábitat. Primero se ejecutará el desmonte, donde las plantas de mayor talla serán removidas y con ellas la mayor cobertura vegetal, por lo que se reducirá el hábitat para la fauna, constituyéndose el primer impacto ambiental del sitio. En segunda instancia, se realizará el despalme, en el que se retiran todos los restos vegetales de raíces y suelo orgánico, por lo que se elimina completamente el hábitat en esta área. El área afectada será de 2.25 ha en total, lo cual corresponde al 9.25% del Área del Proyecto (24.31 ha) o al 2.11% del Sistema Ambiental Regional. A pesar de que el AP presenta distintos tipos de vegetación, la única que se afectará será la de selva con palma Chit.

Además, durante esta etapa se considera como impacto severo la mortandad de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por la remoción de cobertura vegetal con las actividades de desmonte y despalme. En general, se considera que el desmonte y despalme son los que mayor impacto tienen sobre el medio ambiente, y uno de los efectos es la eliminación de especies de interés. De acuerdo con la información del Capítulo IV, en el SAR y Área del Proyecto se registraron las siguientes especies bajo alguna categoría de riesgo:

**Tabla VIII.1.- Especies registrados en campo bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr).**

| Forma Biológica | Nombre Científico | Nombre Común | Categoría | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AP | SAR |
| **Árbol** | *Avicennia germinans* | Mangle negro | A | | X |
| | *Conocarpus erectus* | Mangle botoncillo | A | | X |
| | *Rhizophora mangle* | Mangle Rojo | A | | X |
| **Arbusto** | *Thrinax radiata* | Palma Chit | A | X | X |

De estas especies, de acuerdo con la información del Capítulo IV, la que se verá más afectada será *Thrinax radiata*, pues de las especies listadas como amenazada es la única presente en el Área del Proyecto y habrá individuos que serán removidos producto de las actividades de

desmonte y despalme. Sin medidas de mitigación, podrían afectarse más individuos de los contemplados en el CUSTF tanto dentro del AP como fuera de la misma.

**Impactos severos en la etapa de construcción**

En cuanto a la etapa de construcción, los impactos significativos serán sobre el factor ambiental fauna. Primero, se podría desplazar a individuos de fauna silvestre, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la alteración del confort sonoro por la generación de ruido por las actividades de nivelación, movimiento de tierras (excavación, relleno y compactación), instalación de servicios, cimentación, construcción de edificaciones, terminado y transporte de materiales. El ecosistema se puede alterar por la contaminación acústica resultado de un efeto cascada por la alteración de la distribución y comportamiento de las especies clave de fauna, sin embargo, estas actividades se contemplan solamente durante 13 meses, por lo que el impacto cesará una vez que terminen las actividades. Además, el Sistema Ambiental Regional se encuentra a aproximadamente 8 km de distancia de la localidad más cercana, por lo que el ruido generado no se sumará a otros ajenos al proyecto.

De la misma manera, se considera como un impacto severo durante la etapa de construcción a la posible mortandad o daño de individuos de fauna silvestre, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido al posible atropellamiento por el transporte de materiales y el uso de maquinaria y vehículos. Se contempla la siguiente maquinaria y equipo:

- 1 retroexcavadora
- 1 mano de chango
- 1 cargador frontal
- 3 camiones de volteo
- 2 compactadores
- 1 vibro compactador
- 1 camioneta pick up

El uso de esta maquinaria y equipo será variable durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, dado que se construirá por Fases, existiendo traslape entre una y otra etapa, pudiendo en ocasiones ser más o menos maquinaria y equipo. El uso de esta podría afectar a la fauna silvestre o bajo alguna categoría de riesgo si no se transita por las áreas establecidas o delimitadas para tal fin.

**Impactos severos en la etapa de operación y mantenimiento**

Finalmente, para la etapa de operación y mantenimiento se consideran dos impactos ambientales severos, los cuales se refieren en primera instancia al ahuyentamiento, mortandad o desplazamiento de individuos de fauna silvestre, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por la presencia de personal y usuarios.

