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

Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional del proyecto denominado:

"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado "che-hum", Municipio de Solidaridad, Quintana Roo".

CAPÍTULO I

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

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del documento técnico unificado

I.1 Datos Generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado "che-hum", Municipio de Solidaridad, Quintana Roo"

I.1.2 Objetivo del proyecto

I.1.2.1 Objetivo general

El Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional del proyecto **"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado "che-hum", Municipio de Solidaridad, Quintana Roo"**, pretende la autorización de extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático de una superficie de **201,604.20 m^2**, a un corte promedio de 5 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1,008,021.00 m^3 de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos, dicho material estará destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local. Para poder desarrollar las actividades de extracción de roca caliza se pretende la remoción de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia en un total de **204,388.22 m^2 (se redondea para las estimaciones en 20.44 ha)**, las cuales están compuestas por dos áreas de extracción y 2 áreas de caminos, el área restante de **29.56 ha** constituirá un área de conservación.

I.1.2.1 Objetivo particular

- ✓ Dar cumplimiento de la normatividad vigente, basada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, con sus respectivos reglamentos, para la obtención de las autorizaciones correspondiente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales y en materia de impacto ambiental.

- ✓ Desarrollar el proyecto bajo un contexto de legalidad y sustentabilidad y en ese sentido, basar la actividad en los fundamentos y criterios técnicos-ambientales de prevenir y/o mitigar afectaciones negativas al Sistema Ambiental Regional.

I.1.3 Justificación técnica del nuevo uso del suelo

- ✓ El área para la cual se solicita la autorización del cambio de uso de suelo de terrenos forestales y de impacto ambiental ha sido seleccionada, fundamentalmente, por el análisis de la información bibliográfica, mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite, incluyendo los recorridos de campo, a fin de observar y corroborar las características físicas del terreno donde se pretende la instalación del proyecto, así mismo, principalmente para los aspectos geológicos, orográficos, edafológicos, entre otros.

- ✓ El área seleccionada cumple los estándares físico-ambientales, para el desarrollo del proyecto, de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (POELS).

- ✓ El predio destinado a las actividades del proyecto y del cambio de uso de suelo no cuenta con un uso productivo definido, por lo que la instauración del presente proyecto, beneficiará ampliamente a los factores social y económico de la zona, ya que se generarán empleos directos e indirectos para las labores que el proyecto demanda en sus diferentes etapas.

- ✓ Se trabajará con estricto apego a las normas de seguridad y ambientales, siendo la premisa de mayor importancia el no ocasionar o en su caso, reducir los impactos negativos significativos al medio ambiente (flora, fauna agua, aire, suelo y paisaje), así como con las restricciones que en su momento indique la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

- ✓ La propiedad del terreno está plenamente al promovente, por lo que no existe ningún tipo de conflicto de propiedad.

- ✓ Se prohibirá la extracción de ejemplares de flora y fauna en todas las etapas del proyecto, por lo que no se pondrá en riesgo a la flora y fauna local.

I.1.4 Ubicación del proyecto

El polígono del proyecto se encuentra en el Km 299 a tres kilómetros desde la localidad de Playa del Carmen con dirección a Cancún sobre la Carretera Federal 307 y desviación izquierda a 4.00 km sobre el camino de terracería frente al Complejo Ocean Maya Royale, específicamente en el predio identificado como Che-hum, Lote 068, Región 015, Supermanzana 000, Manzana 005, Playa Del Carmen, Municipio De Solidaridad, Quintana Roo.

Tabla 1. Coordenadas UTM Zona 16 del predio denominado "Che-hum".

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
1	494081.274	2291755.200
2	494407.385	2292159.690
3	493612.476	2292729.361
4	493309.036	2292308.950
5	493373.074	2292263.030
1	494081.274	2291755.200
SUPERFICIE (m^2)		**500,000.00**

Tabla 2. Coordenadas UTM Zona 16 del Área de extracción 1.

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
1	494296.83	2292051.85
2	494282.83	2292033.28

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
3	494266.13	2292012.31
4	494249.69	2291993.9
5	494233.59	2291976.55
6	494222.05	2291965.57
7	494211.67	2291956.96
8	494205.90	2291952.35
9	494198.23	2291952.35
10	494192.05	2291956.78
11	494186.67	2291961.48
12	494185.16	2291968.86
13	494184.16	2291983.26
14	494182.66	2291995.35
15	494181.26	2292005.73
16	494179.16	2292015.87
17	494163.51	2292033.29
18	494142.50	2292051.09
19	494121.31	2292068.28
20	494103.05	2292079.79
21	494090.17	2292087.47
22	494068.07	2292096.3
23	494051.36	2292101.87
24	494039.42	2292106.04
25	494027.28	2292106.84
26	494008.35	2292106.84
27	493998.65	2292104.63
28	493983.52	2292097.14
29	493971.52	2292088.64
30	493952.15	2292074.28
31	493936.78	2292062.3
32	493913.20	2292041.79
33	493891.18	2292024.26
34	493872.29	2292007.16
35	493856.24	2291991.41
36	493844.95	2291981.99
37	493833.68	2291976.1
38	493821.48	2291974.26
39	493808.87	2291973.87

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	X	Y
40	493794.21	2291979.11
41	493774.40	2291991.55
42	493762.62	2292000.69
43	493749.50	2292013.36
44	493737.25	2292025.75
45	493730.19	2292033.52
46	493728.93	2292038.76
47	493728.52	2292046.34
48	493731.07	2292052.01
49	493738.43	2292056.12
50	493747.17	2292058.26
51	493764.40	2292053.24
52	493775.28	2292047.4
53	493789.44	2292041.78
54	493805.66	2292040.73
55	493819.88	2292042.07
56	493835.70	2292049.66
57	493844.63	2292059.58
58	493850.38	2292070.88
59	493853.70	2292086.55
60	493852.56	2292103.95
61	493850.08	2292125.31
62	493845.59	2292137.43
63	493838.02	2292147.12
64	493826.19	2292154.55
65	493818.51	2292160.28
66	493812.53	2292165.37
67	493808.12	2292173.45
68	493806.98	2292182.53
69	493806.98	2292194.41
70	493806.98	2292202.25
71	493810.31	2292209.4
72	493821.54	2292221.05
73	493845.61	2292237.92
74	493865.99	2292251.8
75	493884.87	2292263.13
76	493903.60	2292274.45

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
77	493915.14	2292280.22
78	493924.07	2292282.11
79	493934.29	2292282.11
80	493943.46	2292280.6
81	493955.57	2292272.73
82	493971.41	2292258.79
83	493981.15	2292249.84
84	493996.85	2292238.29
85	494007.69	2292235.5
86	494020.44	2292236.38
87	494038.29	2292243.78
88	494051.60	2292253.89
89	494056.32	2292260.95
90	494057.62	2292271.25
91	494054.49	2292286.63
92	494054.49	2292297.7
93	494056.21	2292323.9
94	494063.08	2292340.82
95	494070.54	2292350.91
96	494080.39	2292354.3
97	494098.38	2292349.72
98	494115.83	2292341.16
99	494129.29	2292329.8
100	494147.52	2292316.35
101	494165.22	2292302.71
102	494180.5	2292289.05
103	494189.82	2292278.49
104	494200.64	2292264.06
105	494205.93	2292252.42
106	494209.65	2292240.09
107	494211.74	2292226.15
108	494207.37	2292196.63
109	494203.04	2292168.65
110	494202.49	2292157.56
111	494203.36	2292144.82
112	494207.37	2292133.17
113	494214.09	2292126.52

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
114	494219.66	2292121.86
115	494227.94	2292120.5
116	494236.49	2292120.5
117	494247.3	2292128.33
118	494259.6	2292139.45
119	494271.66	2292150.58
120	494282.83	2292156.9
121	494293.58	2292159.74
122	494313.19	2292158.1
123	494328.99	2292150.28
124	494336.34	2292143.21
125	494338.93	2292134.52
126	494338.93	2292125.95
127	494334.82	2292107.37
128	494325.48	2292091.62
129	494312.41	2292072.96
130	494303.74	2292060.74
SUPERFICIE (m^2)		**106,371.60**

Tabla 3. Coordenadas UTM Zona 16 del Área de extracción 2.

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
1	493963.81	2292407.88
2	493951.96	2292397.50
3	493929.29	2292380.87
4	493899.13	2292361.76
5	493883.70	2292352.13
6	493872.90	2292344.73
7	493859.99	2292335.21
8	493849.61	2292326.97
9	493840.52	2292319.57
10	493821.90	2292307.10
11	493803.24	2292294.48
12	493784.82	2292281.52
13	493764.35	2292268.03
14	493745.84	2292253.89
15	493734.52	2292245.41
16	493715.47	2292232.34

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
17	493701.96	2292222.82
18	493686.89	2292211.98
19	493668.95	2292198.70
20	493655.22	2292189.41
21	493647.94	2292183.57
22	493641.64	2292181.70
23	493637.33	2292182.25
24	493632.95	2292184.44
25	493629.53	2292188.38
26	493628.13	2292192.49
27	493628.39	2292197.84
28	493630.33	2292203.37
29	493635.27	2292209.63
30	493650.14	2292225.76
31	493665.64	2292240.66
32	493678.52	2292253.00
33	493692.68	2292266.11
34	493707.57	2292282.02
35	493723.19	2292297.48
36	493737.84	2292314.21
37	493750.47	2292328.52
38	493758.01	2292338.29
39	493763.42	2292345.62
40	493765.65	2292351.33
41	493766.71	2292358.98
42	493765.87	2292362.45
43	493759.48	2292370.57
44	493750.85	2292381.73
45	493740.95	2292397.21
46	493729.66	2292412.89
47	493720.73	2292422.99
48	493713.74	2292429.16
49	493702.85	2292437.44
50	493693.09	2292442.16
51	493683.50	2292445.56
52	493674.55	2292448.82
53	493663.32	2292449.45

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	X	Y
54	493657.58	2292450.48
55	493639.42	2292446.54
56	493619.98	2292438.47
57	493591.62	2292426.83
58	493561.20	2292414.71
59	493535.27	2292404.34
60	493525.55	2292400.40
61	493517.82	2292399.23
62	493510.05	2292399.23
63	493500.00	2292402.46
64	493471.20	2292426.37
65	493445.98	2292449.42
66	493442.26	2292453.47
67	493440.13	2292464.01
68	493438.42	2292473.88
69	493440.79	2292481.84
70	493448.51	2292491.50
71	493457.09	2292497.87
72	493466.11	2292501.30
73	493476.17	2292499.65
74	493489.72	2292491.22
75	493503.30	2292482.41
76	493514.16	2292478.00
77	493526.45	2292476.57
78	493538.15	2292476.57
79	493547.84	2292480.75
80	493556.67	2292488.50
81	493565.27	2292499.95
82	493567.75	2292510.42
83	493568.36	2292520.54
84	493568.46	2292535.32
85	493564.63	2292545.55
86	493558.85	2292553.89
87	493549.52	2292563.59
88	493542.01	2292572.25
89	493537.05	2292578.59
90	493534.64	2292587.59

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	X	Y
91	493534.90	2292596.95
92	493536.28	2292604.90
93	493542.58	2292617.17
94	493561.20	2292642.77
95	493572.80	2292657.52
96	493586.00	2292670.39
97	493595.91	2292677.88
98	493610.65	2292684.17
99	493625.37	2292688.22
100	493640.52	2292688.22
101	493657.31	2292683.52
102	493669.29	2292676.59
103	493687.02	2292661.22
104	493705.64	2292644.20
105	493724.80	2292626.88
106	493750.04	2292604.05
107	493764.47	2292590.00
108	493771.66	2292585.21
109	493781.38	2292582.80
110	493790.76	2292577.15
111	493795.82	2292570.31
112	493800.29	2292556.61
113	493799.79	2292545.66
114	493796.80	2292524.32
115	493795.35	2292512.41
116	493795.35	2292500.44
117	493797.42	2292486.98
118	493803.52	2292476.08
119	493812.82	2292467.40
120	493824.94	2292463.56
121	493840.07	2292463.56
122	493853.58	2292465.27
123	493866.39	2292470.51
124	493885.82	2292483.08
125	493897.94	2292490.31
126	493909.65	2292492.16
127	493919.39	2292492.16

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
128	493930.27	2292488.15
129	493944.99	2292479.01
130	493956.28	2292469.45
131	493974.44	2292445.21
132	493977.34	2292430.97
133	493975.19	2292420.76
134	493968.71	2292412.76
135	493963.81	2292407.88
SUPERFICIE (m^2)		**95,232.60**

Tabla 4. Coordenadas UTM Zona 16 del Camino 1.

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
1	494396.72	2292146.46
2	493966.29	2292456.09
3	493956.28	2292469.45
4	494399.87	2292150.36
5	494396.72	2292146.46
SUPERFICIE (m^2)		**2,693.67**

Tabla 5. Coordenadas UTM Zona 16 del Camino 2.

COORDENADAS UTM ZONA 16		
V	**X**	**Y**
1	494293.85	2292047.89
2	494296.83	2292051.85
3	494311.14	2292040.32
4	494308.06	2292036.49
5	494293.85	2292047.89
SUPERFICIE (m^2)		**90.34**

I.1.5 Superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales

El predio "Che hum" en el cual se pretenden desarrollar las obras y actividades del proyecto presenta un área total de 50 ha. De esta superficie, se solicita para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos

Forestales un total de 20.44 ha de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia. El área restante de 29.56 ha constituirá un área de conservación.

Tabla 6. Superficies del proyecto, conforme a lo señalado en la Manifestación por la promovente.

Área	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área de extracción 1	106,371.60	10.64	21.27
Área de extracción 2	95,232.60	9.52	19.05
Subtotal de extracción	**201,604.20**	**20.16**	**40.32**
Camino 1	2,693.67	0.27	0.54
Camino 2	90.34	0.0090	0.02
Subtotal de caminos	**2,784.02**	**0.27**	**0.56**
Subtotal de aprovechamiento del proyecto y para CUSTF	**204,388.22**	**20.43**	**40.88**
Área de conservación	**295,611.78**	**29.56**	**59.12**
Superficie total del predio	**500,000.00**	**50.00**	**100.00**

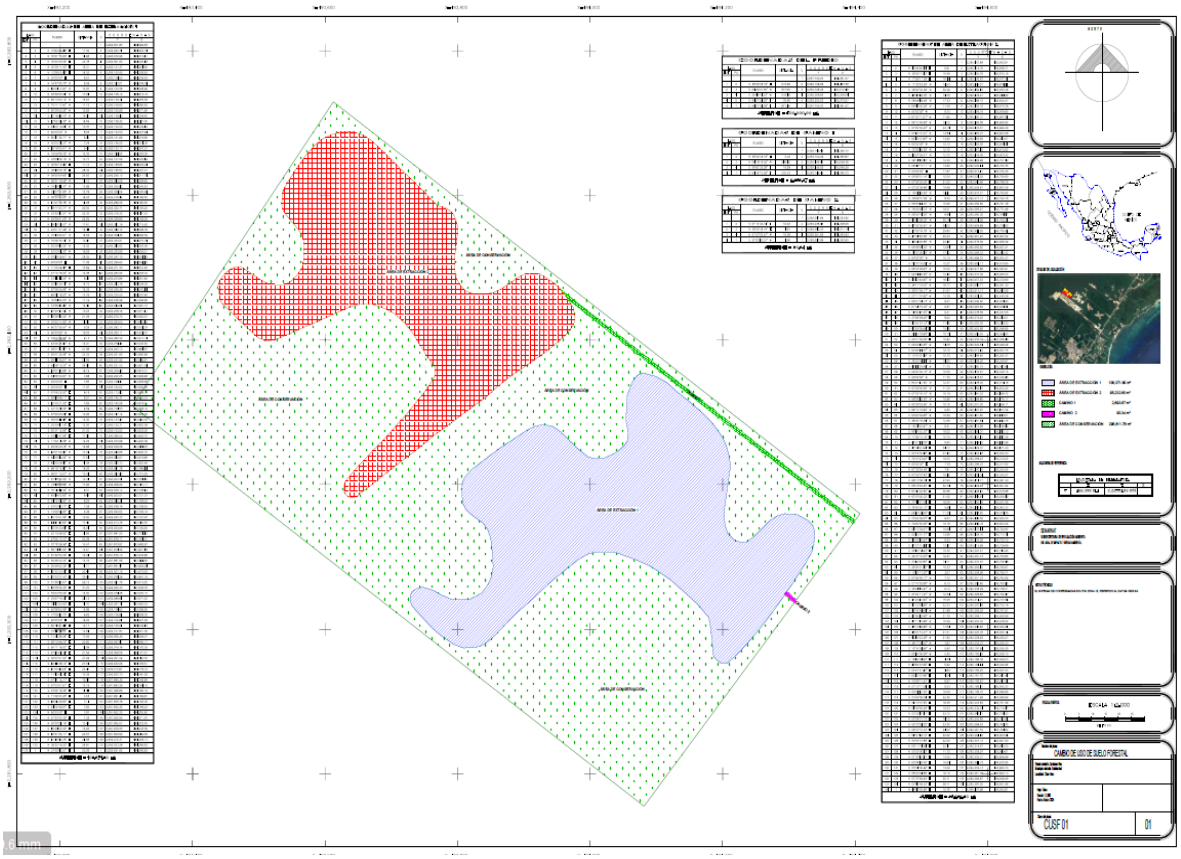


Figura 1. Plano de las áreas que conforman el proyecto.



Figura 2. Desglose de las áreas que conforman el proyecto.

I.1.6 Duración del proyecto

Para el programa de trabajo que a continuación se presenta considera las actividades que competen a la evaluación de impacto ambiental y forestal a nivel federal a través del presente DTU-BR. No obstante, se incluye en el programa la extracción de material pétreo en estrato seco que cuenta con autorización por SEMA a través del resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023. Lo anterior, es con la finalidad de que sea considerada la temporalidad de ambas fases de extracción tanto en estrato seco como húmedo. En el caso de la extracción por debajo del manto freático se considera una temporalidad de 5 años. Para el CUSTF en vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia se solicita una temporalidad de 12 meses. Por lo que, en total el proyecto se estima una duración de 6 años.

Tabla 7. Programa de trabajo.

PROGRAMA DE TRABAJO	Años																							
Actividades	1				2				3				4				5				6			
	Trimestre																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Etapa de preparación																								
Delimitación topográfica de las áreas de trabajo																								
Acciones de rescate y reubicación de flora y fauna																								
Desmonte y despalme en 20.44 ha en vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia																								
Extracción de material pétreo en estrato seco (autorización mediante resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023)																								
Etapa de operación y mantenimiento																								
Barrenación y voladura																								
Extracción de material mediante draga de arrastre																								
Carga y acarreo																								
Seguimiento ambiental																								

I.2. Datos Generales del promovente

I.2.1 Nombre o Razón Social

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

I.2.3 Datos del Representante Legal

I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones

I.3 Responsable de la elaboración del documento técnico unificado

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

I.3.3 Dirección del responsable técnico del documento

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



CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

CONTENIDO

II. Descripción del proyecto 6
II.1. Información general del proyecto 6
II.1.1 Naturaleza del proyecto 6
II.1.2 Selección del sitio 7
II.1.3 Ubicación física y dimensiones 9
II.1.4 Inversión requerida 20
II.2. Características particulares del proyecto 20
II.2.1 Programa de trabajo 23
II.2.2 Representación gráfica regional 24
II.2.3 Representación gráfica local 25
II.2.4 Etapas del proyecto 26
II.2.4.1 Etapa de preparación del sitio (relacionadas al CUSTF) 26
II.2.4.2 Extracción de material pétreo en estrato seco (autorización estatal mediante resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023) 27
II.2.4.3 Etapa de Construcción 29
II.2.4.4 Etapa de operación y mantenimiento 32
II.2.5 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo 35
II.2.5.1 Muestreo 35
II.2.5.1.1 Diseño e intensidad de muestreo utilizado 35
II.2.5.1.2 Equipo utilizado 37
II.2.5.1.3 Variables levantadas 37
II.2.5.1.4 Método de análisis de datos 37
II.2.5.1.5 Formulas utilizadas 37
II.2.5.2 Número de individuos por especie que se espera remover 54
II.2.5.3 Estimación de existencias volumétricas 57
II.2.6 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo 61
II.2.6.1 Clasificación para la valoración económica 64
II.2.6.2 Valoración económica de recursos forestales para el sitio 66

II.2.6.2.1 Estimación del valor económico de los recursos forestales maderables 67
II.2.6.2.2 Estimación del valor económico de los recursos no maderables 70
II.2.6.2.3 Estimación del valor económico de los recursos faunísticos.....72
II.2.6.2.4 Estimación del valor económico de los servicios ambientales 75
II.2.7 Requerimientos de mano de obra 80
II.2.8 Materiales, sustancias y equipo requerido 80
II.2.9 Servicios de apoyo a utilizar.....81
II.2.10 Utilización de explosivos 82
II.2.11 Abandono de las instalaciones.....83
II.2.12 Seguimiento ambiental.....83
II.2.13 Residuos 84
II.2.13.1 Residuos sólidos urbanos.....85
II.2.13.2 Residuos líquidos 86
II.2.13.3 Residuos peligrosos 86
II.2.14 Emisiones a la atmósfera y ruido 87

FIGURAS

Figura 1. Ubicación del predio Che-hum. 9
Figura 2. Desglose de las áreas que conforman el proyecto. 19
Figura 3. Proceso de extracción del material pétreo. 22
Figura 4. Ejemplo del tipo de las estructuras tipo pintro que se emplearán. 30
Figura 5. Distribución de las obras provisionales. 32
Figura 6. Ejemplificación de barrenación. 33
Figura 7. Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación para el Área de CUSTF. 36
Figura 8. Base de cálculo del coeficiente mórfico 38
Figura 9. Descripción del tipo de cálculos correspondientes con respecto a la forma. 39
Figura 10. Número de individuos leñosos/ha y por especie en el estrato alto del área de estudio (CUSTF). 45
Figura 11. Cobertura/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF). 46

Figura 12. Área basal/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF). 47

Figura 13. Volumen maderable total/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF). 48

Figura 14. Número de individuos/ha y por especie correspondiente a las hierbas presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio. 51

Figura 15. Cobertura de copa/ha y por especie (m^2) correspondiente a los individuos presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio. 52

Figura 16. Volumen de biomasa no leñosa/ha y especie correspondiente a hierbas presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio. 53

Figura 17. Ejemplificación de contenedores de RSU. 85

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 del predio Che-hum. 9

Tabla 2. Superficies y dimensiones del proyecto. 10

Tabla 3. Desglose del aprovechamiento de caliza por debajo del manto freático. 10