En todo tipo de proyectos, el personal que labora en las instalaciones, así como los usuarios presentes en el área representan un riesgo para las especies de fauna, ya que estas personas podrían acceder a los hábitats naturales cercanos a las Casas y caminos y dañar a estos organismos. En este caso, es importante mencionar que se trata de una zona natural altamente conservada que presenta una alta riqueza de especies de fauna, además de las siguientes especies que se consideran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010:

**Tabla VIII.2.- Especies de fauna registrados en campo bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A), Protección especial (Pr).**

| Grupo | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059 | Ubicación | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Proyecto | SAR |
| Reptiles | Crocodylidae | *Crocodylus acutus* | Cocodrilo de Río | Pr | | X |
| | Eublepharidae | *Coleonyx elegans* | Geco de bandas yucateco | A | | X |
| | Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | A | X | X |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus cozumelae* | lagartija espinosa de Cozumel | Pr | X | X |
| | Sphaerodactylidae | *Sphaerodactylus glaucus* | Geco enano collarejo | Pr | | X |
| | Boidae | *Boa imperator* | Mazacuata | A | X | X |
| | Colubridae | *Dipsas brevifacies* | Culebra caracolera chata | Pr | | X |
| | | *Leptophis mexicanus* | Culebra perico mexicana | A | | X |
| Aves | Columbidae | *Patagioenas leucocephala* | Paloma Corona Blanca | A | | X |
| | Laridae | *Sternula antillarum* | Charrán Mínimo | Pr | | X |
| | Ardeidae | *Egretta rufescens* | Garza Rojiza | P | | X |
| | Cathartidae | *Cathartes burrovianus* | Zopilote Sabanero | Pr | | X |
| | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Aguililla Negra Menor | Pr | | X |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador Negro | Pr | X | X |

Además de las posibles alteraciones directas a la fauna por la presencia de personal y usuarios, este factor ambiental podría verse afectado por la introducción de especies exóticas que, debido

a su plasticidad adaptativa, su capacidad de dispersión y la dificultad de erradicarlas, pueden representar una seria amenaza a los ecosistemas costeros de la zona. Sin embargo, debido a que el SAR pertenece a la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, de acuerdo con su Programa de Manejo, hay mecanismos como el Programa de Alerta Temprana para las especies exóticas invasoras, así como un Plan de control, supervisión y vigilancia a los usuarios, donde se llevan a cabo las siguientes actividades y acciones:

**Tabla VIII.3.- Actividades y acciones para el componente de protección contra especies exóticas invasoras y control de especies y poblaciones que se tornen perjudiciales (Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an, 2014).**

| Actividades y acciones | Plazo |
|---|---|
| **Prevención de la introducción deliberada de especies de flora y fauna al Complejo Sian Ka'an** | |
| Identificar las formas más comunes de introducción | C |
| Elaborar un programa de alerta temprana para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras, que incluya una campaña de información a las y los usuarios del Complejo Sian Ka'an antes de entrar a él y el procedimiento a seguir en caso de presentarse la situación | M |
| Incrementar las medidas necesarias para evitar la proliferación de casuarinas | M |
| Ejecutar el programa de prevención de introducción de especies exóticas | P |
| **Control de las poblaciones de especies nocivas** | |
| Identificar las especies nocivas, su ubicación y densidad en coordinación con especialistas en el tema | M |
| Elaborar un diagnóstico fitozoosanitario para evaluar la presencia de plagas y enfermedades que en un futuro se pudieran convertir en una amenaza | M |
| Definir los métodos adecuados para el control de estas especies, evitando impactos en otras especies | M |
| Elaborar y ejecutar un programa de control de especies nocivas adecuado a las necesidades del área | L |
| **Erradicación de especies introducidas** | |
| Definir los métodos de erradicación de las poblaciones de casuarinas, evitando impactos a otras especies | C |

Además, de acuerdo con la subzonificación del Área Natural Protegida, el SAR se encuentra dentro de la subzona de Aprovechamiento Especial Costera (SAEC) en la que, de acuerdo con el mismo Programa de Manejo, se prohíbe la introducción de ejemplares o poblaciones exóticas invasoras.

El tercer impacto valorado como severo para la etapa de operación y mantenimiento es la mortandad o alteración de la movilidad de individuos de las especies de fauna silvestre, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la modificación del hábitat por mal manejo de residuos, es decir, por la colocación de los residuos fuera de los sitios establecidos.

Los residuos que se generarán durante esta etapa son los siguientes:

- Residuos Sólidos Urbanos (RSU):
  - Residuos orgánicos reciclables (papel, cartón)
  - Residuos inorgánicos reciclables (PET, vidrio, envases multicapas, aluminio)
  - Residuos inorgánicos no reciclables (basura)
  - Biorresiduos (Restos de alimentos y residuos vegetales por el mantenimiento de áreas verdes.
- Residuos Peligrosos (RP):
  - Envases vacíos con remanentes agroquímicos.
- Residuos líquidos:
  - Aguas residuales.

El manejo de residuos representa una preocupación ambiental global de naturaleza intrínseca a las actividades humanas. La gestión inadecuada de estos desechos conlleva la emisión de gases contaminantes, lo que genera una contaminación atmosférica perjudicial para la calidad del aire y que puede manifestarse con olores desagradables. Además, la acumulación de residuos puede provocar alteraciones en las características físico-químicas del suelo y del agua, trastocando así su equilibrio natural.

La acumulación prolongada de desechos también puede incrementar significativamente el riesgo de incendios, un peligro particularmente agravado en un entorno conservado como el Sistema de Ambiental Regional (SAR). Esta amenaza potencial adquiere una dimensión crítica en áreas con vegetación conservada, donde la preservación de la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas son prioridades primordiales.

Las consecuencias de estos posibles impactos repercuten directamente en los hábitats naturales y, por ende, afectan la fauna autóctona del SAR. La alteración de los ecosistemas puede comprometer la disponibilidad de recursos y los refugios esenciales para diversas especies animales, lo que a su vez puede inducir cambios en las dinámicas de población y en la composición biológica del área.

## VIII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.

Considerando los escenarios previamente delineados, la evaluación de los impactos ambientales detallada en el Capítulo V del Documento Técnico Unificado (DTU), junto con las medidas de

mitigación, prevención y compensación propuestas en el Capítulo VII, anticipa que, a pesar de los diversos impactos ambientales identificados, la implementación de dichas medidas evitará la ocurrencia de alteraciones significativas en el entorno natural. Estas medidas tienen el propósito de salvaguardar la integridad ecológica tanto del Sistema Ambiental Regional (SAR) como del Área del Proyecto.

La aplicación de medidas, en concordancia con lo establecido en el Capítulo VII, se concibe como un elemento crucial para garantizar un equilibrio entre las acciones humanas y la conservación del medio ambiente. Estas medidas están diseñadas para contrarrestar los impactos ambientales y para restablecer o mejorar las condiciones ambientales afectadas, contribuyendo así a la resiliencia y al mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales.

Es fundamental reconocer que la eficacia de estas medidas está directamente ligada a su implementación oportuna y a su cumplimiento riguroso. La supervisión continua, la revisión periódica y la adaptación según sea necesario son elementos cruciales para asegurar que los resultados buscados sean alcanzados y que la integridad ecológica del SAR y el Área del Proyecto sean preservadas de manera efectiva.

Es importante considerar que para el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas (preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento) se aplicará el Programa de Manejo Ambiental (PMA) para cumplir con cada una de las etapas del proyecto. Este PMA, establecerá la manera adecuada de realizar cualquier actividad (considerando las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean propuestas en este DTU, y las que la autoridad ambiental establezca) para cada una de las diferentes etapas del proyecto. Para ello, el promovente como contratista formalizará con cada empresa (constructoras, de mantenimiento, o de alguna especialidad), un contrato donde se comprometan las empresas contratadas a cumplir y hacer cumplir con sus trabajadores este PMA a través de un representante ambiental (por parte de la empresa contratada) que estará en contacto con el supervisor ambiental del promovente el cual tendrá bajo su responsabilidad la aplicación y cumplimiento del PMA.