Tabla 4. Desglose del volumen que se plantea aprovechar por año. 11

Tabla 5. Coordenadas UTM Z16 del Área de extracción 1. 11

Tabla 6. Coordenadas UTM Z16 del Área de extracción 2. 14

Tabla 7. Coordenadas UTM Z16 del Camino 1. 18

Tabla 8. Coordenadas UTM Z16 del Camino 1. 18

Tabla 9. Desglose de la inversión requerida. 20

Tabla 10. Desglose de las actividades del proyecto 21

Tabla 11. Programa de trabajo. 23

Tabla 12. Características principales de la Región 17.33. 24

Tabla 13. Procedimiento para la extracción de material en estrato seco autorizado previamente a nivel estatal. 27

Tabla 14. Coordenadas UTM Z16 de la caseta de vigilancia provisional. 30

Tabla 15. Coordenadas UTM Z16 de la oficina provisional. 30

Tabla 16. Coordenadas UTM Z16 de la bodega provisional. 31

Tabla 17. Coordenadas UTM Z16 de la enfermería provisional. 31

Tabla 18. Coordenadas UTM Z16 de baños portátiles provisionales. 31

Tabla 19. Elementos necesarios para la barrenación. 32

Tabla 20. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo en el CUSTF. 35

Tabla 21. Volumen leñoso/ha (m^3), por especie y por 20.44 ha correspondiente al estrato alto del área de estudio (CUSTF). 41

Tabla 22.Especies leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF). 54

Tabla 23. Especies no leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF). 56

Tabla 24. Volumen leñoso total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF) 57

Tabla 25. Biomasa no leñosa total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF) 60

Tabla 26. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF). 61

Tabla 27. Servicios ambientales VUD y VUI 65

Tabla 28. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF). 67

Tabla 29. Listado de plantas con diversos usos no maderables 70

Tabla 30. Desglose de la valoración económica de la fauna del predio.....74

Tabla 31. Pérdidas por cambio de uso de suelo por hectárea (CSERGE, 1993). 76

Tabla 32. Valor del depósito de carbono por hectárea. (USD) (MUÑOZ, 1994). 76

Tabla 33. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993).....77

Tabla 34. Evidencia de valores de existencia en México (CSERGE,1993) 78

Tabla 35.Valoración de los servicios ambientales de los ecosistemas para las diferentes cubiertas marinas y terrestres (en us dlls de 2004 por hectárea y por año, adaptado de Brenner et. al.) 79

Tabla 36. Valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el proyecto. .79

Tabla 37. Personal requerido para las actividades del proyecto. 80

Tabla 38. Material y sustancias. 80

Tabla 39. Tipos de explosivo a utilizar en el proyecto. 81

Tabla 40, Maquinaria y equipo menor. 81

Tabla 41. Descripción de los residuos que posiblemente se generen en el proyecto. 86

Tabla 42. Cálculo de residuos líquidos peligrosos. 86

II. Descripción del proyecto

II.1. Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

Conforme a lo estipulado en el artículo 5° de Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en material de evaluación de impacto ambiental la naturaleza del proyecto corresponde al rubro de minería, el cual incluye:

*III**. Exploración**, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Mineras y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional…*

El proyecto que a continuación se presenta consiste en la ampliación del volumen de extracción de material pétreo (roca caliza) ahora por debajo del manto freático, a un corte promedio de 5 metros en dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2, que en total suma una superficie de aprovechamiento de 201, 604.20 m^2 en un polígono de 500,000.00 m^2. A su vez, el proyecto incluye dos caminos de acceso con un área total de 2,784.02 m^2. Con esta nueva ampliación se pretende extraer aproximadamente 1,008,021.00 m^3 de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Solidaridad, en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados. El ámbito sobre el cual se sustentará el presente proyecto será:

- Reducir al mínimo los desechos y los daños ambientales en toda la cadena de abastecimiento
- Fomentar una administración responsable de los recursos naturales y el medio ambiente.
- Actual con prudencia cuando lo impactos sean desconocidos o inciertos
- Operar dentro de los lineamientos ecológicos y proteger el capital natural conforme a la normatividad ambiental aplicable.
- Evitar consecuencias ambientales a largo plazo, que pudieran dañar a las generaciones futuras.

El sistema de exploración, será mediante la fractura de la roca caliza a través de barrenación y voladura de consumo inmediato previamente supervisados y autorizadas por la Secretaría de la Defensa Nacional. Una vez que el manto rocoso haya sido debilitado, entonces se removerá en fragmentos más pequeños por métodos mecánicos hasta la exposición sobre la superficie. Del área de confinamiento los materiales serán trasladados sobre vehículos de carga hasta el área de transformación para limpieza, selección y posteriormente trituración en agregados pétreos.

Los productos finales a obtener será polvo de piedra (0 a 3/16"), gravas (3/4´´ a 1 ½´´) y cementantes 3/16'' a 3/8´´). Se pretende extraer de la superficie de 20.535 has la materia prima para la producción de agregados y materiales para la construcción.

En lo social, se esperan beneficios directos e indirectos, mediante la generación de empleos para la gente de la localidad.

En lo económico se proveerá a la industria de construcción de 1.44 millones de metros cúbicos de material, para el desarrollo de vivienda, tanto local como residencial, el ámbito hotelero e infraestructura local.

Es importante mencionar que el proyecto cuenta actualmente con una autorización en impacto ambiental para la extracción de material pétreo (roca caliza) en estrato seco en dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2, que en total suma una superficie de aprovechamiento de 201, 604.20 m^2 en un polígono de 500,000.00 m^2.; considerando una profundidad de 5 metros conforme a la profundidad del manto freático, mediante los procesos de perforación de suelo y voladura, para posterior carga y transporte de materiales fuera de sitio. El proyecto en esta primera fase plante una extracción de un volumen de 1,000,000.00 m3 de material de agregados para terracerías. Dicha autorización fue otorgada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023 (Se adjunta a este documento).

Por otra parte, en materia forestal y ambiental se solicita el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) para las dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2, que en total suma una superficie de aprovechamiento de 201, 604.20 m^2, así como de dos caminos de acceso de 2,693.67 m^2 y 90.34 m^2, sumando en total un área de CUSTF de 204,388.22 m^2 o 20.44 ha (redondeado para efectos de estimaciones).

II.1.2 Selección del sitio

Para determinar la factibilidad del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos

Ubicación: El sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto de extracción de roca caliza se encuentra situado en el predio Identificado como Che-hum, Lote 068, Región 015, Supermanzana 000, Manzana 005, Playa Del Carmen, Municipio De Solidaridad, Quintana Roo.

Económicos: El polígono del proyecto se encuentra en una zona de crecimiento que requiere de materias primas e insumos, como son los materiales pétreos y cuya actividad es objeto del presente proyecto es el medio para su obtención, por lo que, se vuelve viable económicamente su construcción y operación en este sitio

Sociales: Debido a la distancia que existe entre el banco de material y el centro de población más cercano, no existe la posibilidad de afectar a la población por la potencial presencia de partículas sólidas o por el ruido ocasionado por las labores productivas en el banco de material. El proyecto es fuente de empleo para la población local.

Técnicos: El predio se encuentra regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, en la UGA 14, que está considerada con política de aprovechamiento con uso condicionado la minería, por lo que, bajo esta perspectiva, el predio se ubica en una zona planificada acorde al proyecto.

• El estudio de mecánica de suelos identifica el tipo de material del macizo rocoso, la cual dio como resultado de un estrato continuo de roca arenisca con algunas intercalaciones de roca caliza, dicha formación se prolonga hasta el final de la profundidad explorada (6 sondeos de 15 metros de profundidad).

• En las áreas de aprovechamiento de extracción de material pétreo no se encuentran cuencas inundables, así mismo, en el predio se observaron puntos de acumulación que no interrumpen los escurrimientos superficiales regionales, por lo que, el aprovechamiento del predio no compromete tal proceso.

• La profundidad del manto freático que se sitúa entre 4 y 5 m, no obstante, el estudio de prospección geohidrológica determinó que las zonas con aguas "dulces", se ubican el oeste y también en la porción noroeste de la zona del proyecto. Esto permite asegurar que el proyecto se sitúa geográficamente en una zona donde no se compromete las reservas de agua dulce ya que estás se ubican, como se mencionó anteriormente, noroeste del área de estudio.

• El área del proyecto no se encuentra ubicada dentro de ningún área Natural Protegida que haya sido decretada por la Federación o por el Gobierno del Estado de Quintana Roo, por lo que no se causan afectaciones a zonas protegidas.

Ambientales: El desarrollo del proyecto conforme los diferentes instrumentos planeación que se analizan en este documento, coadyuvan en la minimización de los impactos producidos por el proyecto al ecosistema en el que se pretende desarrollar.

• Las actividades que se realicen en el proyecto, contarán con la supervisión de personal técnico capacitado en materia ambiental, de tal manera que, garantice el desarrollo del proyecto de manera sustentable.

Legal: La observancia a la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su reglamento en materia de impacto ambiental, Ley Genera del Desarrollo Forestal Sustentable y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad determina las condiciones y el cumplimiento de los criterios mínimos previsto en materia ambiental y urbanística respectivamente para el proyecto, por lo que al presentar este documento para la obtención de la autorización de impacto ambiental existe una viabilidad para el proyecto.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones

El sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto de extracción de roca caliza se encuentra situado en el predio Identificado como Che-hum, Lote 068, Región 015, Supermanzana 000, Manzana 005, Playa Del Carmen, Municipio De Solidaridad, Quintana Roo.

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 del predio Che-hum.

Coordenadas del predio		
Vértice	**X**	**Y**
1	494081.274	2291755.200
2	494407.385	2292159.690
3	493612.476	2292729.361
4	493309.036	2292308.950
5	493373.074	2292263.030
Superficie	**500,000.00**	**m²**

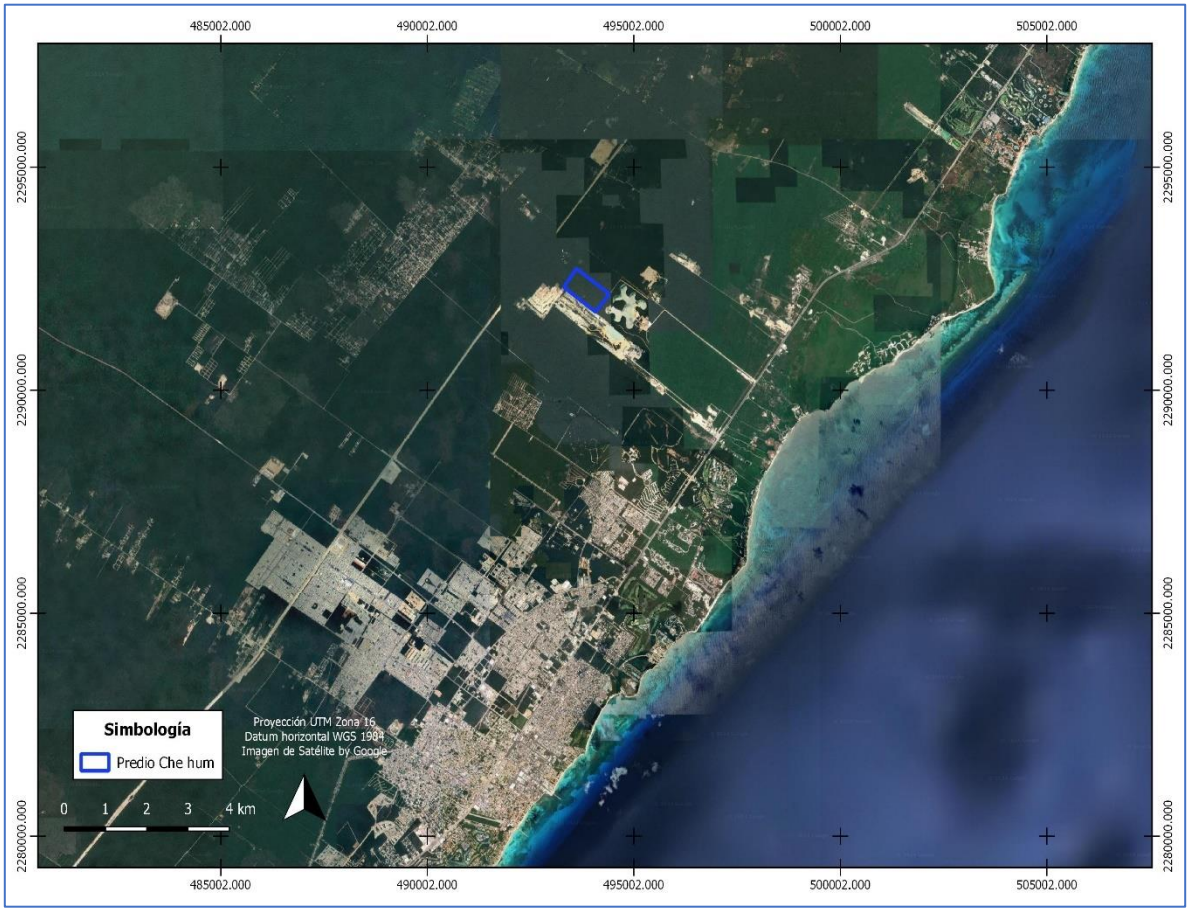


Figura 1. Ubicación del predio Che-hum.

El polígono del proyecto se encuentra en el Km 299 a tres kilómetros desde la localidad de Playa del Carmen con dirección a Cancún sobre la Carretera Federal 307 y desviación izquierda a 4.00 km sobre el camino de terracería frente al Complejo Ocean Maya Royale, en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Vialidades, vías de acceso y otros predios circundantes.

La principal vía de acceso al predio donde se tiene proyectado desarrollar las obras y actividades de referencia, es la Carreta Federal 307, así mismo, se requiere utilizar vialidades secundarias del área, las cuales están construidas con terracería.

Dimensiones del proyecto

El área que se pretende utilizar para el proyecto de extracción de roca caliza, misma que ha sido autorizada en estrato seco por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023, y que está comprendida en la UGA 14, se desarrollará al centro del polígono en dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2, además se contará con dos caminos de acceso con una superficie de 2,693.67 m^2, que en total suma una superficie de aprovechamiento de 204,297.87m^2 en un polígono de 500,000.00 m^2.

De manera particular el proyecto se integra de los siguientes elementos y superficies:

Tabla 2. Superficies y dimensiones del proyecto.

Área	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área de extracción 1	106,371.60	10.64	21.27
Área de extracción 2	95,232.60	9.52	19.05
Subtotal de extracción	**201,604.20**	**20.16**	**40.32**
Camino 1	2,693.67	0.27	0.54
Camino 2	90.34	0.01	0.02
Subtotal de caminos	**2,784.02**	**0.28**	**0.56**
Subtotal de aprovechamiento del proyecto (CUSTF)	**204,388.22**	**20.44**	**40.88**
Área de conservación	295,611.78	29.56	59.12
Superficie total del predio	500,000.00	50.00	100

Tabla 3. Desglose del aprovechamiento de caliza por debajo del manto freático.

Aprovechamiento de material	
DESCRIPCIÓN	**Área (m^2)**
Área de extracción 1	106,371.60
Área de extracción 2	95,232.60
Subtotal de extracción	**201,604.20**
Profundidad	5.00
TOTAL	1,008,021.00 m^3

La explotación se plantea durante 5 años, paulatina y gradual dividido en el periodo de aprovechamiento de la siguiente manera:

Tabla 4. Desglose del volumen que se plantea aprovechar por año.

Periodo	Volumen aprovechable m^3
Año 1	201,604.20
Año 2	201,604.20
Año 3	201,604.20
Año 4	201,604.20
Año 5	201,604.20
Total	**1,008,021.00**

Coordenadas de los elementos que conforman el proyecto

Tabla 5. Coordenadas UTM Z16 del Área de extracción 1.

Vértice	X	Y
1	494296.83	2292051.85
2	494282.83	2292033.28
3	494266.13	2292012.31
4	494249.69	2291993.9
5	494233.59	2291976.55
6	494222.05	2291965.57
7	494211.67	2291956.96
8	494205.90	2291952.35
9	494198.23	2291952.35
10	494192.05	2291956.78
11	494186.67	2291961.48
12	494185.16	2291968.86
13	494184.16	2291983.26
14	494182.66	2291995.35
15	494181.26	2292005.73
16	494179.16	2292015.87
17	494163.51	2292033.29
18	494142.50	2292051.09
19	494121.31	2292068.28
20	494103.05	2292079.79
21	494090.17	2292087.47
22	494068.07	2292096.3
23	494051.36	2292101.87
24	494039.42	2292106.04

Vértice	X	Y
25	494027.28	2292106.84
26	494008.35	2292106.84
27	493998.65	2292104.63
28	493983.52	2292097.14
29	493971.52	2292088.64
30	493952.15	2292074.28
31	493936.78	2292062.3
32	493913.20	2292041.79
33	493891.18	2292024.26
34	493872.29	2292007.16
35	493856.24	2291991.41
36	493844.95	2291981.99
37	493833.68	2291976.1
38	493821.48	2291974.26
39	493808.87	2291973.87
40	493794.21	2291979.11
41	493774.40	2291991.55
42	493762.62	2292000.69
43	493749.50	2292013.36
44	493737.25	2292025.75
45	493730.19	2292033.52
46	493728.93	2292038.76
47	493728.52	2292046.34
48	493731.07	2292052.01
49	493738.43	2292056.12
50	493747.17	2292058.26
51	493764.40	2292053.24
52	493775.28	2292047.4
53	493789.44	2292041.78
54	493805.66	2292040.73
55	493819.88	2292042.07
56	493835.70	2292049.66
57	493844.63	2292059.58
58	493850.38	2292070.88
59	493853.70	2292086.55
60	493852.56	2292103.95
61	493850.08	2292125.31
62	493845.59	2292137.43

Vértice	X	Y
63	493838.02	2292147.12
64	493826.19	2292154.55
65	493818.51	2292160.28
66	493812.53	2292165.37
67	493808.12	2292173.45
68	493806.98	2292182.53
69	493806.98	2292194.41
70	493806.98	2292202.25
71	493810.31	2292209.4
72	493821.54	2292221.05
73	493845.61	2292237.92
74	493865.99	2292251.8
75	493884.87	2292263.13
76	493903.60	2292274.45
77	493915.14	2292280.22
78	493924.07	2292282.11
79	493934.29	2292282.11
80	493943.46	2292280.6
81	493955.57	2292272.73
82	493971.41	2292258.79
83	493981.15	2292249.84
84	493996.85	2292238.29
85	494007.69	2292235.5
86	494020.44	2292236.38
87	494038.29	2292243.78
88	494051.60	2292253.89
89	494056.32	2292260.95
90	494057.62	2292271.25
91	494054.49	2292286.63
92	494054.49	2292297.7
93	494056.21	2292323.9
94	494063.08	2292340.82
95	494070.54	2292350.91
96	494080.39	2292354.3
97	494098.38	2292349.72
98	494115.83	2292341.16
99	494129.29	2292329.8
100	494147.52	2292316.35

Vértice	X	Y
101	494165.22	2292302.71
102	494180.5	2292289.05
103	494189.82	2292278.49
104	494200.64	2292264.06
105	494205.93	2292252.42
106	494209.65	2292240.09
107	494211.74	2292226.15
108	494207.37	2292196.63
109	494203.04	2292168.65
110	494202.49	2292157.56
111	494203.36	2292144.82
112	494207.37	2292133.17
113	494214.09	2292126.52
114	494219.66	2292121.86
115	494227.94	2292120.5
116	494236.49	2292120.5
117	494247.3	2292128.33
118	494259.6	2292139.45
119	494271.66	2292150.58
120	494282.83	2292156.9
121	494293.58	2292159.74
122	494313.19	2292158.1
123	494328.99	2292150.28
124	494336.34	2292143.21
125	494338.93	2292134.52
126	494338.93	2292125.95
127	494334.82	2292107.37
128	494325.48	2292091.62
129	494312.41	2292072.96
130	494303.74	2292060.74
131	494296.83	2292051.85
Superficie		**106,371.60 m^2**

Tabla 6. Coordenadas UTM Z16 del Área de extracción 2.

Vértice	X	Y
1	493963.81	2292407.88
2	493951.96	2292397.50

Vértice	X	Y
3	493929.29	2292380.87
4	493899.13	2292361.76
5	493883.70	2292352.13
6	493872.90	2292344.73
7	493859.99	2292335.21
8	493849.61	2292326.97
9	493840.52	2292319.57
10	493821.90	2292307.10
11	493803.24	2292294.48
12	493784.82	2292281.52
13	493764.35	2292268.03
14	493745.84	2292253.89
15	493734.52	2292245.41
16	493715.47	2292232.34
17	493701.96	2292222.82
18	493686.89	2292211.98
19	493668.95	2292198.70
20	493655.22	2292189.41
21	493647.94	2292183.57
22	493641.64	2292181.70
23	493637.33	2292182.25
24	493632.95	2292184.44
25	493629.53	2292188.38
26	493628.13	2292192.49
27	493628.39	2292197.84
28	493630.33	2292203.37
29	493635.27	2292209.63
30	493650.14	2292225.76
31	493665.64	2292240.66
32	493678.52	2292253.00
33	493692.68	2292266.11
34	493707.57	2292282.02
35	493723.19	2292297.48
36	493737.84	2292314.21
37	493750.47	2292328.52
38	493758.01	2292338.29
39	493763.42	2292345.62
40	493765.65	2292351.33

Vértice	X	Y
41	493766.71	2292358.98
42	493765.87	2292362.45
43	493759.48	2292370.57
44	493750.85	2292381.73
45	493740.95	2292397.21
46	493729.66	2292412.89
47	493720.73	2292422.99
48	493713.74	2292429.16
49	493702.85	2292437.44
50	493693.09	2292442.16
51	493683.50	2292445.56
52	493674.55	2292448.82
53	493663.32	2292449.45
54	493657.58	2292450.48
55	493639.42	2292446.54
56	493619.98	2292438.47
57	493591.62	2292426.83
58	493561.20	2292414.71
59	493535.27	2292404.34
60	493525.55	2292400.40
61	493517.82	2292399.23
62	493510.05	2292399.23
63	493500.00	2292402.46
64	493471.20	2292426.37
65	493445.98	2292449.42
66	493442.26	2292453.47
67	493440.13	2292464.01
68	493438.42	2292473.88
69	493440.79	2292481.84
70	493448.51	2292491.50
71	493457.09	2292497.87
72	493466.11	2292501.30
73	493476.17	2292499.65
74	493489.72	2292491.22
75	493503.30	2292482.41
76	493514.16	2292478.00
77	493526.45	2292476.57
78	493538.15	2292476.57

Vértice	X	Y
79	493547.84	2292480.75
80	493556.67	2292488.50
81	493565.27	2292499.95
82	493567.75	2292510.42
83	493568.36	2292520.54
84	493568.46	2292535.32
85	493564.63	2292545.55
86	493558.85	2292553.89
87	493549.52	2292563.59
88	493542.01	2292572.25
89	493537.05	2292578.59
90	493534.64	2292587.59
91	493534.90	2292596.95
92	493536.28	2292604.90
93	493542.58	2292617.17
94	493561.20	2292642.77
95	493572.80	2292657.52
96	493586.00	2292670.39
97	493595.91	2292677.88
98	493610.65	2292684.17
99	493625.37	2292688.22
100	493640.52	2292688.22
101	493657.31	2292683.52
102	493669.29	2292676.59
103	493687.02	2292661.22
104	493705.64	2292644.20
105	493724.80	2292626.88
106	493750.04	2292604.05
107	493764.47	2292590.00
108	493771.66	2292585.21
109	493781.38	2292582.80
110	493790.76	2292577.15
111	493795.82	2292570.31
112	493800.29	2292556.61
113	493799.79	2292545.66
114	493796.80	2292524.32
115	493795.35	2292512.41
116	493795.35	2292500.44

Vértice	X	Y
117	493797.42	2292486.98
118	493803.52	2292476.08
119	493812.82	2292467.40
120	493824.94	2292463.56
121	493840.07	2292463.56
122	493853.58	2292465.27
123	493866.39	2292470.51
124	493885.82	2292483.08
125	493897.94	2292490.31
126	493909.65	2292492.16
127	493919.39	2292492.16
128	493930.27	2292488.15
129	493944.99	2292479.01
130	493956.28	2292469.45
131	493974.44	2292445.21
132	493977.34	2292430.97
133	493975.19	2292420.76
134	493968.71	2292412.76
135	493963.81	2292407.88
Superficie		**95,232.60 m^2**

Tabla 7. Coordenadas UTM Z16 del Camino 1.

Vértice	X	Y
1	494396.72	2292146.46
2	493966.29	2292456.09
3	493956.28	2292469.45
4	494399.87	2292150.36
5	494396.72	2292146.46
Superficie		**2,693.67 m^2**

Tabla 8. Coordenadas UTM Z16 del Camino 2.

Vértice	X	Y
1	494293.85	2292047.89
2	494296.83	2292051.85
3	494311.14	2292040.32
4	494308.06	2292036.49
5	494293.85	2292047.89
Superficie		**90.34 m^2**



Figura 2. Desglose de las áreas que conforman el proyecto.

II.1.4 Inversión requerida

El proyecto requerirá una inversión de 32 (treinta y dos) millones de pesos, los cuales se distribuirán de la siguiente forma

Tabla 9. Desglose de la inversión requerida.

Inversión requerida	
Descripción	IMPORTE
Inversión inicial	5 millones
Operación	15 millones
Total	**20 millones**

Para le ejecución de este proyecto se requiere de una inversión inicial de 5 millones que se utilizará para permisos, autorizaciones y trabajos preliminares como retiro de la vegetación (CUSTF), limpieza, nivelación compra de maquinaria y equipo necesario para lograr el inicio de la operación del proyecto.

La operación requerirá una inversión de 15 millones que se destinará para las cuestiones operativas del proyecto como son la adquisición combustible, pago de energía eléctrica, pago de explosivos, pago de nóminas.

Estos se distribuirán a lo largo de los 5 años que durará el proyecto

II.2. Características particulares del proyecto

La caliza es una roca sedimentaria compuesta en un 90% por Carbonato de Calcio ($CaCO_3$), especialmente Calcita y Aragonita. En su versión más pura es de color blanco, pero mezclada con arcilla, hematita, óxido de hierro y cuarzo, adquiere tonalidades diferentes como marfil, marrón y gris azulado, entre otras. La roca caliza es utilizada para la industria de la construcción, como árido en diferentes materiales de la construcción, como fabricación de hormigones, aglomerados asfálticos, terracerías para carreteras, caminos en la fabricación de vidrio, en metalurgia como fundente, para obtener cal y otros usos similares; en la industria de la medicina, alimentos para ganado, entre otras aplicaciones.

El proyecto que se presenta en este documento trata de la extracción de material pétreo (roca caliza) por debajo del manto freático, la cual se realizaría posterior a la extracción en seco del mismo material (autorización bajo resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023). Esta ampliación es solicitada debido a la necesidad de cantidad de material para abastecimiento al sector de construcción en la zona; asimismo, es tomando en consideración las características técnicas y ambientales del sitio que fueron determinadas a través de diversos estudios como lo fueron la mecánica de suelos y la prospección geohidrológica, los cuales arrojaron que el nivel freático se encuentra en el predio Che-hum a una profundidad de 5 m aproximadamente. De lo anterior, se prevé que de requerir la extracción por debajo del manto freático se deberá tramitar la autorización correspondiente a nivel federal, considerando la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. También es necesario solicitar la autorización en materia de impacto ambiental y

forestal el CUSTF, por lo que, la solicitud del proyecto converge y es aplicable para la presentación de un DTU-B Modalidad Regional.

La explotación subacuática pretende realizarse sobre la superficie de 201,604.20 m². Se aprovechará un solo nivel de tajo con cortes de talud de 5 metros y con 2 rampas de acceso a 45 grados de inclinación.

El nuevo corte contado a partir del piso de la cantera (después de la extracción en seco) está proyectada a 5 metros de profundidad con lo que se estaría obteniendo un beneficio total de 1,008,021.00 m³ de piedra caliza y como beneficio se transformación en agregados pétreos que finalmente serán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades básicas de equipamiento, infraestructura y vivienda local. El proceso extractivo será en un solo sentido de Poniente a Oriente con el fin de que el avance de la extracción facilite el movimiento de maquinaría y vehículos a través de la cantera durante la etapa de operación, así como el movimiento de personal durante la etapa de monitoreo ambiental.

Esto permitirá que, al cumplirse el tiempo de vida útil del proyecto, esta área quede delimitada por una franja de vegetación en estado natural, ya que la superficie de explotación representa el **40.32**% de superficie total. A continuación, se ofrece la información en detalle de las obras principales que contempla la ejecución del proyecto, destacando las características del diseño con relación a su participación en la reducción de alteraciones ambientales.

Tabla 10. Desglose de las actividades del proyecto

Etapas del proyecto	
Etapa	**Obras y actividades**
Actividades previas	Elaboración de estudio técnicos in situ. Trámites y autorizaciones. Capacitación técnica al personal involucrado.
Preparación del sitio	Delimitación topográfica de los frentes de explotación (dos áreas irregulares de explotación). Acciones de rescate y reubicación de flora y fauna. Desmonte de la vegetación en el área de aprovechamiento (CUSTF) en 20.44 ha (áreas irregulares de extracción y dos caminos para la comunicación). Despalme, se realizará la remoción del material superficial del terreno de acuerdo con lo requerido por el proyecto mediante tractor. El material de despalme será aprovechado en las actividades de reforestación del terreno. Obras complementarias: corresponderá a la habilitación de los caminos y área de circulación vehicular que comuniquen las áreas de extracción y la construcción de un baño fijo

	requerido para el personal junto con la instalación de la Micro PTAR Tipo Paquete.
Aprovechamiento en estrato seco (autorización bajo resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023)	Extracción de material en estrato seco: se realizará a cielo abierto, mediante la perforación de las rocas. Se extraerá el material del suelo utilizando un tractor equipado con cuchilla de empuje y desgarrador de un diente y minicargador frontal, así mismo, se emplearán explosivos para la extracción.
Aprovechamiento por debajo del manto freático (Operación)	Barrenación y voladuras autorizados por SEDENA Extracción de material mediante Draga de Arrastre Carga y Acarreo para trituración
Seguimiento Ambiental (Operación)	Capacitación técnica al personal involucrado Monitoreo de calidad de Agua

Las características principales del diseño del tajo será un banco de explotación de 10 metros de altura; 5 metros por arriba del manto freático y 5 metros por debajo. Con rampas de acarreo de 45% de pendiente con ángulos del talud final del 60%.

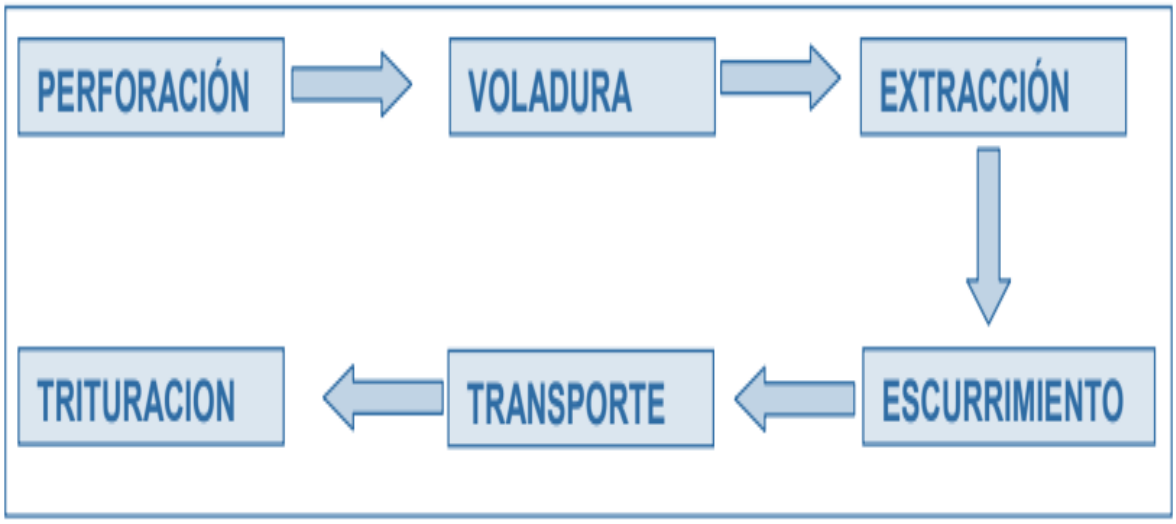


Figura 3. Proceso de extracción del material pétreo.

La ejecución de los trabajos está proyectada con una vida útil de 5 años de trabajo continuo a partir de la obtención de la autorizaciones Federales y municipales correspondientes. Sin embargo, este plazo podría incrementarse en caso de eventos fortuitos o de causa mayor que impidan la ejecución de las tareas programadas en los tiempos establecidos.

II.2.1 Programa de trabajo

Para el programa de trabajo que a continuación se presenta considera las actividades que competen a la evaluación de impacto ambiental y forestal a nivel federal a través del presente DTU-BR. No obstante, se incluye en el programa la extracción de material pétreo en estrato seco que cuenta con autorización por SEMA a través del resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023. Lo anterior, es con la finalidad de que sea considerada la temporalidad de ambas fases de extracción tanto en estrato seco como húmedo. En el caso de la extracción por debajo del manto freático se considera una temporalidad de 5 años. Para el CUSTF en vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia se solicita una temporalidad de 12 meses. Por lo que, en total el proyecto se estima una duración de 6 años.

Tabla 11. Programa de trabajo.

PROGRAMA DE TRABAJO	Años																							
Actividades	1				2				3				4				5				6			
	Trimestre																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Etapa de preparación																								
Delimitación topográfica de las áreas de trabajo																								
Acciones de rescate y reubicación de flora y fauna																								
Desmonte y despalme en 20.44 ha en vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia																								
Extracción de material pétreo en estrato seco (autorización mediante resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023)																								
Etapa de operación y mantenimiento																								
Barrenación y voladura																								
Extracción de material mediante draga de arrastre																								
Carga y acarreo																								
Seguimiento ambiental																								

II.2.2 Representación gráfica regional

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio está integrado por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización. La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. De acuerdo con este ordenamiento y a las **UNIDADES AMBIENTALES BIOFÍSICAS (UAB)**, representadas a escala 1:2,000,000; el proyecto se lo localiza en la UAB No. 62, denominada Kars de Yucatán y Quintana Roo, con clave de región 17.33.

En su contexto regional, el proyecto se ubica en la Provincia Fisiográfica Plataforma de Yucatán o Karst Yucateco, por lo que presenta un relieve de planicies ligeramente onduladas, favoreciendo el drenaje e infiltración y presentando franjas rocosas en los bordes litorales. A la vez forma parte de la cuenca 32 A Quintana Roo, que ocupa el 31% de la superficie estatal. En esta unidad hidrológica el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta.

Esta UAB se caracteriza por presenta una muy alta degradación de la Vegetación y una media degradación de los Suelos. Las actividades ganaderas y mineras tienen un nivel medio de importancia, ya que el ingreso de las familias se basa de las actividades remuneradas por municipios. En cuanto a su vegetación, tienen un tipo de uso de suelo es Forestal y Pecuario y presentan una degradación media por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja. La descripción de la UAB 62 se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 12. Características principales de la Región 17.33.

REGIÓN ECOLÓGICA: 17.33 **Unidad Ambiental Biofísica que la compone:**		
62. Karst de Yucatán y Quintana Roo		
	Localización: **Oeste, centro, norte y este de Yucatán. Centro, norte y noreste de Quintana Roo**	**Política Ambiental:** Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable
	Estrategias sectoriales 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	**Rectores del desarrollo** Preservación de Flora y Fauna -Turismo
	Superficie en Km2: **59,542.35 Km2**	**Escenario al 2033:** Inestable a Crítico

	Población Total: **2,982,494 hab**	**Coadyuvantes del desarrollo** Desarrollo Social - Forestal
	Prioridad de Atención: Alta	**Otros sectores de interés** Pueblos Indígenas
	Asociados del desarrollo Agricultura -Ganadería	**Población Indígena**: Maya
	Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	
	Inestable. Conflicto Sectorial Muy Alto. No presenta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Baja. El uso de suelo es Forestal y Pecuario. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0.0. Alta marginación social. Muy bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Medio porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.	

II.2.3 Representación gráfica local

El sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto de extracción de roca caliza se encuentra situado en el predio Identificado como Che-hum, Lote 068, Región 015, Supermanzana 000, Manzana 005, Playa Del Carmen, Municipio De Solidaridad, Quintana Roo.

El polígono del proyecto se encuentra en el Km 299 a tres kilómetros desde la localidad de Playa del Carmen con dirección a Cancún sobre la Carretera Federal 307 y desviación izquierda a 4.00 km sobre el camino de terracería frente al Complejo Ocean Maya Royale, en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II.2.4 Etapas del proyecto

II.2.4.1 Etapa de preparación del sitio (relacionadas al CUSTF)

a) Delimitación topográfica de las áreas de trabajo

Se llevará a cabo el deslinde de la superficie mediante referencias fijas y coordenadas UTM, de cuáles serán los límites de la poligonal del proyecto, así como de las dos áreas irregulares para la extracción del material pétreo, así como de los dos caminos. En esta actividad participa una brigada de topógrafos conformada por 4 personas, para el trazo y la nivelación. Una vez realizada la actividad anterior, con ayuda de los cortes topográficos longitudinales y transversales, se llevará a cabo la nivelación del terreno hasta obtener la cota de inicio.

b) Acciones de rescate y reubicación de flora y fauna

Previo al inicio de cualquier obra o actividad relacionada con el proyecto, se llevará a cabo el rescate de la flora y la fauna silvestre nativa que incida dentro del área de aprovechamiento proyectada. Como primer paso se procederá a delimitar la superficie de desmonte y se llevará a cabo el rescate selectivo y manual de las especies de flora que se encuentren en la superficie a aprovechar y que sean susceptibles de pasar por este proceso. Los ejemplares que se rescaten serán ubicados en un vivero provisional dentro del predio, donde se les ofrecerá el mantenimiento adecuado hasta que trasplanten a las zonas de reubicación. De forma paralela al marcaje topográfico y durante el rescate de vegetación se realizarán recorridos en el predio, de forma tal que el ruido ahuyente a las especies que pudieran encontrarse en las áreas de desplante. Si alguna especie quedara rezagada se procederá a trasladarla a las áreas de conservación dentro del predio. Las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 serán prioritarias.

c) Desmonte

El desmonte se lleva a cabo cuando el área del proyecto se encuentra cubierta por vegetación forestal, se requiere del uso de maquinaria pesada consistente en Caterpillar D-8, cargadores frontales, Motoconformadoras, retroexcavadoras, tráiler con caja, y personal de campo.

El desmonte consiste en el retiro de la maleza, hierbas, arbustos y árboles con la ayuda de maquinaria especializada consistente en Caterpillar D-8 o Motoconformadoras; el producto resultante del desmonte se debe ubicar en un lugar previamente definido dentro del área del proyecto.

d) Despalme

Es la remoción de la capa expuesta de la superficie de la tierra, este trabajo consiste en arrancar toda la vegetación. Dado que la capa vegetal o mantillo es la que sostiene el crecimiento de los árboles y arbustos, esta capa contiene más humedad que la inmediata inferior. A fin de que esta capa inferior pueda perder humedad y sea más fácil para moverla, se sugiere despalmar lo antes posible. La maquinaria a utilizar para esta etapa son tractores con bulldozer, escrepas, palas mecánicas y cargador frontal. Para el proyecto, se pretende realizar el despalme en una profundidad

promedio de 0.30 m siguiendo los lineamientos indicados en la N-CTR-CAR-1.01.002 o bien de acuerdo al proyecto constructivo y se recomienda que el material producto del despalme sea colocado en sitios determinados para su posterior utilización en la construcción de terraplenes o bien para las obras de reforestación, según sea el caso.

Almacenamiento y trituración de residuos vegetales y clasificación y reutilización del material de desmonte y despalme: Los productos resultantes del desmonte como ramas y troncos, dependiendo de la especie, se pueden utilizar para consumo como leña por los pobladores locales, el resto se debe de picar en trozos pequeños para su fácil integración al suelo y con ello evitar la generación de incendios forestales ocasionados por la acumulación de combustibles vegetales.

Se recomienda que el producto resultante del despalme se ubique en un sitio dentro del área del proyecto con la finalidad de que esté disponible para actividades de restauración o paisajísticas, o para sostener el crecimiento de la vegetación, a fin de controlar la erosión en otras áreas.

II.2.4.2 Extracción de material pétreo en estrato seco (autorización estatal mediante resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023)

Tabla 13. Procedimiento para la extracción de material en estrato seco autorizado previamente a nivel estatal.

Actividad	Descripción
Cortes	Se realizarán cortes en los sitios destinados para extracción a 5 m de profundidad promedio antes de llegar al manto freático.
Excavación con equipo	La cantidad de perforaciones, así como la profundidad de estas, se realizará con base a un patrón previamente definido, con el cual se asegura obtener un grado de rompimiento adecuado de la roca para la obtención de material de buena calidad. Para esto se establecerá una cuadrícula sistemática de perforación que varía de acuerdo con las características de la roca ya sea en estructura (fracturas, diaclasas o bien discontinuidades) y el grado de meteorización (alteración de minerales).
Explotación del material	La extracción en estrato seco se realizará a cielo abierto, mediante la perforación de las rocas. No se realizarán trabajos de explotación por debajo del manto freático. Se extraerá el material del suelo utilizando un tractor equipado con cuchilla de empuje y desgarrador de un diente y minicargador frontal, así mismo, se emplearán explosivos para la extracción. El material obtenido de la

	excavación se clasificará según su tamaño, separando el material en diferentes tamaños de acuerdo con las necesidades para su uso, esto se realizará por medio de un tractor. El material que no cumpla con el tamaño adecuado para su transporte será fragmentado hasta que se obtenga el tamaño que se requiere.
Protocolo de seguridad evento de voladura.	Por parte de la empresa proveedora, se trasladará al lugar del Evento de Voladura en una unidad el material explosivo (agente y alto explosivo) y en otra unidad los iniciadores debido a su compatibilidad, asegurando que no ocurra una reacción química en cadena, esto acompañados por custodia armada. Se realizará una plática de Seguridad con el personal referente a las acciones que no están permitidas realizar durante el proceso de carga y manejo de explosivo (ejemplo: no fumar, no golpear los materiales explosivos ni sus artificios, mantener a distancia vehículos o maquinaria de combustión interna o cualquier equipo generador de calor, entre otros no menos importantes). En el sitio del Evento de Voladura se descargarán los materiales en presencia de un oficial militar asignado por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) avalando los tipos y las cantidades de los diferentes materiales necesarios para la Voladura señalados en factura. Además, se tomarán las siguientes medidas de seguridad: • En la población o carga de explosivo en barrenos de plantilla • Evacuación de todo personal a un radio mínimo de 500 metros. • Retirar maquinaria y vehículos a un radio mínimo de 500 metros. • Colocar retenes de un kilómetro en ambos sentidos si el evento se encuentra próximo a carretera o cualquier vialidad.

	En el área de voladura se quedará solamente dos personas con un vehículo listo para evacuar, (prohibido correr al iniciar) para la iniciación de voladura previamente esté confirmada la evacuación de personal, vehículos y equipo; activando sirena de evacuación. Se realizará la voladura y posteriormente se esperará de 5 minutos para la verificación de la detonación, esto por seguridad para la inspección de polvos y gases generados por la voladura. En caso de contar con sobrante se detonará después de voladura. Finalmente, se destruirán residuos (cajas y sacos) generados por evento.

Adicionalmente, se autorizó en materia de impacto ambiental a nivel estatal las obras asociadas que complementarán la actividad principal de extracción y procesamiento de material pétreo (página 7 del oficio resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023).

Caseta móvil de vigilancia: Como medida de control, seguridad y para salvaguardar maquinaria y herramientas de operación, se dispondrá de una caseta móvil con elemento de seguridad las 24 horas.

Baño Fijo: Se instalará un baño fijo conectado a una microPTAR tipo paquete mod. Mutar 2500.

Caminos o áreas de circulación vehicular: Consiste en la conformación de dos caminos de 5 m de ancho de doble sentido para la circulación vehicular.

II.2.4.3 Etapa de Construcción

El proyecto no requiere la construcción de obras permanentes, se utilizarán solo obras provisionales las cuales son:

Caseta móvil de vigilancia: Como medida de control, seguridad y para salvaguardar maquinaria y herramientas de operación, se dispondrá de una caseta móvil con elemento de seguridad las 24 horas.

Sanitarios portátiles: Se emplearán sanitarios portátiles. Ubicados en sitios adecuados dentro del área del proyecto de cuyo mantenimiento se encargará el proveedor correspondiente.

Asimismo, se contempla:

Bodega provisional, enfermería y oficina provisional: Se instalarán elementos prefabricados hecha a base paneles, tipo caseta pintro. La ventaja del sistema es que es provisional y no requieres de cimentación ni instalaciones especiales.