En cuanto al factor ambiental aire, para contrarrestar los impactos a su calidad por la generación de partículas suspendidas, durante las actividades de desmonte y despalme se definirán caminos específicos para el transporte de vegetación y suelo, así como un área definida para la trituración y el movimiento de tierras. Además, si se realizan actividades durante la época de estiaje se regarán las superficies periódicamente con agua tratada y estas se suspenderán bajo condiciones climáticas adversas. El horario de trabajo se limitará a lunes a sábado de 8 a 17 horas. Por otra parte, para evitar la modificación de la calidad del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) se comprobará que la maquinaria esté en buenas condiciones antes de su uso,

además de someterla a revisiones periódicas y mantenimiento preventivo. El uso de maquinaria se acotará a un horario de 8 a 17 horas, además de que en todo momento se cumplirá con lo establecido en la NOM-041-SEMARNAT-2015. También para este factor, para afrontar la modificación del confort sonoro, además de las medidas ya mencionadas se establecerá un Programa de Acciones Independientes en el que se vigilará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994 para no sobrepasar los límites permisibles de emisión de ruido. Finalmente, para evitar al máximo los malos olores por un mal manejo de residuos se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos (véase Capítulo VII).

Por otro lado, en cuanto al factor ambiental agua, para evitar la modificación de la calidad de agua por aporte de sedimentos se evitará hacer uso de bancos de material y de tiro cercanos a cuerpos de agua, además de que las actividades se suspenderán en caso de presentarse condiciones climáticas adversas. Sobre la generación de residuos, para evitar al máximo la contaminación al agua se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos. Por otra parte, en cuanto a la modificación de la cantidad de agua por la pérdida de cobertura vegetal, se respetarán las áreas delimitadas para las actividades de desmonte, despalme, cimentación y construcción de edificaciones. Finalmente, a pesar de que se use directamente agua de los pozos de extracción, se instalarán tecnologías para el ahorro de agua en las Casas y las albercas, además de que el agua tratada se utilizará para el riego de áreas verdes durante la operación y mantenimiento, así como la captura de agua de lluvia.

Por lo que se refiere al suelo, para evitar completamente la contaminación de éste por derrames de combustible, se utilizará maquinaria en buen estado y se les realizarán revisiones periódicas y mantenimiento regular a los equipos, misma que se realizará fuera del AP (en caso de que fuera necesario, se colocará una geomembrana). Además, a pesar de que se removerá suelo por el desmonte y despalme, se respetarán las áreas delimitadas para esto, así como las áreas delimitadas para el movimiento de tierras. Para evitar al máximo los riesgos de contaminación al factor suelo, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos.

En cuanto al factor ambiental flora, a pesar de que la eliminación de la vegetación será definitiva, como medida para esto se removerá únicamente la vegetación de las zonas de CUSTF seleccionadas y autorizadas por la autoridad, además de que los residuos de la vegetación se triturarán y serán utilizados para la generación de composta y reincorporación en áreas a revegetar, sin afectar la vegetación natural adicional. Se prohibirá a los trabajadores colectar, pisotear o deñar cualquier ejemplar de flora, además de que se prohibirá al personal y usuarios la introducción de flora exótica. El paso de maquinaria y vehículos fuera de las áreas establecidas y previo a ingresar a estas se revisará que no transporten propágulos. Adicionalmente, se llevará a cabo un Subprograma de Reforestación y un Programa de Manejo Ambiental. Por otro lado,

para evitar la mortandad de individuos de flora, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se implementará un Programa de Manejo Integral de Flora, el cual contempla a su vez un Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora. También se definirán caminos específicos y exclusivos para el traslado de material y rutas de circulación claras con límites de velocidad, así como vigilancia y supervisión. Aunado a lo anterior, se implementará un Programa de Educación Ambiental y se prohibirá la remoción de cualquier ejemplar por parte del personal. En cuanto a los residuos, para evitar la contaminación se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos.