Figura 4. Ejemplo del tipo de las estructuras tipo pintro que se emplearán.

Tabla 14. Coordenadas UTM Z16 de la caseta de vigilancia provisional.

1. COORDENADAS DE CASETA DE VIGILANCIA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,292,053.37	494,295.77
1	2	S 50°53'28.09" E	1.00	2	2,292,052.74	494,296.54
2	3	N 39°06'31.91" E	2.00	3	2,292,054.30	494,297.81
3	4	N 50°53'28.09" W	1.00	4	2,292,054.93	494,297.03
4	1	S 39°06'31.91" W	2.00	1	2,292,053.37	494,295.77
SUPERFICIE = 2.00 m2						

Tabla 15. Coordenadas UTM Z16 de la oficina provisional.

2. COORDENADAS DE OFICINAS						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,292,059.15	494,296.59
1	2	S 39°06'32.30" W	3.00	2	2,292,056.82	494,294.70
2	3	S 50°53'27.70" E	4.00	3	2,292,054.30	494,297.81
3	4	N 39°06'32.30" E	3.00	4	2,292,056.62	494,299.70
4	1	N 50°53'27.70" W	4.00	1	2,292,059.15	494,296.59
SUPERFICIE = 12.00 m2						

Tabla 16. Coordenadas UTM Z16 de la bodega provisional.

3. COORDENADAS DE BODEGA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,292,063.03	494,299.75
1	2	S 39°06'32.30" W	5.00	2	2,292,059.15	494,296.59
2	3	S 50°53'27.70" E	4.00	3	2,292,056.62	494,299.70
3	4	N 39°06'32.30" E	5.00	4	2,292,060.50	494,302.85
4	1	N 50°53'27.70" W	4.00	1	2,292,063.03	494,299.75
SUPERFICIE = 20.00 m2						

Tabla 17. Coordenadas UTM Z16 de la enfermería provisional.

4. COORDENADAS DE ENFERMERIA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,292,053.37	494,295.77
1	2	N 39°06'31.91" E	2.00	2	2,292,054.93	494,297.03
2	3	N 50°53'28.09" W	3.00	3	2,292,056.82	494,294.70
3	4	S 39°06'31.91" W	2.00	4	2,292,055.27	494,293.44
4	1	S 50°53'28.09" E	3.00	1	2,292,053.37	494,295.77
SUPERFICIE = 6.00 m2						

Tabla 18. Coordenadas UTM Z16 de baños portátiles provisionales.

5. COORDENADAS DE BANOS						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,292,059.78	494,295.82
1	2	S 50°53'27.70" E	1.00	2	2,292,059.15	494,296.59
2	3	N 39°06'32.30" E	5.00	3	2,292,063.03	494,299.75
3	4	N 50°53'27.70" W	1.00	4	2,292,063.66	494,298.97
4	1	S 39°06'32.30" W	5.00	1	2,292,059.78	494,295.82
SUPERFICIE = 5.00 m2						

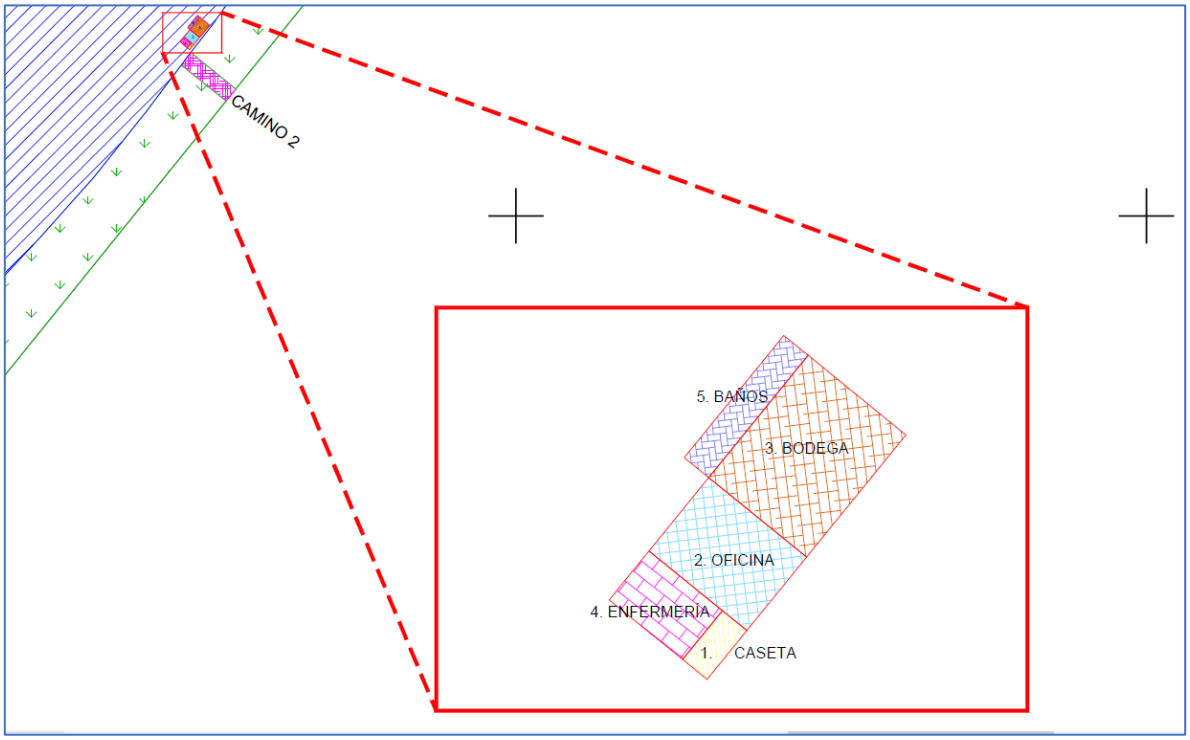


Figura 5. Distribución de las obras provisionales.

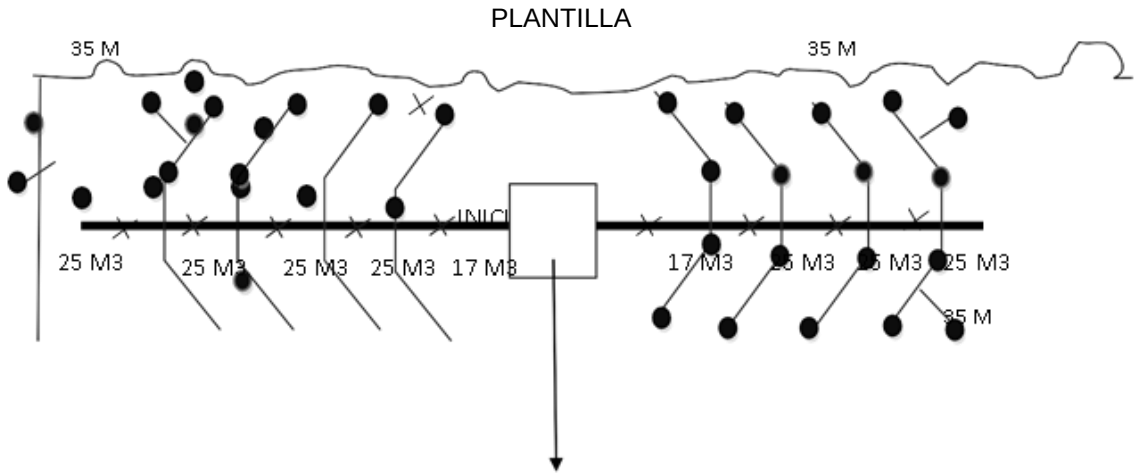
II.2.4.4 Etapa de operación y mantenimiento

Barrenación y voladura: Como la mayoría de las operaciones mineras a cielo abierto por debajo del manto freático el ciclo se inicia con la barrenación. Para tener buenos resultados en las voladuras es necesario que la barrenación se realice de acuerdo a lo proyectado por lo que se marcaran los puntos con una brigada de topografía. La plantilla será de 3.00 x 3.00m.

Barrenación de plantilla para explosivos: Se realizará con una perforación neumática (Track Drill) en un diámetro de 2 ¼" y una profundidad de 4.00 metros para lo cual se necesitará:

Tabla 19. Elementos necesarios para la barrenación.

Elementos de perforación neumática
Voladura acuática de 132 barrenos según plantilla
Emulsión sensitiva 3x6" = 5 barrenos x 44 = 220 piezas
Retardador reforzado = 198 ml.
Cordel = 160 metros
Retardador de 17 metros = 2 piezas
Retardador de 25 metros = 7 piezas
Retardador de 35 metros = 4 piezas
2 rollos de hilo Henequen
Fulminantes No. 6 y 8 = 4 piezas
Mecha = 6 metros



Bordo= 3.00 metros
Esparcimiento = 3.00 metros
Profundidad = 4.00 metros
Evento cada tercer día = 9 meses
Volumen x barreno = 3 x 3 4 = 36 m³
5 piezas de emulsión de 3 x 16'' sensitiva
Barrenos 4 ½"
Emulsión 3 x 16" sensitiva con 40 metros de separación

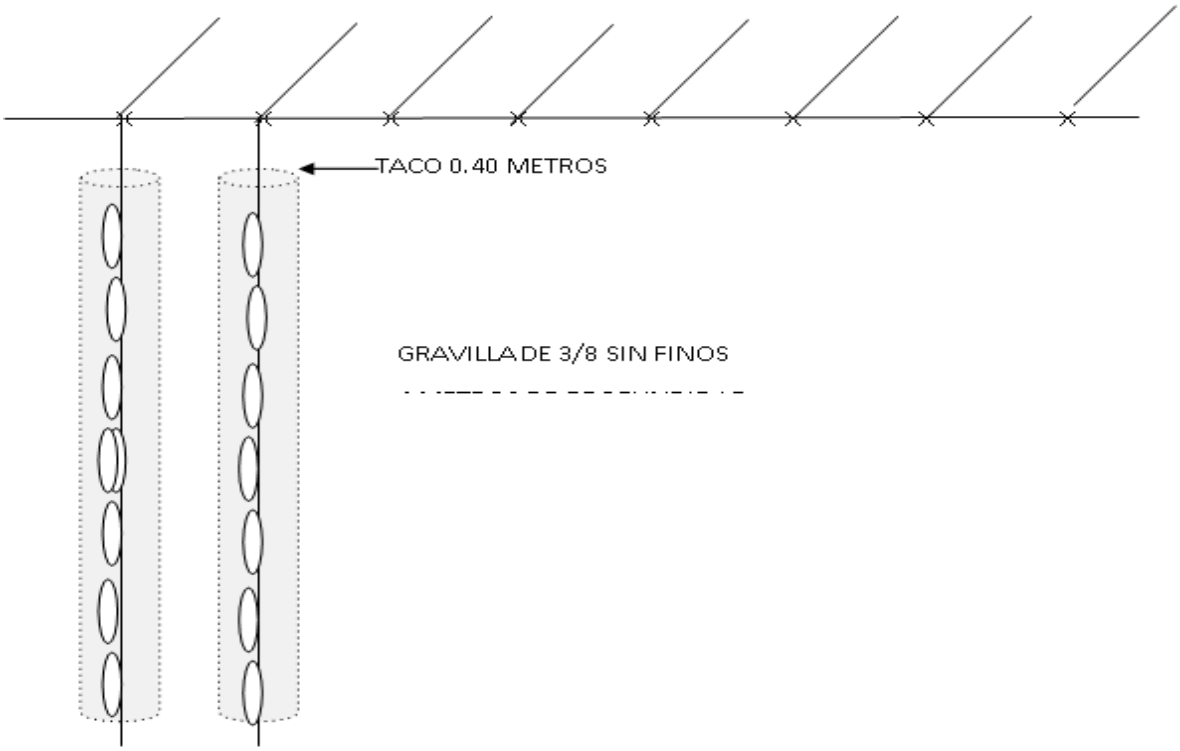


Figura 6. Ejemplificación de barrenación.

Carga de barrenos para voladura: Se utilizarán para las cargas dinamita 20% y Agente explosivo 80%, cordón detonante y estopin de acuerdo al diseño previo de la voladura.

Para disparos simultáneos de hoyos en la misma fila, o para disparos por fila, el espaciamiento es:

$$S = (1.8 – 2) * B$$

Normalmente esto sería un diseño trabado si fuera un disparo con muchas filas. La fragmentación no es tan buena como con retardos secuenciales. El corte será más alto y el lanzamiento de material hacia atrás mayor, ocurre si:

$$S = (1.0 – 1.2) * B$$

Donde el encendido de los hoyos es secuencial. Esto debería ser para un diseño cuadrado o rectangular de varias filas. Por lo que se refiere a las medidas de seguridad en el manejo, transportación y almacenamiento de los mismos, deberán cumplirse estrictamente las disposiciones expedidas por la Secretaría de la Defensa Nacional, en base a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y en su Reglamento.

Una vez obtenido la fractura del manto rocoso, se utilizará una draga de arrastre "Eric bucyrus" modelo 8813, con motor diésel CAT 3406B y una potencia de 306 KW y 1800 RPM, sistema eléctrico con batería de 24 V. de 5 yardas cúbicas, conformada por excavadora, aditamento de draga que extrae el material depositándolo en los costados para que los materiales recién extraídos y húmedos pierdan el exceso de humedad de alrededor del 70%. Una vez que el exceso de agua haya escurrido, los materiales serán confinados y trasladados a un área de trituración.

La draga de arrastre de 4 metros cúbicos de bote a 5 metros de profundidad, se arrastra el material para ser transportado por un cargado frontal. Soportes para el Alimentador vibratorio Grizzly, quebradora de impacto primaria, y tolva de alimentación; y estructuras anexas.

El material pétreo es un recurso con una gran demanda en el mercado local, toda vez que es el principal insumo para los agregados pétreos (polvo, grava, granzón, cementante, etc.), sascab y piedra hilada para rellenos, cimentación y construcción de viviendas.

La carga de los materiales se realizará con el apoyo de un tractor montacarga Case o Jhon Deere, los cuales cargaran y depositaran los materiales pétreos en los cajones de carga de 14 m^3 o en góndolas de 30 m^3. Cuando los volquetes de carga estén llenos de material, se les colocara una lona sobre la caja de carga para atenuar la dispersión de polvos, además saldrán del banco a una velocidad reducida y se dirigirán al área de triturados.

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

El predio donde se pretende establecer el proyecto está ubicado en el municipio de Solidaridad Quintana Roo.

La superficie total del predio son 500,000.00 m², es decir, 50.00 hectáreas; en tanto que la superficie en hectáreas donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) es de 24.4400 ha.

En el presente estudio, se levantó la información de las variables dasométricas de los ejemplares arbóreos, arbustivo y herbáceos para estimar el volumen leñoso y no leñoso susceptible a ser extraído con la eventual ejecución del CUSTF en la superficie solicitada para la ejecución del proyecto.

II.2.5.1 Muestreo

II.2.5.1.1 Diseño e intensidad de muestreo utilizado

Para el levantamiento de información correspondiente a la vegetación leñosa (estratos alto), se levantaron nueve sitios de 812.25 m² (7,310.25 m²), la misma cantidad sitios anidados de 406.25 m² (3,656.25 m²) para la vegetación arbustiva presente en el área propuesta para el proyecto (CUSTF); en tanto que para el estrato bajo (vegetación herbácea), se utilizaron nueve parcelas de muestreo anidadas de 100.00 m² (900 m^2) en total.

De esta forma, con un diseño de muestreo sistemático, se distribuyó la muestra en el área propuesta para el proyecto (CUSTF) que comprende 204,400.00 m², es decir, 20.44 ha. con lo que se obtiene una intensidad de muestreo del 3.58%, que se considera adecuada para disponer de información confiable.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 20. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo en el CUSTF.

Puntos	X	Y
1	493651.55	2292202.11
3	493954.06	2292436.24
4	493554.50	2292615.24
5	493810.87	2291990.93
6	493806.50	2292455.65
7	493921.44	2292076.70
8	493889.35	2292373.91
9	494205.88	2291970.12
10	494208.17	2292111.15



Figura 7. Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación para el Área de CUSTF.

II.2.5.1.2 Equipo utilizado

Para el levantamiento de los datos de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceos se utilizó las siguientes herramientas y equipo:

- Flexómetro
- Machetes
- Cinta métrica (50 m)
- Etiquetas
- Lápices y lapiceros
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- GPS
- Brújula
- Hojas de datos

II.2.5.1.3 Variables levantadas

En cada sitio de muestreo se levantaron las siguientes variables dasométricas: identificación de la especie, altura total, diámetro menor de la copa, diámetro mayor de copa y altura total. En el caso de los árboles, también se midió el diámetro normal (1.30 m).

II.2.5.1.4 Método de análisis de datos

Para el trabajo de análisis de datos, se utilizó con el programa Excel con el que se obtuvieron los estimadores de los parámetros de variables dasométricas tales como número de árboles por hectárea, diámetro normal, altura total, diámetro medio de copa, cobertura de copa, área basal y volumen total.

II.2.5.1.5 Formulas utilizadas

El procedimiento para el cálculo del volumen de las materias primas forestales se realiza a partir de las siguientes definiciones y fórmulas:

En el caso de los árboles, se utilizan las siguientes fórmulas:

Área basal:
AB= 0.7854 D^2

Dónde:
B= Área basal (m²)
D= Diámetro normal

Volumen: El volumen total de la madera en rollo de los árboles en pie, se calcula con base en su altura total y su área basal. Sin embargo, debido a su forma, la cual tiende a ser cónica en la mayoría de los árboles, el volumen del cilindro debe ser corregido con un factor de forma, también conocido

como factor de corrección o coeficiente mórfico. Por lo tanto, el volumen se calcula mediante la siguiente fórmula:

VT = AT * AB * CM
Donde:

VT= Volumen total (m^3)
AB = Área basal (m^2)
AT = Altura total del árbol (m)
CM = Coeficiente mórfico; el cuál es la relación existente entre el volumen real de un fuste y el volumen de un cuerpo geométrico convencional que usualmente es un cilindro, pero también puede ser un cono, paraboloide apolónico, etc., de la misma base que el árbol y de la misma altura. Se utilizó el CM de 0.6.

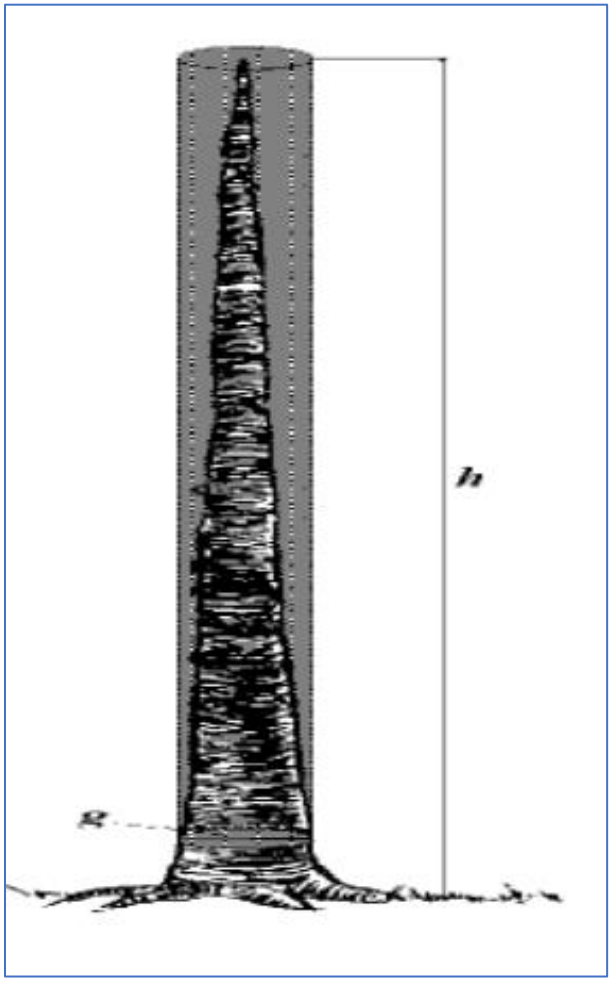


Figura 8. Base de cálculo del coeficiente mórfico

El volumen total de los árboles en pie correspondiente a una categoría diamétrica, a un grupo de especies, a una sola especie o la superficie sujeta a cambio de uso del suelo, es igual a la suma de los volúmenes de todos los árboles considerados en cada caso, ejemplo:

$$VT\ especie = \sum_{a=1} AB\ especie * AT * CM$$

También se estima que los desperdicios derivados de ramas, hojas y ramillas representan el 15% del volumen total.

Para el cálculo de los volúmenes correspondientes a la vegetación de porte bajo y de formas variadas como son los arbustos y las hierbas, se utilizan una serie de fórmulas, dependiendo de la constitución de los individuos, la cual se presenta a continuación.

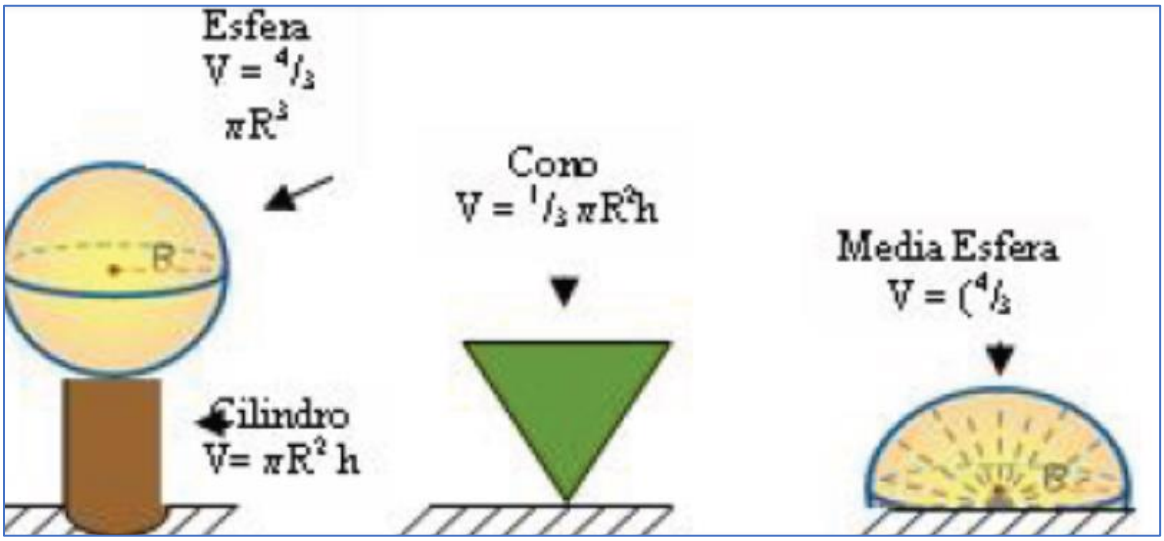


Figura 9. Descripción del tipo de cálculos correspondientes con respecto a la forma.

Para arbustos:

Esfera:

$$V = 4/3 * ¶ * R^3$$

Donde:

V= Volumen total (m^3)
¶ = 3.1416
R= Radio de la circunferencia (m)

Para matorrales y arbustos:

Cono:

$$V=1/3* \P * R^2 * h$$

Hierbas leñosas:
Media esfera:

$$V= (4/3 * \P * R^3)/2$$

El volumen total de la vegetación en pie correspondiente a una forma de vida, a una especie o de la superficie sujeta a cambio de uso del suelo, es igual a la suma de los volúmenes de todos los individuos considerados en cada caso, ejemplo:

$$VT\ especie = \sum_{a=1} V\ especie$$

Los resultados obtenidos corresponden al volumen aparente de biomasa (m^3) proveniente de ramas, ramillas, tallos y hojas de la vegetación evaluada, más una gran cantidad de espacios vacíos. Se estima que el volumen real de la biomasa de ramas, ramillas, tallos y hojas, es el 10% del volumen aparente; por lo tanto, se multiplica por 0.1.

II.2.5.1.6 Resultados del análisis dasométricos

Se utilizó la hoja de cálculo EXCEL para obtener promedios del número de plantas por hectárea, cobertura de copa, área basal y volumen total por sitio y hectárea, así como el volumen total árbol por especie, por hectárea y en el área del CUSTF (20.44 ha). A continuación, se presentan los resultados.

Es conveniente mencionar que se observaron en el área del CUSTF tres especies listadas en la NOM-159-SEMARNAT-2010 con estatus de Amenazadas, las cuales son *Acaelorraphe wrigthi, Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata,* las cuales fueron separadas del grupo de especies que eventualmente serán removidas del área propuesta para el CUSTF, mismas que deberán ser reubicadas en las mejores áreas para su establecimiento y desarrollo en el sistema ambiental regional (SAR).

Tabla 21. Volumen leñoso/ha (m³), por especie y por 20.44 ha correspondiente al estrato alto del área de estudio (CUSTF).

Especie	Abun / ha	Ab / ha	Cob copa/ ha	Vol tot / ha	Abun / 20.44ha	Ab / 20.44 ha	Cob copa/ 20.44 ha	Vol tot / 20.44 ha
Acacia cornigera	8	0.0037	1.0837	0.0039	168	0.0746	22.1512	0.0795
Acacia dolichostachya	1	0.0310	10.9435	0.1863	28	0.6347	223.6859	3.8079
Amyris sylvatica	41	0.0058	14.6150	0.0032	839	0.1185	298.7315	0.0647
Bauhinia divaricata	1	0.0107	6.8397	0.0580	28	0.2196	139.8037	1.1859
Bauhinia jenningsii	159	0.0739	297.8529	0.0751	3,242	1.5104	6,088.1132	1.5361
Bougainvillea buttiana	14	0.0030	5.1984	0.0025	280	0.0615	106.2555	0.0503
Bunchosia glabra	33	0.6296	14.9884	0.8041	671	12.8692	306.3626	16.4349
Bursera simaruba	163	15.9204	368.5781	54.1423	3,327	325.4127	7,533.7362	1,106.6693
Byrsonima bucidaefolia	5	0.0629	19.1512	0.2490	112	1.2862	391.4504	5.0889
Caesalpinia gaumeri	18	0.2205	59.5045	1.0421	363	4.5073	1,216.2726	21.3005
Caesalpinia violacea	4	0.0488	20.5191	0.2155	84	0.9982	419.4111	4.4038
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0155	5.4718	0.0743	28	0.3162	111.8430	1.5179
Callicarpa acuminata	3	0.0002	2.1481	0.0002	56	0.0044	43.9072	0.0040
Capparis cynophallophora	36	0.0047	4.0687	0.0023	727	0.0966	83.1647	0.0462
Casaeria corymbosa	44	2.6594	11.0090	3.4997	894	54.3571	225.0245	71.5349
Cascabela gaumeri	12	0.0170	7.6443	0.2969	252	0.3470	156.2501	6.0681
Cascabella thevetia	11	0.0021	1.7453	0.0021	224	0.0439	35.6746	0.0422
Casearia corymbosa	68	0.0754	21.4653	0.0715	1,398	1.5411	438.7516	1.4616
Ceiba aesculifolia	7	0.0958	13.6794	1.5800	140	1.9573	279.6074	32.2947
Chiococca alba	131	3.7744	450.0490	11.4266	2,683	77.1494	9,199.0009	233.5607
Chrysophyllum mexicanum	7	0.0347	18.5125	0.1435	140	0.7090	378.3958	2.9328
Coccoloba acapulcensis	4	0.0208	6.2519	0.0830	84	0.4260	127.7894	1.6957
Coccoloba cozumelensis	4	0.0673	23.2547	0.3587	84	1.3757	475.3270	7.3313
Coccoloba diversifolia	25	0.5397	27.1225	0.6300	503	11.0322	554.3831	12.8766
Coccoloba Itzeus	12	0.1350	29.4108	0.5687	252	2.7604	601.1559	11.6234
Coccoloba spicata	25	0.0385	52.3878	0.1761	503	0.7861	1,070.8067	3.6005

Especie	Abun / ha	Ab / ha	Cob copa/ ha	Vol tot / ha	Abun / 20.44ha	Ab / 20.44 ha	Cob copa/ 20.44 ha	Vol tot / 20.44 ha
Cordia alliodora	3	0.0289	13.6794	0.1670	56	0.5907	279.6074	3.4126
Cordia dodecandra	3	0.0349	5.4718	0.1321	56	0.7137	111.8430	2.7011
Croton reflexifolius	8	0.0006	2.3090	0.0004	168	0.0132	47.1959	0.0077
Cuphea utriculosa	1	0.0107	6.8397	0.0387	28	0.2196	139.8037	0.7906
Dendropanax arborea	8	0.0760	15.0474	0.2891	168	1.5526	307.5681	5.9082
Diospyros albens	22	0.2106	44.4581	1.0077	447	4.3042	908.7241	20.5984
Diospyros cuneata	21	0.2336	54.7177	0.8190	419	4.7742	1,118.4296	16.7404
Diospyros salicifolia	1	0.0130	2.7359	0.0390	28	0.2657	55.9215	0.7972
Diphysa carthagenensis	5	0.0737	10.2596	0.3170	112	1.5065	209.7056	6.4787
Dryapetes brownii	75	2.8611	33.2008	3.4894	1,537	58.4802	678.6249	71.3230
Esenbeckia berlandieri	19	1.7610	12.4590	2.1063	391	35.9951	254.6619	43.0535
Eugenia capuli	36	0.0326	29.1678	0.0963	727	0.6653	596.1901	1.9678
Eugenia mayana	96	5.2339	25.8202	4.1877	1,957	106.9799	527.7647	85.5967
Exothea diphylla	7	0.0411	13.0023	0.1354	140	0.8411	265.7669	2.7670
Ficus cotinifolia	36	0.8045	151.8416	4.2945	727	16.4439	3,103.6421	87.7787
Ficus obtucifolia	1	0.0430	6.8397	0.2063	28	0.8784	139.8037	4.2164
Ficus pertusa	15	0.1964	70.4490	0.8964	308	4.0144	1,439.9781	18.3215
Gliricidia sepium	3	0.0478	10.9435	0.2270	56	0.9772	223.6859	4.6393
Guettarda combsii	12	0.1436	43.0902	0.7150	252	2.9361	880.7633	14.6151
Guettarda elliptica	3	0.0262	6.8397	0.0980	56	0.5358	139.8037	2.0028
Gymnopodium flobundum	22	3.5354	27.0923	2.7736	447	72.2628	553.7672	56.6922
Hampea trilobata	16	0.0049	11.3304	0.0054	335	0.1010	231.5930	0.1106
Hippocratea excelsa	11	0.0039	9.6665	0.0036	224	0.0790	197.5825	0.0740
Hyperbaena winzerlingii	5	0.0017	2.7925	0.0012	112	0.0351	57.0794	0.0237
Jacquinia aurantiaca	5	0.0017	23.2478	0.0015	112	0.0351	475.1858	0.0306
Jaquinia macrocarpa	3	0.0002	0.2631	0.0001	56	0.0044	5.3786	0.0026

Especie	Abun / ha	Ab / ha	Cob copa/ ha	Vol tot / ha	Abun / 20.44ha	Ab / 20.44 ha	Cob copa/ 20.44 ha	Vol tot / 20.44 ha
Jatropha gaumeri	5	0.0017	1.8259	0.0007	112	0.0351	37.3211	0.0148
Lonchocarpus rugosus	55	1.3534	143.7602	3.3801	1,118	27.6644	2,938.4586	69.0886
Lysiloma latisiliquum	120	4.3295	619.6778	22.7840	2,461	88.4959	12,666.2152	465.7042
Malpighia clavera	15	0.1734	68.3971	0.6947	308	3.5444	1,398.0370	14.2000
Malvaviscus arboreus	26	0.0437	81.3812	0.1015	531	0.8936	1,663.4308	2.0748
Manilkara achras	49	0.6554	102.9682	3.2613	1,006	13.3955	2,104.6696	66.6610
Metopium brownei	79	1.6351	326.2542	8.3911	1,622	33.4215	6,668.6365	171.5148
Myrciaria floribunda	16	0.0013	2.9642	0.0009	335	0.0263	60.5876	0.0189
Nectandra coriacea	176	1.2983	56.7757	1.4245	3,606	26.5376	1,160.4956	29.1163
Neea psychotrioides	22	0.2999	88.2323	1.4471	447	6.1291	1,803.4677	29.5793
Neomillspaughia emarginata	16	0.0140	42.9621	0.0197	335	0.2854	878.1443	0.4033
Oxandra lanceolata	27	0.1012	35.3772	0.3847	559	2.0686	723.1104	7.8635
Paratesis cubana	11	0.0009	1.1471	0.0004	224	0.0176	23.4465	0.0084
Paulinia cururu	5	0.0028	1.9333	0.0020	112	0.0571	39.5165	0.0406
Piscidia piscipula	27	0.4883	103.2796	2.6089	559	9.9810	2,111.0359	53.3268
Platymiscium yucatanum	10	0.1699	46.5100	0.9191	196	3.4719	950.6652	18.7867
Plumeria obtusa	1	0.0155	4.1038	0.0928	28	0.3162	83.8822	1.8974
Pouteria campechiana	1	0.0107	2.7359	0.0516	28	0.2196	55.9215	1.0541
Psychotria nervosa	22	0.0211	23.6291	0.0171	447	0.4303	482.9794	0.3485
Randia abscordata	16	0.0062	10.0413	0.0050	335	0.1273	205.2443	0.1026
Randia aculeata	145	2.2699	118.8330	2.0130	2,963	46.3968	2,428.9472	41.1466
Rehdera trinervis	1	0.0275	5.4718	0.1155	28	0.5622	111.8430	2.3612
Sabal mexicana	4	0.2060	49.2459	0.8430	84	4.2098	1,006.5866	17.2305
Sabal yapa	12	0.1054	18.1144	0.3861	252	2.1542	370.2593	7.8912
Samida yucatanensis	8	0.0037	3.9740	0.0056	168	0.0746	81.2284	0.1151
Sapranthus campechianus	8	0.0030	22.4692	0.0030	168	0.0615	459.2695	0.0616

Especie	Abun / ha	Ab / ha	Cob copa/ ha	Vol tot / ha	Abun / 20.44ha	Ab / 20.44 ha	Cob copa/ 20.44 ha	Vol tot / 20.44 ha
Sideroxylon salicifolium	1	0.0430	10.9435	0.2836	28	0.8784	223.6859	5.7975
Simarouba glauca	7	0.1248	21.8871	0.5775	140	2.5518	447.3718	11.8033
Swartzia cubensis	7	0.1609	35.5665	0.9264	140	3.2897	726.9792	18.9355
Talisia olivaeformis	1	0.0348	13.6794	0.1880	28	0.7115	279.6074	3.8422
Thouinia paucidentata	15	0.1711	36.3873	0.7852	308	3.4983	743.7557	16.0500
Trichilia glabra	14	0.2271	62.9253	1.0105	280	4.6424	1,286.1940	20.6550
Trichilia havanensis	4	0.0419	10.9435	0.2056	84	0.8565	223.6859	4.2019
Vitex gaumeri	33	0.8202	173.7287	3.4762	671	16.7645	3,551.0140	71.0541
Zanthoxylum fagara	3	0.0019	2.1481	0.0014	56	0.0395	43.9072	0.0285
Zantoxylon caribaeum	14	0.0011	6.5732	0.0009	280	0.0220	134.3561	0.0187
Zuelania guidonia	10	0.1224	21.2031	0.6311	196	2.5013	433.3915	12.8995
TOTALES	**2,265**	**54.8989**	**4,505.1113**	**154.7828**	**46,294**	**1122.1342**	**92,084.4752**	**3,163.7597**

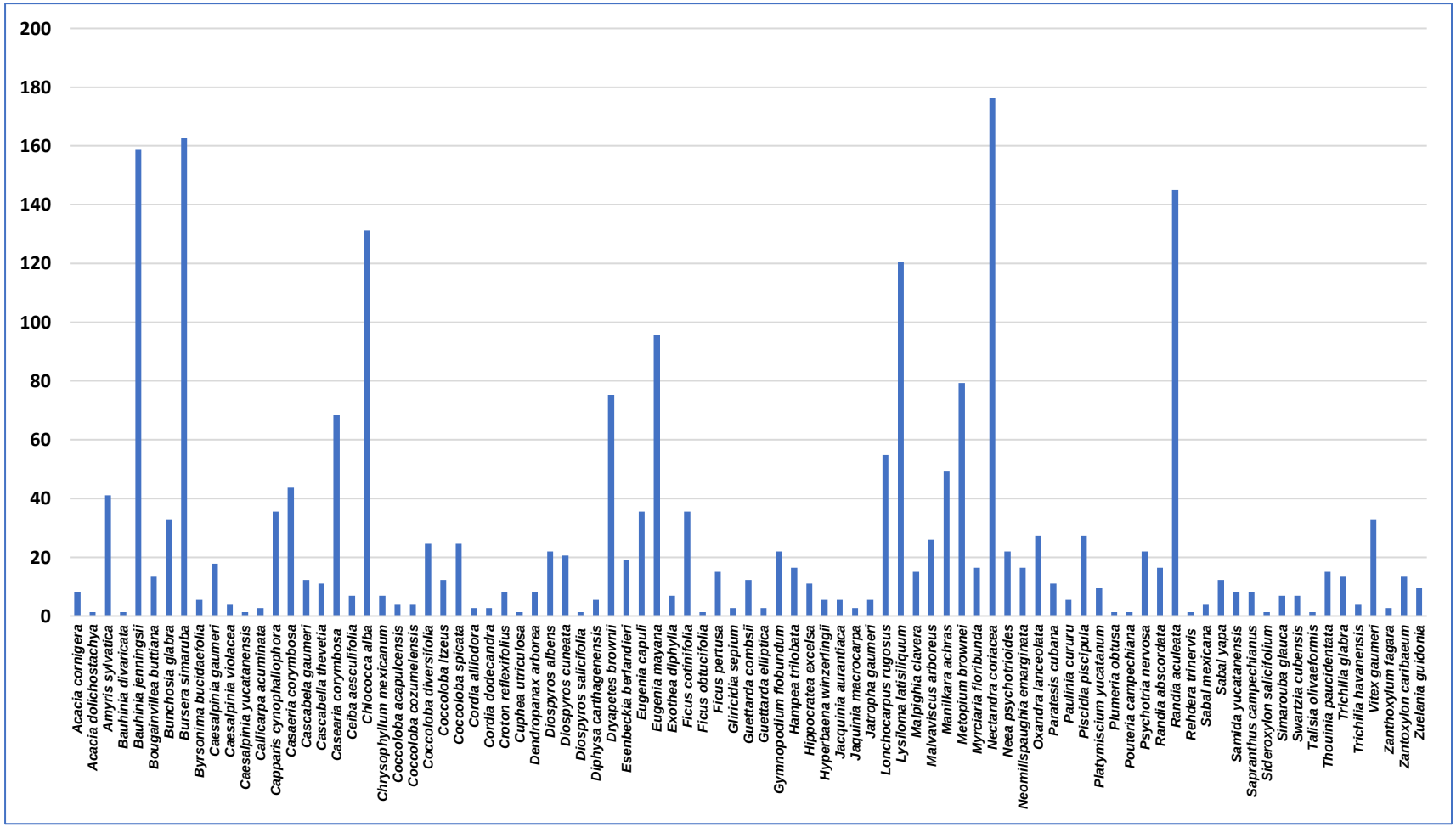


Figura 10. Número de individuos leñosos/ha y por especie en el estrato alto del área de estudio (CUSTF).

No se observó ninguna especie que ostentara una abundancia notoriamente mayor al resto. De esta forma tenemos que la especie más abundante es *Bursera simaruba* con solamente el 7.19% de la abundancia total en el estrato alto.

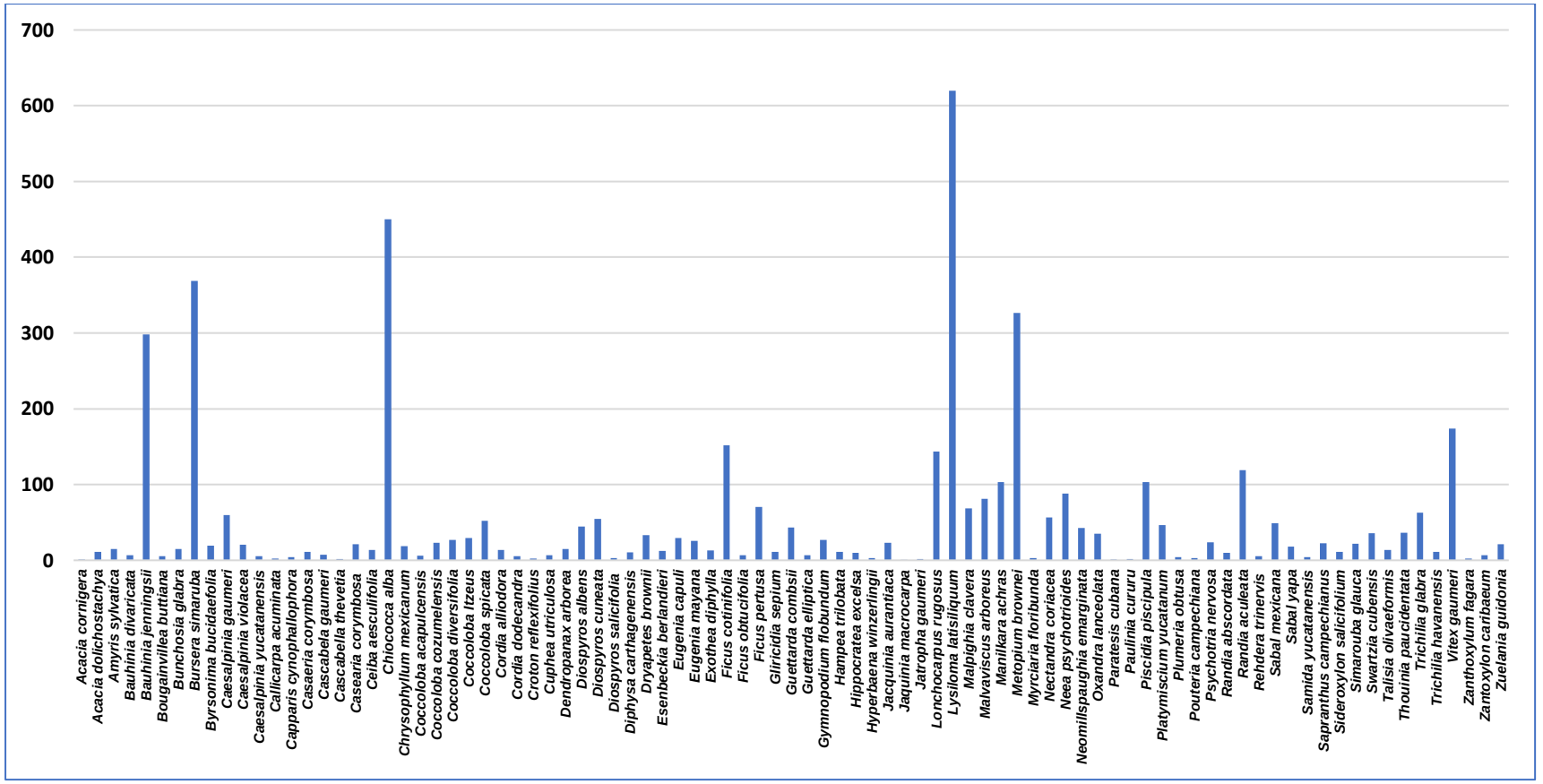


Figura 11. Cobertura/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF).

La cobertura total/ha es dominada por *Lysiloma latisiliquum* con solo el 13.75% de la cobertura de copa total en el área de estudio.