Para el factor ambiental fauna, para evitar la mortandad o daño de individuos de fauna silvestre, incluyendo especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se prohibirá ingresar a la zona con fauna exótica o mascotas que puedan ponerla en riesgo, además de que se implementará vigilancia y supervisión para evitar la cacería, captura o agresión de estos individuos. Adicionalmente, se evitará que las actividades se lleven a cabo durante las temporadas de anidación o reproducción y se implementará un Programa de Educación Ambiental. Por otra parte, para la actividad de trituración de materia vegetal se restringirá el uso de la trituradora a un horario de 8 a 17 horas de lunes a sábado, al igual que para la maquinaria que se utilice para las actividades constructivas. Además, a través del Programa de Acciones Independientes se vigilará el cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994. Como propuesta, en caso de ser necesario, se podrían construir pasos para la fauna, para lo cual se hará un estudio técnico primero. Al igual que para el resto de los factores, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos para evitar los riesgos por contaminación.

En cuanto al paisaje, que se verá afectado por la eliminación de la vegetación en cuanto a la incidencia visual, a pesar de que el impacto se considera bajo, se supervisará que la ejecución de las actividades durante las tres etapas se mantenga solamente dentro de los sitios delimitados para su fin.

### VIII.3.1 Medidas para los impactos residuales

De los impactos ambientales descritos y valorados en el Capítulo V del presente DTU, los impactos residuales son los siguientes:

- Alteración a las características físico-químicas de los factores ambientales por la generación de residuos (sólidos y líquidos).
- Mortandad o afectación a los individuos de especies de fauna silvestre en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- Mortandad o afectación a los individuos de especies de flora silvestre o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Beneficio social.

Para estos impactos ambientales, como ya se mencionó antes, se establecerá un Programa de Manejo Ambiental, el cual está conformado de la siguiente manera:

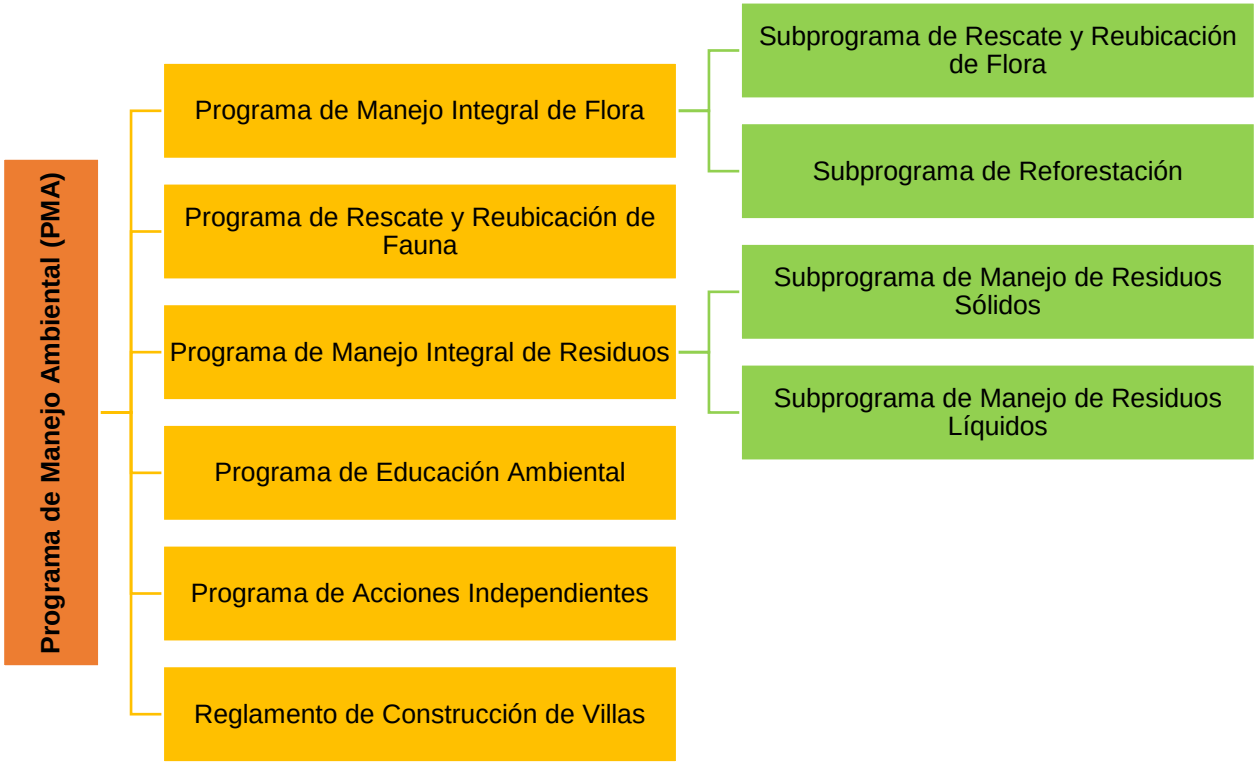



**Figura VIII.1.- Programa de Manejo Ambiental del proyecto, formado por un conjunto de programas y subprogramas.**

Por medio de este Programa, se realizarán acciones de supervisión y verificación para comprobar el cumplimiento estricto de los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT establezca para el proyecto, en caso de ser autorizado, así como de la legislación y normatividad ambiental aplicable. Asimismo, se verificará, supervisará y coordinará la implementación de las medidas propuestas en el Capítulo VII, y se corroborará que las medidas propuestas sean efectivas para prevenir o, en su caso, minimizar los impactos ambientales que genere el proyecto, así como la eficacia de las mismas. A su vez, se identificarán las alteraciones que no fueron previstas en el DTU y, en su caso, se establecerán medidas correctivas para las mismas.

## VIII.4 Pronóstico ambiental

Considerando los tres escenarios ya descritos, la evaluación exhaustiva de los impactos ambientales del Capítulo V del Documento Técnico Unificado (DTU), en conjunto con las medidas de mitigación, prevención y compensación propuestas en el Capítulo VII, se proyecta que a pesar de los distintos impactos ambientales que se presenten, la ejecución adecuada de estas medidas evitará la manifestación de alteraciones considerables en el sitio. Estas medidas tienen el firme propósito de preservar la integridad ecológica tanto del Sistema Ambiental Regional (SAR) como del Área del Proyecto.

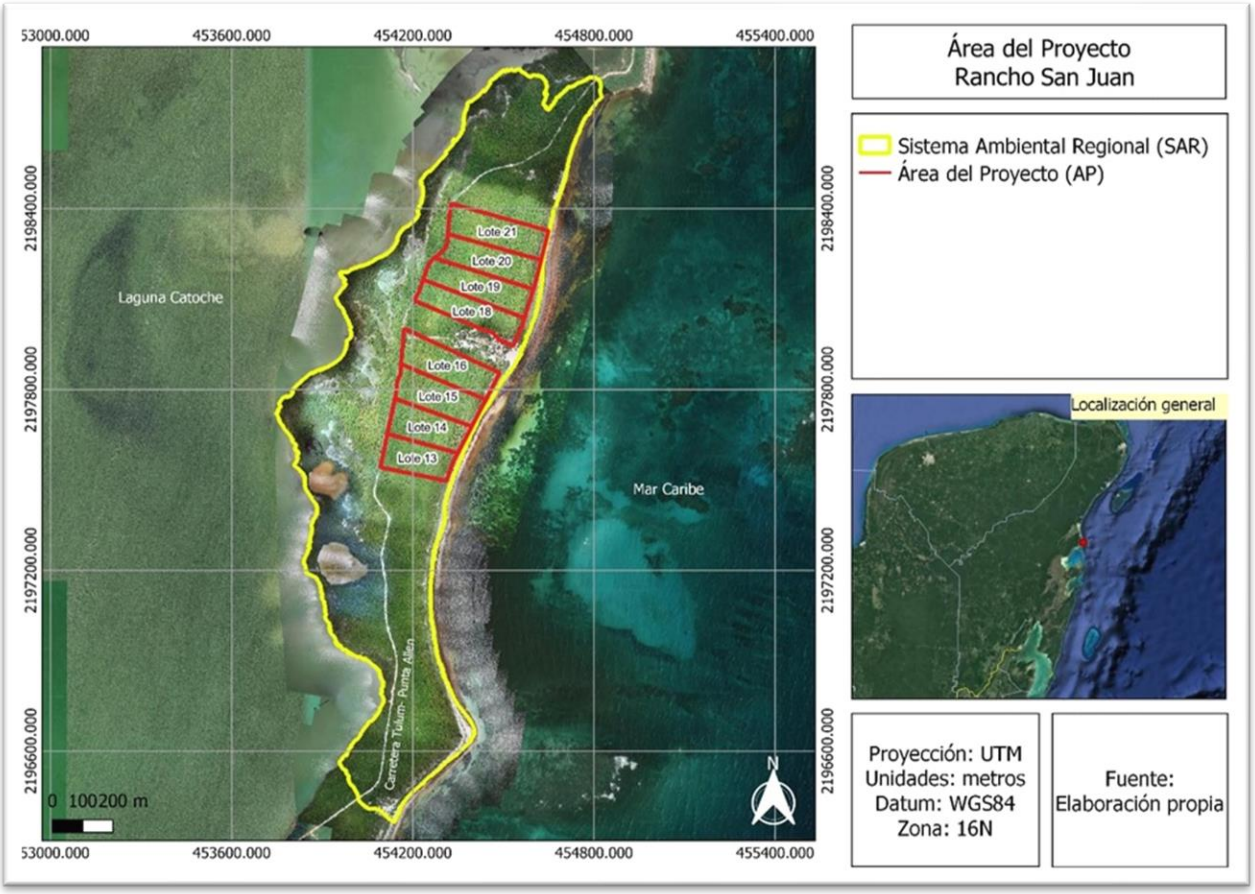
Es esencial subrayar que la efectividad de estas medidas está intrínsecamente ligada a su implementación puntual y al cumplimiento riguroso. El monitoreo constante, la revisión periódica y la adaptación en caso necesario son componentes esenciales para asegurar que los resultados previstos se alcancen y que la integridad ecológica del SAR y el Área del Proyecto se mantenga intacta.