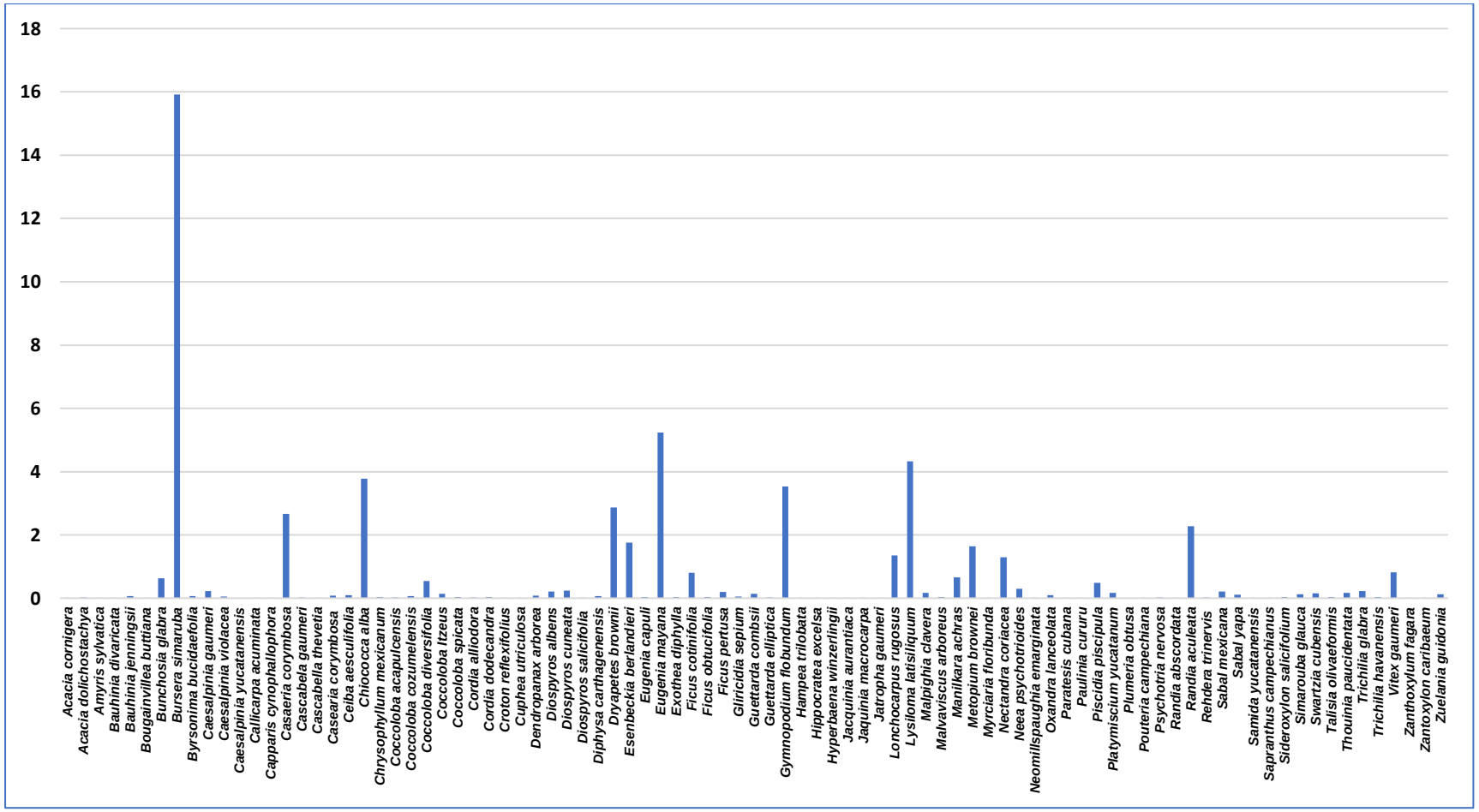


Figura 12. Área basal/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF).

Para el parámetro de área basal/ha, la especie más importante es *Bursera simaruba* con el 29.00% de dicho parámetro de interés forestal en el estrato alto del área de estudio.

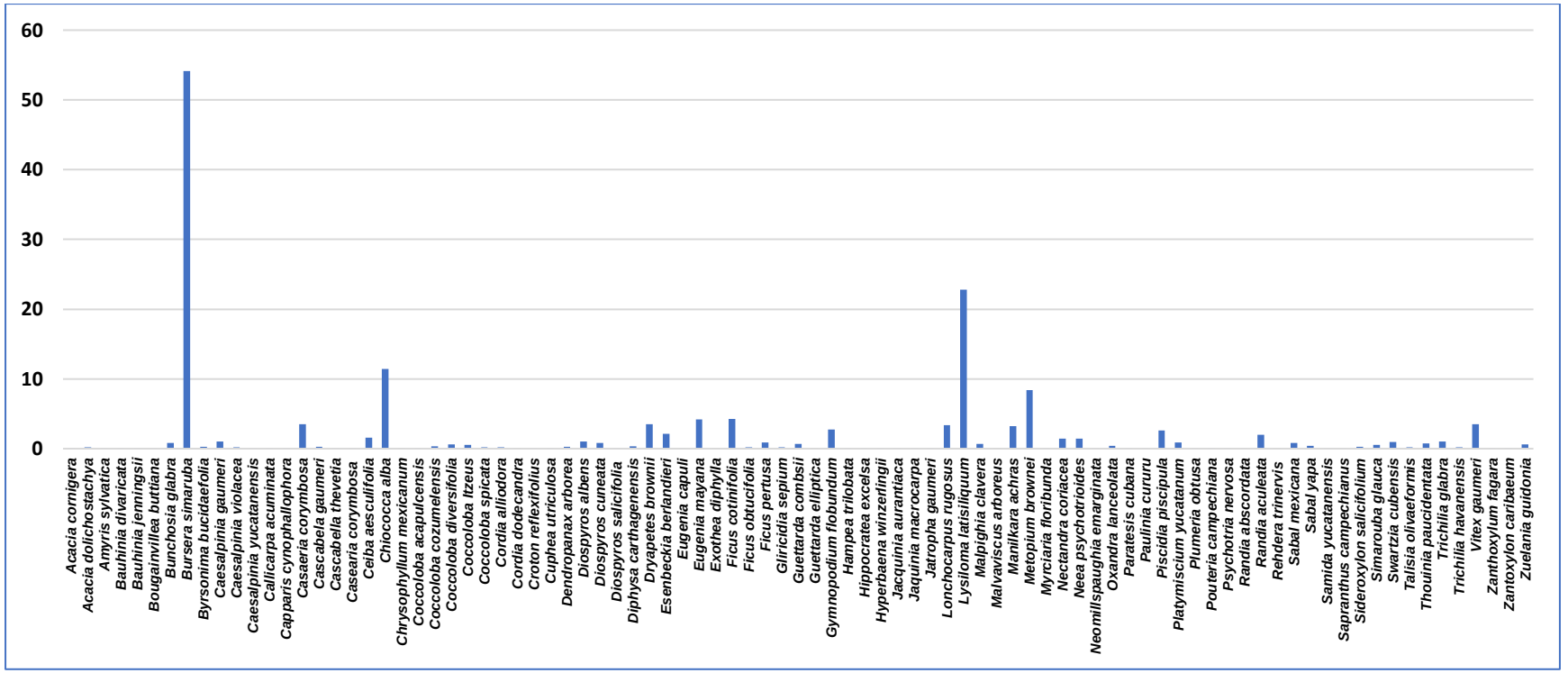


Figura 13. Volumen maderable total/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio (CUSTF).

En el caso del volumen total/ha en el área propuesta para el CUSTF, tenemos que también destaca *Bursera simaruba* con el 34.98% y *Lysiloma latisiliquum* con un 14.72&. De tal forma que estas dos especies llegan al 49.70% del volumen leñoso/ha que se encuentra presente en el área propuesta para el proyecto.

Con relación a las especies no leñosas, es importante mencionar que debido a que *Thrinax radiata, Coccothrinax readii y Acaelorraphe wrigthi* se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales se encuentran en calidad de amenazadas (A); mismas que fueron completamente excluidas de los trabajos de remoción; si bien deberán ser reubicadas en las mejores áreas del sistema ambiental regional (SAR) para su establecimiento y desarrollo.

Tabla 22. Volumen de biomasa no leñosa/ha, por 20.44 ha (m^3) y por especie correspondiente a los estratos medio y bajo del área de estudio.

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	COB COPA/ HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44 HA	COB COPA / 20.44 HA	VOL TOT / 20.44 HA
Acrostichum danaeifolium	11	10.5593	0.3872	227	215.8314	7.9138
Amphilophium paniculathum	33	1.6799	0.0147	681	34.3368	0.3010
Anturio schlechtendalii	11	5.5851	0.1489	227	114.1588	3.0442
Anturio sp	67	9.1194	0.1333	1,363	186.3999	2.7236
Arrabidaea floribunda	511	104.7619	2.8564	10,447	2,141.3330	58.3844
Arrabidaea petellifera	89	9.0024	0.1160	1,817	184.0097	2.3713
Arrabidaea podopogon	67	16.3730	0.3093	1,363	334.6635	6.3211
Blechum sp.	222	1.8361	0.0069	4,542	37.5297	0.1405
Bromelia pinguin	33	9.2189	0.1824	681	188.4333	3.7287
Bromelia sp	11	3.6870	0.0799	227	75.3626	1.6329
Caladium bicolor	100	6.0214	0.0625	2,044	123.0774	1.2781
Chamaedorea seifrizii	78	3.1137	0.0284	1,590	63.6435	0.5798
Cnidoscolus aconitifolius	22	5.5013	0.1037	454	112.4464	2.1203
Croton malvaviciifolius	356	27.5763	0.3246	3,556	7,267.5556	563.6589
Cydista potosina	44	20.0713	0.5236	444	908.4444	410.2581
Diospyros albens	244	9.6351	0.1175	2,444	4,996.4444	196.9417
Elytraria imbricada	1,533	1277.3405	104.4544	15,333	31,341.3333	26,108.8404
Galactica striata	56	2.7925	0.0262	556	1,135.5556	57.0794
Henrya insularis	133	1.7471	0.0080	1,333	2,725.3333	35.7103
Heteropterys laurifolia	33	0.0122	0.0000	333	681.3333	0.2497
Lasiacis divaricata	11	0.0140	0.0000	111	227.1111	0.2854
Lasiacis ligulata	356	4.7674	0.0237	3,556	7,267.5556	97.4452
Morinda yucatanensis	278	24.1476	0.3001	2,778	5,677.7778	493.5761
Oeceoclades maculata	56	0.8238	0.0039	556	1,135.5556	16.8384
Olyra glaberrima	33	0.4931	0.0023	333	681.3333	10.0781

Olyra yucatanensis	478	72.3964	1.5238	4,778	9,765.7778	1,479.7830
Oncidium luridium	133	5.8041	0.0577	1,333	2,725.3333	118.6359
Passiflora coriacea	11	0.7854	0.0079	111	227.1111	16.0536
Paulinia cururu	233	502.0853	47.8785	2,333	4,769.3333	10,262.6230
Petrea volubilis	11	0.7854	0.0079	111	227.1111	16.0536
Polypodium macrophyllum	133	1.1851	0.0044	1,333	2,725.3333	24.2231
Scleria lithosperma	122	5.8931	0.0553	1,222	2,498.2222	120.4553
Serjania adiantoides	78	4.4288	0.0419	778	1,589.7778	90.5243
Smilax mollis	89	2.6930	0.0240	889	1,816.8889	55.0459
Tillandsia brachycaulos	333	7.1602	0.0427	3,333	6,813.3333	146.3551
TOTALES	**6,011**	**2159.0969**	**159.8577**	**73,219**	**101,014.7815**	**40,411.2542**

La abundancia está dominada por una sola especie, la cual es *Elytraria imbricata* con solo el 25.51% del total de la abundancia presente en los estratos medio y bajo del área de estudio. No se incluye a *Coccothrinax readii* ni a *Zamia lodigesii* por encontrarse listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de amenazada (A).

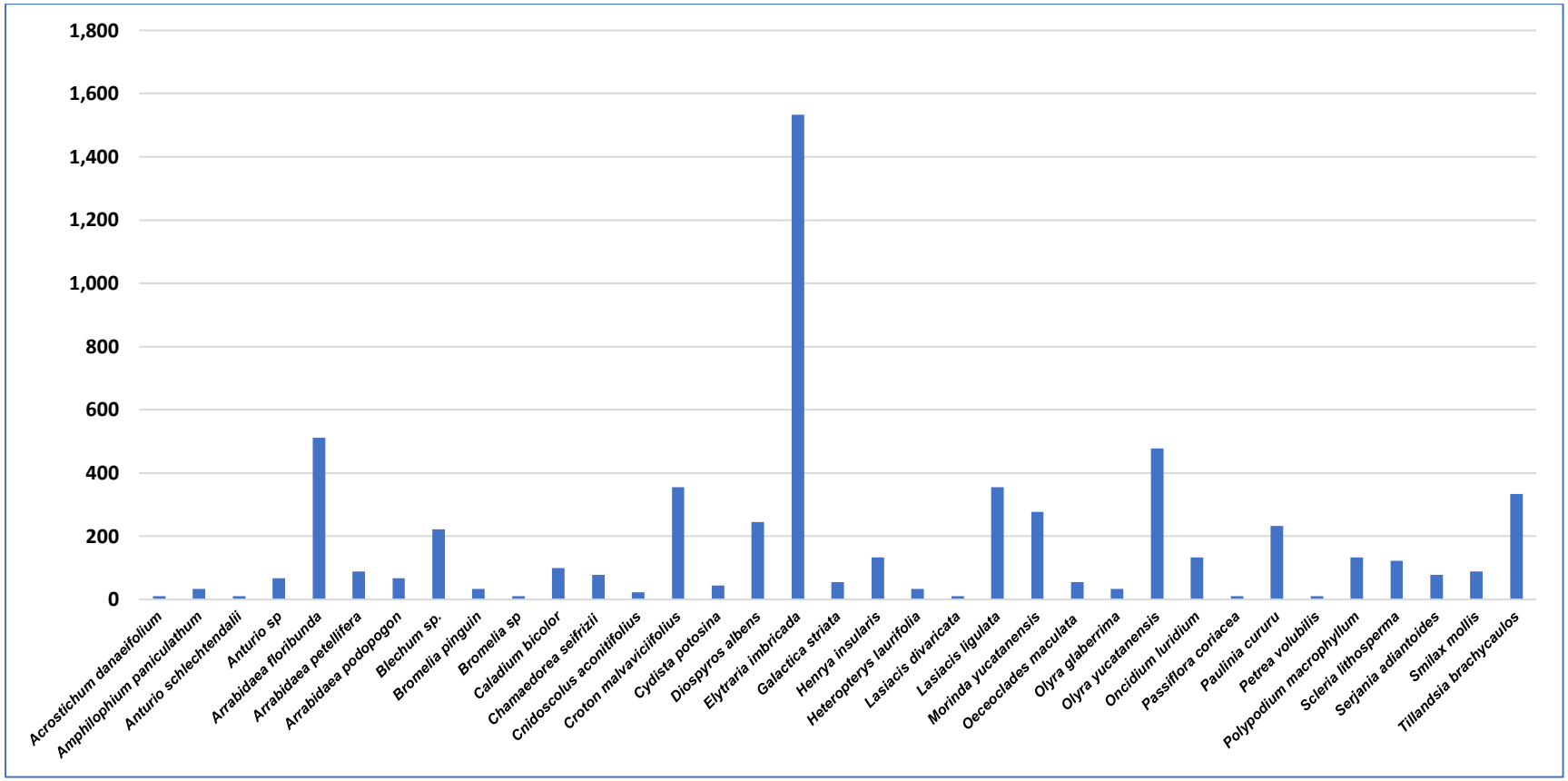


Figura 14. Número de individuos/ha y por especie correspondiente a las hierbas presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio.

Con relación a la cobertura de copa, únicamente sobresalen *Elytraria imbricata* con el 59.16% y *Paulinia cururu* con un 23.25%. En conjunto, estas dos especies representan el 82.42% de la cobertura total en los estratos medio y bajo del área propuesta para el proyecto.

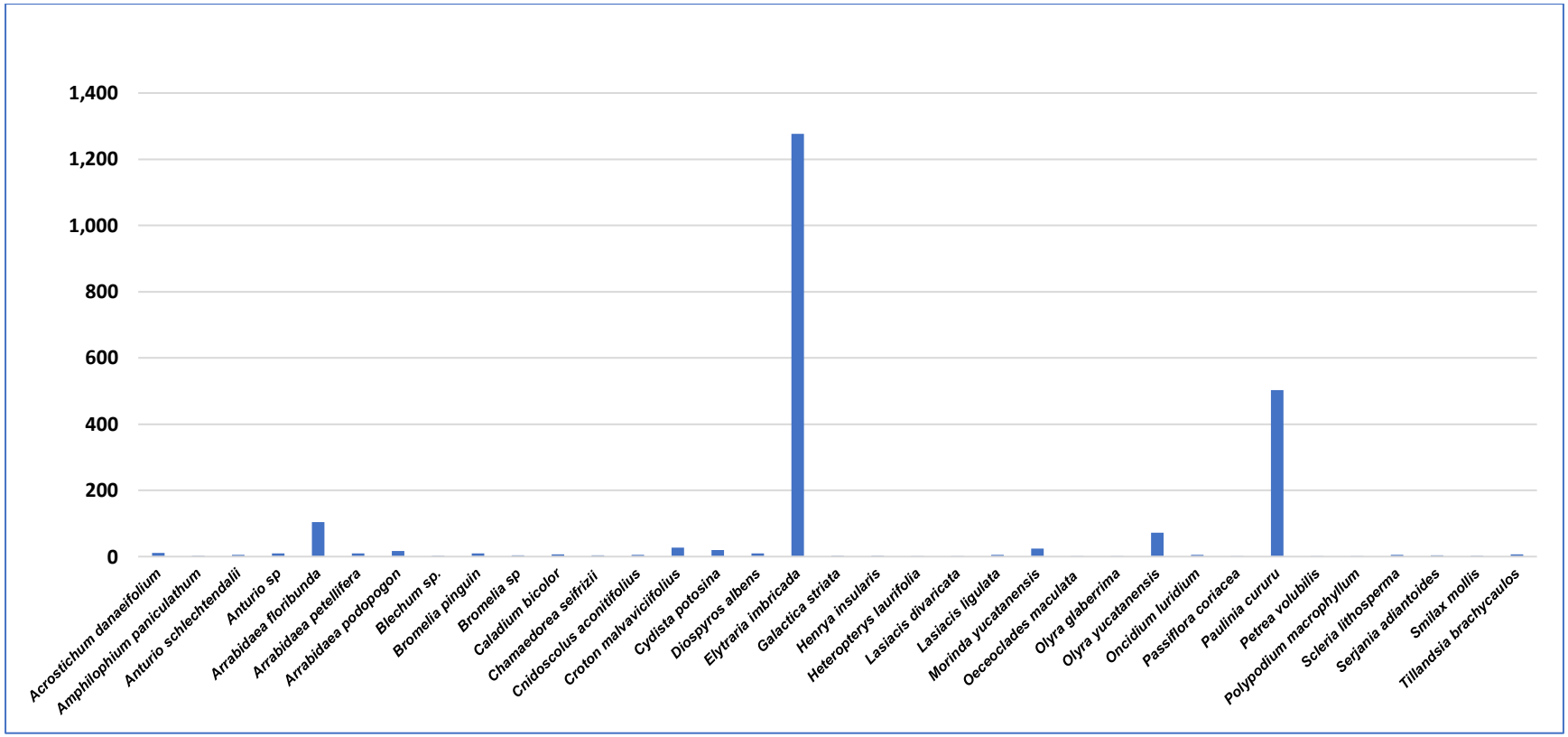


Figura 15. Cobertura de copa/ha y por especie (m²) correspondiente a los individuos presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio.

Finalmente, para el caso del volumen de biomasa no leñosa, se puede observar que dominan nuevamente *Elytraria imbricata* con 665.34% y *Paulinia cururu* con 29.95% del volumen total; de tal forma que en conjunto estas dos especies representan el 95.29% de la biomasa aérea no leñosa presente en los estratos medio y bajo del área de estudio.

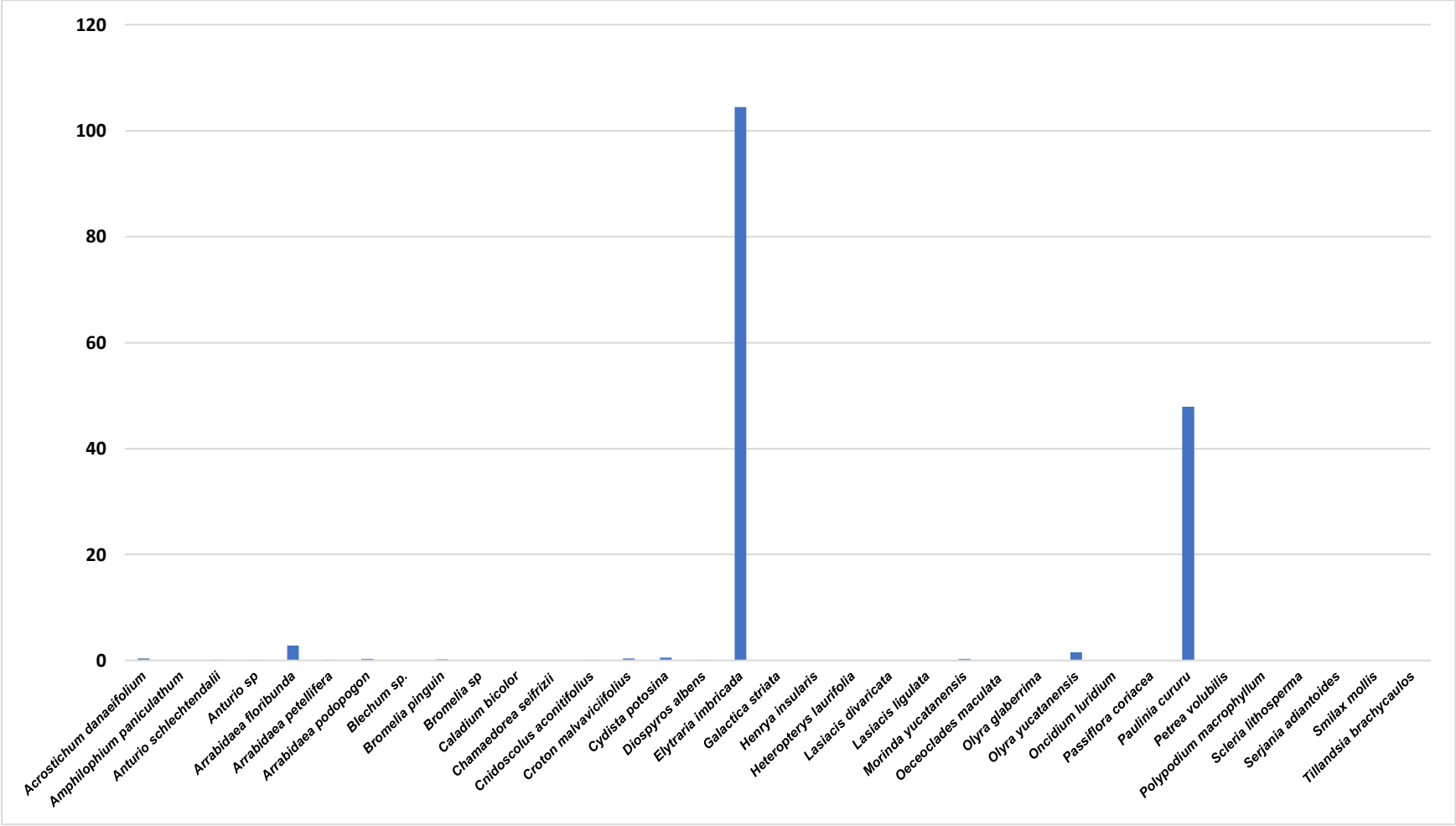


Figura 16. Volumen de biomasa no leñosa/ha y especie correspondiente a hierbas presentes en los estratos medio y bajo del área de estudio.