En un esfuerzo por garantizar un manejo responsable en todas las etapas del proyecto, se establecerá un Programa de Manejo Ambiental (PMA) que abordará las diferentes fases, desde la preparación del sitio hasta la construcción y operación y mantenimiento. Este enfoque promoverá la observancia de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en este DTU y aquellas impuestas por las autoridades ambientales. La colaboración con las empresas contratistas, respaldada por el supervisor ambiental, asegurará el cumplimiento integral del PMA.

## VIII.5 Evaluación de alternativas

Dado que el proyecto se enmarca en el ámbito privado, las alternativas de desarrollo se ven limitadas en su alcance. La selección de la ubicación se fundamenta en su deseable posición frente al Mar Caribe y su proximidad a la Laguna Catoche, así como en la presencia de ecosistemas propios de la región en tan buen estado de conservación.

Es fundamental resaltar que el proyecto está arraigado en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an en Quintana Roo, tiene una visión respetuosa y comprometida con el entorno natural. Compuesto por 8 lotes, cada uno destinado a albergar una Casa unifamiliar, este proyecto busca establecer hogares de bajo impacto, conectados con la naturaleza y comprometidos con la preservación del medio ambiente. La ubicación dentro de la Reserva de la Biósfera subraya la importancia de conciliar el desarrollo humano con la conservación de los ecosistemas.




**Mapa VIII.5.- Ubicación del Área del Proyecto.**

La selección de este sitio contempla diversos aspectos esenciales. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la normativa ambiental en vigor y posteriormente se hizo un diagnóstico ambiental minucioso. Estos análisis estratégicos se efectuaron con el propósito de determinar y establecer la ubicación óptima de las edificaciones.

En síntesis, la combinación de la atractiva ubicación, la conexión con la naturaleza y el cumplimiento riguroso de las regulaciones ambientales refuerza la intención de realizar un proyecto de tipo privado en sintonía con la naturaleza circundante. Al conjuntar la implementación rigurosa de medidas preventivas, de compensación y mitigación con la construcción de viviendas de alta calidad y de bajo impacto, se asegura que no se comprometerá la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas del sitio.