II.2.5.2 Número de individuos por especie que se espera remover

Tabla 23.Especies leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF).

ESPECIE	ABUN / HA	ABUN / 20.44HA
Acacia cornigera	8	168
Acacia dolichostachya	1	28
Amyris sylvatica	41	839
Bauhinia divaricata	1	28
Bauhinia jenningsii	159	3242
Bougainvillea buttiana	14	280
Bunchosia glabra	33	671
Bursera simaruba	163	3327
Byrsonima bucidaefolia	5	112
Caesalpinia gaumeri	18	363
Caesalpinia violacea	4	84
Caesalpinia yucatanensis	1	28
Callicarpa acuminata	3	56
Capparis cynophallophora	36	727
Casaeria corymbosa	44	894
Cascabela gaumeri	12	252
Cascabella thevetia	11	224
Casearia corymbosa	68	1398
Ceiba aesculifolia	7	140
Chiococca alba	131	2683
Chrysophyllum mexicanum	7	140
Coccoloba acapulcensis	4	84
Coccoloba cozumelensis	4	84
Coccoloba diversifolia	25	503
Coccoloba Itzeus	12	252
Coccoloba spicata	25	503
Cordia alliodora	3	56
Cordia dodecandra	3	56
Croton reflexifolius	8	168
Cuphea utriculosa	1	28
Dendropanax arborea	8	168
Diospyros albens	22	447
Diospyros cuneata	21	419
Diospyros salicifolia	1	28
Diphysa carthagenensis	5	112
Dryapetes brownii	75	1537
Esenbeckia berlandieri	19	391

ESPECIE	ABUN / HA	ABUN / 20.44HA
Eugenia capuli	36	727
Eugenia mayana	96	1957
Exothea diphylla	7	140
Ficus cotinifolia	36	727
Ficus obtucifolia	1	28
Ficus pertusa	15	308
Gliricidia sepium	3	56
Guettarda combsii	12	252
Guettarda elliptica	3	56
Gymnopodium flobundum	22	447
Hampea trilobata	16	335
Hippocratea excelsa	11	224
Hyperbaena winzerlingii	5	112
Jacquinia aurantiaca	5	112
Jaquinia macrocarpa	3	56
Jatropha gaumeri	5	112
Lonchocarpus rugosus	55	1118
Lysiloma latisiliquum	120	2461
Malpighia clavera	15	308
Malvaviscus arboreus	26	531
Manilkara achras	49	1006
Metopium brownei	79	1622
Myrciaria floribunda	16	335
Nectandra coriacea	176	3606
Neea psychotrioides	22	447
Neomillspaughia emarginata	16	335
Oxandra lanceolata	27	559
Paratesis cubana	11	224
Paulinia cururu	5	112
Piscidia piscipula	27	559
Platymiscium yucatanum	10	196
Plumeria obtusa	1	28
Pouteria campechiana	1	28
Psychotria nervosa	22	447
Randia abscordata	16	335
Randia aculeata	145	2963
Rehdera trinervis	1	28
Sabal mexicana	4	84
Sabal yapa	12	252

ESPECIE	ABUN / HA	ABUN / 20.44HA
Samida yucatanensis	8	168
Sapranthus campechianus	8	168
Sideroxylon salicifolium	1	28
Simarouba glauca	7	140
Swartzia cubensis	7	140
Talisia olivaeformis	1	28
Thouinia paucidentata	15	308
Trichilia glabra	14	280
Trichilia havanensis	4	84
Vitex gaumeri	33	671
Zanthoxylum fagara	3	56
Zantoxylon caribaeum	14	280
Zuelania guidonia	10	196
TOTALES	**2,265**	**46,294**

Se cuenta con un total de 46,294 individuos leñosos a remover en las 20.44 ha, los cuales están agrupadas en 89 especies distintas.

Tabla 24. Especies no leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF).

Especie	ABUN / HA	ABUN / 20.44 HA
Acrostichum danaeifolium	11	227
Amphilophium paniculathum	33	681
Anturio schlechtendalii	11	227
Anturio sp	67	1,363
Arrabidaea floribunda	511	10,447
Arrabidaea petellifera	89	1,817
Arrabidaea podopogon	67	1,363
Blechum sp.	222	4,542
Bromelia pinguin	33	681
Bromelia sp	11	227
Caladium bicolor	100	2,044
Chamaedorea seifrizii	78	1,590
Cnidoscolus aconitifolius	22	454
Croton malvaviciifolius	356	3,556
Cydista potosina	44	444
Diospyros albens	244	2,444
Elytraria imbricada	1,533	15,333
Galactica striata	56	556
Henrya insularis	133	1,333

Especie	ABUN / HA	ABUN / 20.44 HA
Heteropterys laurifolia	33	333
Lasiacis divaricata	11	111
Lasiacis ligulata	356	3,556
Morinda yucatanensis	278	2,778
Oeceoclades maculata	56	556
Olyra glaberrima	33	333
Olyra yucatanensis	478	4,778
Oncidium luridium	133	1,333
Passiflora coriacea	11	111
Paulinia cururu	233	2,333
Petrea volubilis	11	111
Polypodium macrophyllum	133	1,333
Scleria lithosperma	122	1,222
Serjania adiantoides	78	778
Smilax mollis	89	889
Tillandsia brachycaulos	333	3,333
TOTALES	**6,011**	**73,219**

No fueron considerados los individuos de las especies *Coccothrinax readii* y *Zamia lodigesii,* listadas como amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales deberán ser reubicadas. Se cuenta con un total de 73,219 individuos no leñosos a remover en las 20.44 ha, las cuales pertenecen a 35 especies distintas.

II.2.5.3 Estimación de existencias volumétricas

La superficie total del predio es de 500,000.00 m², es decir, 50.00 hectáreas y la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) corresponde a 204,400.00 m^2 (20.44 hectáreas), la cual representa el 40.88% de la superficie total del predio.

En el presente estudio, se analizaron los datos dasométricos de los individuos arbóreos, arbustivo y herbáceos muestreados para estimar el volumen susceptible de ser extraído para la eventual realización del CUSTF en la superficie solicitada para la ejecución del proyecto.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Excel, con el cual se obtuvieron los estimadores de las variables dasométricas tales como cobertura de copa, área basal y volumen total.

Tabla 25. Volumen leñoso total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF)

ESPECIE	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Acacia cornigera	0.0039	0.0795
Acacia dolichostachya	0.1863	3.8079

ESPECIE	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Amyris sylvatica	0.0032	0.0647
Bauhinia divaricata	0.0580	1.1859
Bauhinia jenningsii	0.0751	1.5361
Bougainvillea buttiana	0.0025	0.0503
Bunchosia glabra	0.8041	16.4349
Bursera simaruba	54.1423	1,106.6693
Byrsonima bucidaefolia	0.2490	5.0889
Caesalpinia gaumeri	1.0421	21.3005
Caesalpinia violacea	0.2155	4.4038
Caesalpinia yucatanensis	0.0743	1.5179
Callicarpa acuminata	0.0002	0.0040
Capparis cynophallophora	0.0023	0.0462
Casaeria corymbosa	3.4997	71.5349
Cascabela gaumeri	0.2969	6.0681
Cascabella thevetia	0.0021	0.0422
Casearia corymbosa	0.0715	1.4616
Ceiba aesculifolia	1.5800	32.2947
Chiococca alba	11.4266	233.5607
Chrysophyllum mexicanum	0.1435	2.9328
Coccoloba acapulcensis	0.0830	1.6957
Coccoloba cozumelensis	0.3587	7.3313
Coccoloba diversifolia	0.6300	12.8766
Coccoloba Itzeus	0.5687	11.6234
Coccoloba spicata	0.1761	3.6005
Cordia alliodora	0.1670	3.4126
Cordia dodecandra	0.1321	2.7011
Croton reflexifolius	0.0004	0.0077
Cuphea utriculosa	0.0387	0.7906
Dendropanax arborea	0.2891	5.9082
Diospyros albens	1.0077	20.5984
Diospyros cuneata	0.8190	16.7404
Diospyros salicifolia	0.0390	0.7972
Diphysa carthagenensis	0.3170	6.4787
Dryapetes brownii	3.4894	71.3230
Esenbeckia berlandieri	2.1063	43.0535
Eugenia capuli	0.0963	1.9678
Eugenia mayana	4.1877	85.5967
Exothea diphylla	0.1354	2.7670
Ficus cotinifolia	4.2945	87.7787

ESPECIE	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Ficus obtucifolia	0.2063	4.2164
Ficus pertusa	0.8964	18.3215
Gliricidia sepium	0.2270	4.6393
Guettarda combsii	0.7150	14.6151
Guettarda elliptica	0.0980	2.0028
Gymnopodium flobundum	2.7736	56.6922
Hampea trilobata	0.0054	0.1106
Hippocratea excelsa	0.0036	0.0740
Hyperbaena winzerlingii	0.0012	0.0237
Jacquinia aurantiaca	0.0015	0.0306
Jaquinia macrocarpa	0.0001	0.0026
Jatropha gaumeri	0.0007	0.0148
Lonchocarpus rugosus	3.3801	69.0886
Lysiloma latisiliquum	22.7840	465.7042
Malpighia clavera	0.6947	14.2000
Malvaviscus arboreus	0.1015	2.0748
Manilkara achras	3.2613	66.6610
Metopium brownei	8.3911	171.5148
Myrciaria floribunda	0.0009	0.0189
Nectandra coriacea	1.4245	29.1163
Neea psychotrioides	1.4471	29.5793
Neomillspaughia emarginata	0.0197	0.4033
Oxandra lanceolata	0.3847	7.8635
Paratesis cubana	0.0004	0.0084
Paulinia cururu	0.0020	0.0406
Piscidia piscipula	2.6089	53.3268
Platymiscium yucatanum	0.9191	18.7867
Plumeria obtusa	0.0928	1.8974
Pouteria campechiana	0.0516	1.0541
Psychotria nervosa	0.0171	0.3485
Randia abscordata	0.0050	0.1026
Randia aculeata	2.0130	41.1466
Rehdera trinervis	0.1155	2.3612
Sabal mexicana	0.8430	17.2305
Sabal yapa	0.3861	7.8912
Samida yucatanensis	0.0056	0.1151
Sapranthus campechianus	0.0030	0.0616
Sideroxylon salicifolium	0.2836	5.7975
Simarouba glauca	0.5775	11.8033

ESPECIE	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Swartzia cubensis	0.9264	18.9355
Talisia olivaeformis	0.1880	3.8422
Thouinia paucidentata	0.7852	16.0500
Trichilia glabra	1.0105	20.6550
Trichilia havanensis	0.2056	4.2019
Vitex gaumeri	3.4762	71.0541
Zanthoxylum fagara	0.0014	0.0285
Zantoxylon caribaeum	0.0009	0.0187
Zuelania guidonia	0.6311	12.8995
TOTALES	**154.7828**	**3,163.7597**

Con lo cual se obtuvo como volumen leñoso a remover un total de 3,163.7597 (m^3), en las 20.44 ha propuestas para el CUSTF, las cuales pertenecen a 89 especies distintas.

Tabla 26. Biomasa no leñosa total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF)

Especie	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Acrostichum danaeifolium	0.3872	7.9138
Amphilophium paniculathum	0.0147	0.3010
Anturio schlechtendalii	0.1489	3.0442
Anturio sp	0.1333	2.7236
Arrabidaea floribunda	2.8564	58.3844
Arrabidaea petellifera	0.1160	2.3713
Arrabidaea podopogon	0.3093	6.3211
Blechum sp.	0.0069	0.1405
Bromelia pinguin	0.1824	3.7287
Bromelia sp	0.0799	1.6329
Caladium bicolor	0.0625	1.2781
Chamaedorea seifrizii	0.0284	0.5798
Cnidoscolus aconitifolius	0.1037	2.1203
Croton malvaviciifolius	0.3246	563.6589
Cydista potosina	0.5236	410.2581
Diospyros albens	0.1175	196.9417
Elytraria imbricada	104.4544	26,108.8404
Galactica striata	0.0262	57.0794
Henrya insularis	0.0080	35.7103
Heteropterys laurifolia	0.0000	0.2497
Lasiacis divaricata	0.0000	0.2854
Lasiacis ligulata	0.0237	97.4452

Especie	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.44 HA
Morinda yucatanensis	0.3001	493.5761
Oeceoclades maculata	0.0039	16.8384
Olyra glaberrima	0.0023	10.0781
Olyra yucatanensis	1.5238	1,479.7830
Oncidium luridium	0.0577	118.6359
Passiflora coriacea	0.0079	16.0536
Paulinia cururu	47.8785	10,262.6230
Petrea volubilis	0.0079	16.0536
Polypodium macrophyllum	0.0044	24.2231
Scleria lithosperma	0.0553	120.4553
Serjania adiantoides	0.0419	90.5243
Smilax mollis	0.0240	55.0459
Tillandsia brachycaulos	0.0427	146.3551
TOTALES	**159.8577**	**40,411.2542**

De esta forma, eventualmente se removerán 40,411.2542 m³ de biomasa no leñosa presente en las 20.44 ha que es el área propuesta para el CUSTF, las cuales pertenecen a 35 especies distintas. Tampoco fueron considerados los individuos de las especies *Coccothrinax readii* y *Zamia lodigesii,* listadas como amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

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

Para la estimación económica de los recursos forestales maderables presentes en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se consideraron las 89 especies leñosas y el número total de individuos a remover en la superficie ya mencionada (20.44 ha).

A continuación, se presenta el listado de especies con la valoración económica obtenida:

Tabla 27. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF).

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Acacia cornigera	8	0.0039	168	0.0795	$31.80
Acacia dolichostachya	1	0.1863	28	3.8079	$1,523.17
Amyris sylvatica	41	0.0032	839	0.0647	$25.89
Bauhinia divaricata	1	0.0580	28	1.1859	$474.34
Bauhinia jenningsii	159	0.0751	3,242	1.5361	$614.42
Bougainvillea buttiana	14	0.0025	280	0.0503	$20.13
Bunchosia glabra	33	0.8041	671	16.4349	$6,573.94
Bursera simaruba	163	54.1423	3,327	1,106.6693	$442,667.73

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Byrsonima bucidaefolia	5	0.2490	112	5.0889	$2,035.54
Caesalpinia gaumeri	18	1.0421	363	21.3005	$8,520.20
Caesalpinia violacea	4	0.2155	84	4.4038	$1,761.53
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0743	28	1.5179	$607.16
Callicarpa acuminata	3	0.0002	56	0.0040	$1.58
Capparis cynophallophora	36	0.0023	727	0.0462	$18.49
Casaeria corymbosa	44	3.4997	894	71.5349	$28,613.95
Cascabela gaumeri	12	0.2969	252	6.0681	$2,427.24
Cascabella thevetia	11	0.0021	224	0.0422	$16.86
Casearia corymbosa	68	0.0715	1,398	1.4616	$584.63
Ceiba aesculifolia	7	1.5800	140	32.2947	$12,917.86
Chiococca alba	131	11.4266	2,683	233.5607	$93,424.26
Chrysophyllum mexicanum	7	0.1435	140	2.9328	$1,173.10
Coccoloba acapulcensis	4	0.0830	84	1.6957	$678.29
Coccoloba cozumelensis	4	0.3587	84	7.3313	$2,932.52
Coccoloba diversifolia	25	0.6300	503	12.8766	$5,150.66
Coccoloba Itzeus	12	0.5687	252	11.6234	$4,649.36
Coccoloba spicata	25	0.1761	503	3.6005	$1,440.19
Cordia alliodora	3	0.1670	56	3.4126	$1,365.06
Cordia dodecandra	3	0.1321	56	2.7011	$1,080.45
Croton reflexifolius	8	0.0004	168	0.0077	$3.10
Cuphea utriculosa	1	0.0387	28	0.7906	$316.23
Dendropanax arborea	8	0.2891	168	5.9082	$2,363.29
Diospyros albens	22	1.0077	447	20.5984	$8,239.35
Diospyros cuneata	21	0.8190	419	16.7404	$6,696.15
Diospyros salicifolia	1	0.0390	28	0.7972	$318.86
Diphysa carthagenensis	5	0.3170	112	6.4787	$2,591.50
Dryapetes brownii	75	3.4894	1,537	71.3230	$28,529.22
Esenbeckia berlandieri	19	2.1063	391	43.0535	$17,221.39
Eugenia capuli	36	0.0963	727	1.9678	$787.12
Eugenia mayana	96	4.1877	1,957	85.5967	$34,238.67
Exothea diphylla	7	0.1354	140	2.7670	$1,106.79
Ficus cotinifolia	36	4.2945	727	87.7787	$35,111.46
Ficus obtucifolia	1	0.2063	28	4.2164	$1,686.56
Ficus pertusa	15	0.8964	308	18.3215	$7,328.61
Gliricidia sepium	3	0.2270	56	4.6393	$1,855.74
Guettarda combsii	12	0.7150	252	14.6151	$5,846.02
Guettarda elliptica	3	0.0980	56	2.0028	$801.11
Gymnopodium flobundum	22	2.7736	447	56.6922	$22,676.87

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Hampea trilobata	16	0.0054	335	0.1106	$44.26
Hippocratea excelsa	11	0.0036	224	0.0740	$29.61
Hyperbaena winzerlingii	5	0.0012	112	0.0237	$9.48
Jacquinia aurantiaca	5	0.0015	112	0.0306	$12.22
Jaquinia macrocarpa	3	0.0001	56	0.0026	$1.05
Jatropha gaumeri	5	0.0007	112	0.0148	$5.90
Lonchocarpus rugosus	55	3.3801	1,118	69.0886	$27,635.46
Lysiloma latisiliquum	120	22.7840	2,461	465.7042	$186,281.70
Malpighia clavera	15	0.6947	308	14.2000	$5,680.00
Malvaviscus arboreus	26	0.1015	531	2.0748	$829.92
Manilkara achras	49	3.2613	1,006	66.6610	$26,664.41
Metopium brownei	79	8.3911	1,622	171.5148	$68,605.94
Myrciaria floribunda	16	0.0009	335	0.0189	$7.56
Nectandra coriacea	176	1.4245	3,606	29.1163	$11,646.51
Neea psychotrioides	22	1.4471	447	29.5793	$11,831.72
Neomillspaughia emarginata	16	0.0197	335	0.4033	$161.33
Oxandra lanceolata	27	0.3847	559	7.8635	$3,145.38
Paratesis cubana	11	0.0004	224	0.0084	$3.37
Paulinia cururu	5	0.0020	112	0.0406	$16.23
Piscidia piscipula	27	2.6089	559	53.3268	$21,330.72
Platymiscium yucatanum	10	0.9191	196	18.7867	$7,514.66
Plumeria obtusa	1	0.0928	28	1.8974	$758.95
Pouteria campechiana	1	0.0516	28	1.0541	$421.64
Psychotria nervosa	22	0.0171	447	0.3485	$139.41
Randia abscordata	16	0.0050	335	0.1026	$41.04
Randia aculeata	145	2.0130	2,963	41.1466	$16,458.62
Rehdera trinervis	1	0.1155	28	2.3612	$944.47
Sabal mexicana	4	0.8430	84	17.2305	$6,892.22
Sabal yapa	12	0.3861	252	7.8912	$3,156.48
Samida yucatanensis	8	0.0056	168	0.1151	$46.05
Sapranthus campechianus	8	0.0030	168	0.0616	$24.66
Sideroxylon salicifolium	1	0.2836	28	5.7975	$2,319.01
Simarouba glauca	7	0.5775	140	11.8033	$4,721.30
Swartzia cubensis	7	0.9264	140	18.9355	$7,574.22
Talisia olivaeformis	1	0.1880	28	3.8422	$1,536.87
Thouinia paucidentata	15	0.7852	308	16.0500	$6,419.98
Trichilia glabra	14	1.0105	280	20.6550	$8,262.02
Trichilia havanensis	4	0.2056	84	4.2019	$1,680.76
Vitex gaumeri	33	3.4762	671	71.0541	$28,421.63

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Zanthoxylum fagara	3	0.0014	56	0.0285	$11.38
Zantoxylon caribaeum	14	0.0009	280	0.0187	$7.48
Zuelania guidonia	10	0.6311	196	12.8995	$5,159.81
TOTALES	**2,265**	**154.7828**	**46,294**	**3,163.7597**	**$1,265,503.88**

De esta forma resulta que el valor económico estimado para las materias primas forestales que pudieran generarse con motivo del eventual cambio de uso de suelo propuesto en 204,400.00 m^2 (20.44 ha) asciende a $1' 265,503.88 M.N.

II.2.6.1 Clasificación para la valoración económica

Los recursos biológicos generalmente son comercializados para su uso directo, existiendo mercados donde se fijan sus precios. En otros casos, los recursos se valoran a través del precio de recursos asociados o substitutos que se comercializan.

En contraste, para la valoración de los usos indirectos que proporcionan los servicios ambientales, en general no existen mercados, y se debe recurrir a mercados simulados y a otros métodos de valoración.

Se han desarrollado otras técnicas como la del cambio de productividad. Por ejemplo, la pérdida de los bosques puede disminuir la productividad agrícola (a precios de mercado) al degradarse los servicios ambientales prestados por ellos, tales como la conservación del suelo y el agua, el control de inundaciones o la protección contra el viento. De esta forma resulta que el costo de oportunidad o el valor neto de la producción perdida se convierte en una medida de valor del servicio ambiental del bosque para la agricultura. La ganancia perdida puede considerarse como la máxima disposición de pagar por parte de los agricultores, para evitar el daño.

Con el mercado sustituto se obtiene una curva de demanda subrogada; de esta forma se utiliza la información de precios en mercados reales para calcular de manera indirecta los beneficios de los bienes o servicios de la biodiversidad para los cuales no existen mercados.

Con los precios hedónicos, se separa el componente ambiental y se compara el precio de mercado del bien con otro que carezca de los atributos ambientales. De esta forma se estima el valor adicional de un inmueble por encontrarse en un bosque o en un sitio con paisaje natural excepcional.

Valor económico total: El valor económico total (VET) es una metodología de valoración económica internacionalmente reconocida y aplicable, entre otros campos, para la valoración económica de la biodiversidad. Se obtiene a partir del Valor de Uso (VU) y el Valor de No-Uso (VNU) de sus funciones y servicios ambientales.

El VET es la cantidad del recurso expresado en unidades monetarias, que la sociedad podría dejar de percibir si el ecosistema en cuestión se perdiera. Este valor se obtiene como resultado de la suma

de los valores de los distintos componentes que se pueden derivar del ecosistema (en este caso, el ecosistema de duna costera). Por tanto:

VET = VALOR DE USO + VALOR DE NO USO

El Valor de Uso que se asocia a algún tipo de interacción entre el hombre y el medio natural, y tiene que ver con el bienestar que tal uso proporciona a los agentes económicos, puede adquirir las tres formas siguientes:

- El Valor de Uso Directo (VUD) corresponde al aprovechamiento más rentable, o más común, o más frecuente del recurso. Es lo que la flora y vegetación brindan para usos socioeconómicos (maderable, medicinal, melífero, artesanía, etc.), así como en la posibilidad de hacer excursiones o recrearse con la naturaleza.
- El Valor de Uso Indirecto (VUI) corresponde a las funciones ecológicas o ecosistémicas. Estas funciones ecológicas cumplen un rol de regulador o de apoyo a las actividades económicas que se asocian al recurso. El mayor problema con el Uso Indirecto es su casi total ausencia de los mercados, por lo que es difícil darle valor y no se le considera normalmente en la toma de decisiones económicas.
- El Valor de Opción (VO) corresponde a lo que los individuos están dispuestos a pagar para permitir el uso futuro del recurso. Es decir, no para usarlo hoy sino para mañana, sea en cualquiera de las posibilidades ya señaladas. Es algo así como un seguro, cuyo objetivo es precaverse ante un futuro incierto. Entre las funciones y servicios ambientales de la vegetación en el predio del proyecto se presentan VUD y VUI:

Tabla 28. Servicios ambientales VUD y VUI

VUD:	**VUI:**
Sitio para actividades productivas. Productos maderables Fuente de polen y néctar para la apicultura Plantas ornamentales	Recicladora de CO2 Fuente de materia orgánica e inorgánica Control de la erosión Preservador de corredor biológico Formadora de suelos Filtro de agua Protección de la cuenca Retención de nutrientes

VET = VALOR DE USO + VALOR DE NO USO

El VO queda asociado a: - Fuente de materia prima para la elaboración de medicamentos naturales - Plantas medicinales - Uso en las artesanías.

El Valor de No-Uso, que a diferencia del anterior no implica interacciones hombre-medio, se asocia al valor intrínseco del medio ambiente, y suele conocerse como Valor de existencia.

El Valor de Existencia (VE) corresponde a lo que ciertos individuos, por razones éticas, culturales o altruistas, están dispuestos a pagar para que no se utilice el recurso ambiental, sin relación con usos actuales o futuros. En otras palabras, la actitud de los amantes de las especies salvajes o nativas, de la belleza natural, de la salvación de ecosistemas únicos.

Entre las funciones y servicios ambientales de la vegetación de sitio del proyecto que representan un VNU se pueden mencionar las siguientes:

- Especies de flora.
- Hábitat de especies de fauna

De esta manera queda claro que el análisis económico debe reforzar el criterio de que la protección, el uso sostenible de la zona de selva tropical son aspectos relevantes para el funcionamiento y desarrollo sostenible de las principales actividades socioeconómicas del territorio.

Según se ha podido constatar en la literatura internacional y nacional consultada, ninguna investigación de esta naturaleza ha logrado calcular todo el VET de un ecosistema.

Con el método de gastos de viaje, se realizan observaciones de las visitas realizadas tomando en cuenta las distancias de viaje para construir una curva de demanda. De esta forma, los gastos efectuados por los usuarios se utilizan como una aproximación para valorar sitios recreacionales (Perrings C. et al., 1995).

En el método de los gastos preventivos y defensivos se interpretan los gastos como un indicador de los beneficios ambientales resultantes. Se usan para medir los gastos de gobiernos, empresas y particulares para reducir los efectos ambientales no deseados.

Con la valoración contingente, se les pregunta a las personas cuánto estarían dispuestos a pagar para conservar una especie o un área natural, o bien, cuánto estarían dispuestos a recibir por la destrucción o desaparición de una especie o un área natural. Este pago puede ser en forma de contribución voluntaria, como cargo fiscal, o como un mayor precio por los productos y los servicios asociados. Al entrevistado se le informa sobre la cantidad, calidad y cambios que pueden ocurrir en el bien, se escoge el instrumento de pago y se le pide hacer una selección de entre varias opciones.

En conclusión, el problema de la valoración económica no es sencillo porque es indispensable el conocimiento físico y biológico del recurso o servicio involucrado y contar con personal con entrenamiento en la materia. De esta forma, la valoración económica de los recursos naturales es una compleja tarea, debido a que la asignación de un valor económico o monetario de los elementos naturales tiene muchos elementos subjetivos. Pese a la existencia de las metodologías ya comentadas, para calcular el valor monetario de estos elementos, no siempre se obtiene una estimación apegada a la realidad del valor de los recursos naturales; por lo que es más factible en estas cuestiones preguntar directamente a los habitantes de la zona sobre el valor económico de las especies vegetales y animales presentes en el sitio, de acuerdo con el uso y/o aprovechamiento que estos les dan.

II.2.6.2 Valoración económica de recursos forestales para el sitio

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2020) define el aprovechamiento forestal como la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y no maderables.

Los recursos forestales maderables están constituidos por la vegetación leñosa susceptible de aprovechamiento o uso y consideradas como maderas preciosas y comunes tropicales.

Mientras que los recursos forestales no maderables los constituyen toda parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, incluyendo líquenes, musgos, hongos, resinas y los suelos.

II.2.6.2.1 Estimación del valor económico de los recursos forestales maderables

Para la estimación económica de los recursos forestales maderables presentes en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se consideraron las XX especies leñosas registradas en el sitio y el número de individuos por especie a remover en las XX ha.

Tabla 29. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF).

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Acacia cornigera	8	0.0039	168	0.0795	$31.80
Acacia dolichostachya	1	0.1863	28	3.8079	$1,523.17
Amyris sylvatica	41	0.0032	839	0.0647	$25.89
Bauhinia divaricata	1	0.0580	28	1.1859	$474.34
Bauhinia jenningsii	159	0.0751	3,242	1.5361	$614.42
Bougainvillea buttiana	14	0.0025	280	0.0503	$20.13
Bunchosia glabra	33	0.8041	671	16.4349	$6,573.94
Bursera simaruba	163	54.1423	3,327	1,106.6693	$442,667.73
Byrsonima bucidaefolia	5	0.2490	112	5.0889	$2,035.54
Caesalpinia gaumeri	18	1.0421	363	21.3005	$8,520.20
Caesalpinia violacea	4	0.2155	84	4.4038	$1,761.53
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0743	28	1.5179	$607.16
Callicarpa acuminata	3	0.0002	56	0.0040	$1.58
Capparis cynophallophora	36	0.0023	727	0.0462	$18.49
Casaeria corymbosa	44	3.4997	894	71.5349	$28,613.95
Cascabela gaumeri	12	0.2969	252	6.0681	$2,427.24
Cascabella thevetia	11	0.0021	224	0.0422	$16.86
Casearia corymbosa	68	0.0715	1,398	1.4616	$584.63
Ceiba aesculifolia	7	1.5800	140	32.2947	$12,917.86
Chiococca alba	131	11.4266	2,683	233.5607	$93,424.26
Chrysophyllum mexicanum	7	0.1435	140	2.9328	$1,173.10

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Coccoloba acapulcensis	4	0.0830	84	1.6957	$678.29
Coccoloba cozumelensis	4	0.3587	84	7.3313	$2,932.52
Coccoloba diversifolia	25	0.6300	503	12.8766	$5,150.66
Coccoloba Itzeus	12	0.5687	252	11.6234	$4,649.36
Coccoloba spicata	25	0.1761	503	3.6005	$1,440.19
Cordia alliodora	3	0.1670	56	3.4126	$1,365.06
Cordia dodecandra	3	0.1321	56	2.7011	$1,080.45
Croton reflexifolius	8	0.0004	168	0.0077	$3.10
Cuphea utriculosa	1	0.0387	28	0.7906	$316.23
Dendropanax arborea	8	0.2891	168	5.9082	$2,363.29
Diospyros albens	22	1.0077	447	20.5984	$8,239.35
Diospyros cuneata	21	0.8190	419	16.7404	$6,696.15
Diospyros salicifolia	1	0.0390	28	0.7972	$318.86
Diphysa carthagenensis	5	0.3170	112	6.4787	$2,591.50
Dryapetes brownii	75	3.4894	1,537	71.3230	$28,529.22
Esenbeckia berlandieri	19	2.1063	391	43.0535	$17,221.39
Eugenia capuli	36	0.0963	727	1.9678	$787.12
Eugenia mayana	96	4.1877	1,957	85.5967	$34,238.67
Exothea diphylla	7	0.1354	140	2.7670	$1,106.79
Ficus cotinifolia	36	4.2945	727	87.7787	$35,111.46
Ficus obtucifolia	1	0.2063	28	4.2164	$1,686.56
Ficus pertusa	15	0.8964	308	18.3215	$7,328.61
Gliricidia sepium	3	0.2270	56	4.6393	$1,855.74
Guettarda combsii	12	0.7150	252	14.6151	$5,846.02
Guettarda elliptica	3	0.0980	56	2.0028	$801.11
Gymnopodium flobundum	22	2.7736	447	56.6922	$22,676.87
Hampea trilobata	16	0.0054	335	0.1106	$44.26
Hippocratea excelsa	11	0.0036	224	0.0740	$29.61
Hyperbaena winzerlingii	5	0.0012	112	0.0237	$9.48
Jacquinia aurantiaca	5	0.0015	112	0.0306	$12.22
Jaquinia macrocarpa	3	0.0001	56	0.0026	$1.05

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Jatropha gaumeri	5	0.0007	112	0.0148	$5.90
Lonchocarpus rugosus	55	3.3801	1,118	69.0886	$27,635.46
Lysiloma latisiliquum	120	22.7840	2,461	465.7042	$186,281.70
Malpighia clavera	15	0.6947	308	14.2000	$5,680.00
Malvaviscus arboreus	26	0.1015	531	2.0748	$829.92
Manilkara achras	49	3.2613	1,006	66.6610	$26,664.41
Metopium brownei	79	8.3911	1,622	171.5148	$68,605.94
Myrciaria floribunda	16	0.0009	335	0.0189	$7.56
Nectandra coriacea	176	1.4245	3,606	29.1163	$11,646.51
Neea psychotrioides	22	1.4471	447	29.5793	$11,831.72
Neomillspaughia emarginata	16	0.0197	335	0.4033	$161.33
Oxandra lanceolata	27	0.3847	559	7.8635	$3,145.38
Paratesis cubana	11	0.0004	224	0.0084	$3.37
Paulinia cururu	5	0.0020	112	0.0406	$16.23
Piscidia piscipula	27	2.6089	559	53.3268	$21,330.72
Platymiscium yucatanum	10	0.9191	196	18.7867	$7,514.66
Plumeria obtusa	1	0.0928	28	1.8974	$758.95
Pouteria campechiana	1	0.0516	28	1.0541	$421.64
Psychotria nervosa	22	0.0171	447	0.3485	$139.41
Randia abscordata	16	0.0050	335	0.1026	$41.04
Randia aculeata	145	2.0130	2,963	41.1466	$16,458.62
Rehdera trinervis	1	0.1155	28	2.3612	$944.47
Sabal mexicana	4	0.8430	84	17.2305	$6,892.22
Sabal yapa	12	0.3861	252	7.8912	$3,156.48
Samida yucatanensis	8	0.0056	168	0.1151	$46.05
Sapranthus campechianus	8	0.0030	168	0.0616	$24.66
Sideroxylon salicifolium	1	0.2836	28	5.7975	$2,319.01
Simarouba glauca	7	0.5775	140	11.8033	$4,721.30
Swartzia cubensis	7	0.9264	140	18.9355	$7,574.22
Talisia olivaeformis	1	0.1880	28	3.8422	$1,536.87
Thouinia paucidentata	15	0.7852	308	16.0500	$6,419.98

ESPECIE	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.44HA	VOL TOT / 20.44 HA	$ 400/m³ leña 20.44 ha
Trichilia glabra	14	1.0105	280	20.6550	$8,262.02
Trichilia havanensis	4	0.2056	84	4.2019	$1,680.76
Vitex gaumeri	33	3.4762	671	71.0541	$28,421.63
Zanthoxylum fagara	3	0.0014	56	0.0285	$11.38
Zantoxylon caribaeum	14	0.0009	280	0.0187	$7.48
Zuelania guidonia	10	0.6311	196	12.8995	$5,159.81
TOTALES	**2,265**	**154.7828**	**46,294**	**3,163.7597**	**$1,265,503.88**

El valor económico estimado para las materias primas forestales que pudieran tener un valor comercial (leñas) por el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales propuesto en 20.44 ha asciende a $1'265,503.88 M.N.

II.2.6.2.2 Estimación del valor económico de los recursos no maderables

Para el caso de las plantas ornamentales y algunas reportadas con otros usos comerciales, se consideran los costos de extracción y acarreo a la entrada del predio más la habilitación de un vivero temporal para la venta de plantas en el sitio. Es importante recalcar que se observaron distintos usos en las plantas.

A continuación, se presenta el valor económico de los recursos no maderables presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF).

Tabla 30. Listado de plantas con diversos usos no maderables

NOMBRE CIENTÍFICO	USOS	ABUN-DANCIA / HA	ABUN / 20.44 HA	COSTO UNITARIO	TOTAL
Acaelorraphe wrigthi	construcción	27	559	$100	$55,904
Anturium schlechtendalii	ceremonial	11	227	$25	$5,678
Anturium sp	ceremonial	67	1363	$25	$34,067
Arrabidaea floribunda	artesanal	511	10447	$15	$156,707
Arrabidaea petellifera	artesanal	89	1817	$15	$27,253
Arrabidaea podopogon	artesanal	67	1363	$15	$20,440
Bauhinia divaricata	construcción	1	28	$15	$419
Bougainvillea buttiana	ornamental	14	280	$50	$13,976
Bunchosia glabra	Ritual	33	671	$15	$10,063
Bursera simaruba	medicinal	163	3327	$25	$83,183
Byrsonima bucidaefolia	comestible	5	112	$70	$7,829

NOMBRE CIENTÍFICO	USOS	ABUN-DANCIA / HA	ABUN / 20.44 HA	COSTO UNITARIO	TOTAL
Caladium bicolor	ornamental	100	2044	$50	$102,200
Cascabela gaumeri	medicinal	12	245	$10	$2,453
Cascabella thevetia	ornamental	11	224	$25	$5,590
Chamaedorea seifrizii	ornamental	78	1590	$50	$79,489
Chiococca alba	artesanal	131	2683	$15	$40,251
Chrysophyllum mexicanum	comestible	7	143	$25	$3,577
Cnidoscolus aconitifolius	medicinal	22	454	$10	$4,542
Coccoloba acapulcensis	artesanal	4	82	$15	$1,226
Croton reflexifolius	medicinal	8	168	$10	$1,677
Cydista potosina	amarre	44	908	$10	$9,084
Dendropanax arborea	resina	8	168	$15	$2,516
Esenbeckia berlandieri	artesanal	19	391	$10	$3,913
Ficus cotinifolia	forrajera	36	727	$15	$10,905
Ficus obtucifolia	forrajera	1	28	$15	$419
Ficus pertusa	forrajera	15	308	$15	$4,614
Galactica striata	forrajera	56	1136	$15	$17,033
Gliricidia sepium	cerca viva	3	56	$15	$839
Guettarda combsii	cerca viva	12	252	$15	$3,775
Gymnopodium flobundum	melífera	21	429	$15	$6,439
Hampea trilobata	fibra	16	335	$10	$3,354
Jatropha gaumeri	medicinal	5	112	$10	$1,118
Lasiacis divaricata	utensilio	11	227	$10	$2,271
Malvaviscus arboreus	melífera	26	531	$15	$7,972
Manilkara achras	madera	49	1002	$50	$50,078
Metopium brownei	madera	79	1622	$20	$32,434
Petrea volubilis	forrajera	11	227	$10	$2,271
Plumeria obtusa	cerca viva	1	28	$30	$839
Pouteria campechiana	comestible	1	28	$50	$1,398
Randia aculeata	tinta	145	2963	$10	$29,629
Rehdera trinervis	construcción	1	28	$25	$699
Sabal mexicana	construcción	4	84	$30	$2,516
Sabal yapa	construcción	12	245	$30	$7,358
Serjania adiantoides	melífera	78	1590	$10	$15,898
Smilax mollis	medicinal	89	1817	$10	$18,169
Talisia olivaeformis	comestible	1	28	$30	$839
Thouinia paucidentata	melífera	15	308	$20	$6,151
Thrinax radiata	escobas	22	447	$35	$15,653

NOMBRE CIENTÍFICO	USOS	ABUN-DANCIA / HA	ABUN / 20.44 HA	COSTO UNITARIO	TOTAL
Zanthoxylum fagara	medicinal	3	56	$10	$559
Zantoxylon caribaeum	medicinal	14	280	$10	$2,795
TOTALES		**2162**	**44185**		**$918,065**

Los recursos forestales no maderables alcanzan un valor aproximado de $918,065.00 en el área propuesta para el proyecto.

II.2.6.2.3 Estimación del valor económico de los recursos faunísticos

En general, el desarrollo de la valoración económica supone un conjunto de pasos que responde a una lógica de relación fáctica entre el desarrollo de actividades humanas y los procesos en los ecosistemas, que permitan cuantificar cómo los cambios en las condiciones biofísicas de éstos se traducen en cambios al bienestar de las personas., Para el caso de la valoración económica de la fauna silvestre, también se utiliza el enfoque del Valor Económico Total (VET), que como ya se explicó integra los valores tangibles y fácilmente mesurables, con otros valores que son intangibles y difíciles de cuantificar (Vásquez et al., 2007).

Los vertebrados desempeñan un papel vital en los ecosistemas, ya que son fundamentales para mantener el equilibrio y la función de estos. Además, son proveedores de servicios ecosistémicos esenciales, como el control de plagas, la polinización de las plantas y la dispersión de semillas. El valor económico de especies que no tienen un uso directo es difícil y subjetivo sin embargo es útil en la toma de decisiones ambientales y en la planificación de políticas de conservación.

En la valoración económica de la fauna silvestre, la priorización de los servicios ecosistémicos también sería aplicable cuando la intervención para conservar o proteger determinada especie, o para controlar su población, esto asociado al aumento o pérdida de determinados servicios ecosistémicos, por ello Edwards y Abivardi (1998) señalan que la forma más práctica de abordar el ejercicio de valoración económica sea a través del valor de los ecosistemas.

En la revisión sobre el uso y valor económico asociado a los vertebrados silvestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que realizaron Pérez-Gil Salcido R. et al., (1996), se señala que el 56% de las familias de vertebrados silvestres tienen algún uso reconocido, de los cuales las aves representan el 44.5% del total de las familias de vertebrados. el estudio propone la revisión de los usos de los vertebrados silvestres por su importancia económica. Estos usos quedan clasificados como de importancia cultural, cacería deportiva, aves canoras y de ornato, propagación y comercio internacional.

El instrumento de valoración económica presenta aún diversos problemas en su desarrollo conceptual y metodológico, por lo que algunos autores dudan de su efectividad y utilidad. A pesar de ello, estas técnicas están siendo objeto de cada vez mayor atención para propósitos de formulación de políticas, establecimiento de programas y evaluación de proyectos, tanto por instituciones nacionales como en el ámbito internacional, ya que para hacer una valoración económica por el aprovechamiento o deterioro de una población en una comunidad biótica dada, es

necesario conocer de forma completa las relaciones que esta guarda en relación con las otras especies y estas otras la que guardan con el ser humano y las otras especies, de la comunidad, lo que hace que un análisis desde un punto de vista ecosistémico, se convierta en extremo complejo, por ello el análisis se realiza desde el punto de vista humano, con las lagunas en el conocimiento en el funcionamiento de la comunidad en específico.

Lo anterior para el presente trabajo tiene sentido desde la función que realizan las especies de vertebrados encontrados en la caracterización realizada y como se relaciona con el uso de suelo destinado al SAR, para ello es necesario considerar que el predio es de tamaño intermedio y se encuentra inmerso en un SAR destinado al aprovechamiento de materiales pétreos, y por lo tanto es un sistema ambiental fragmentado, lo cual se refleja directamente en el predio con diversidad y abundancia de fauna muy bajas. En este contexto las especies registradas representan valores diferentes a los que se tendrían en un contexto dedicado a la conservación o en algún lugar en el cual se tuviese un uso tradicional o económico, en el caso del SAR, se trata de un sitio dedicado al turismo en el cual su población es reciente y principalmente inmigrante, traídos primero por la industria del chicle y la copra, y más recientemente por el turismo y durante ese tiempo la actividad local desarrollada ha sido la pesca de tipo rivereña. Por lo que no existen usos tradicionales o económicos locales generados o aplicados a la fauna presente en el matorral costero. Actualmente con el uso turístico- habitacional del sitio, la fauna se ha adaptado a los procesos humanos, encontrándose presente en su mayor parte aquellas especies que se han visto favorecidos con estas interacciones en el contexto humano.

De acuerdo con lo encontrado en la caracterización de la fauna realizada para la presente MIA-R en el predio y en el SAR, se realiza su valoración económica con observaciones de su estatus en el sitio, dando valores a los elementos faunísticos encontrados de acuerdo con su abundancia y rol conocido en el área. Por ello se buscó en la bibliografía si existe algún valor de uso directo en alguna parte de la república (Herrera-Flores, Belén G. et. Al 2019; González-Herrera et al. 2018, Edmundo de Alba María Eugenia Reyes. El cual se aplicó en relación con este uso y como equivalente, por ejemplo, si se utiliza como alimento, se aplicó el valor que podría tener ese alimento en el sitio de estudio, dando un costo equivalente por el uso, en el entendido que ese valor es de opción independientemente si se ejerce o no en el sitio. Para el valor ecosistémico se asignó un valor nominal de 100 a todas las especies lo que equivale a su valor ecosistémico, al cual se le aplicó un factor multiplicativo, dependiendo de la función conocida de cada especie en el ecosistema o al carisma que puede presentar en las personas por su valor de existencia. De esta manera la valoración económica total, se calcula como el valor de uso directo reportado para otros sitios, que representa en este caso un valor de opción ya que no se ejerce, sumado al Valor de uso indirecto que incluye al ecosistémico, que consideramos que existe pero nos es desconocido y que esta expresado como un factor de 100 , el cual es multiplicado por la valoración humana de acuerdo con lo que se conoce de la situación de cada componente de la comunidad, todo multiplicado por la abundancia encontrada en el predio, tal como se expresa en la siguiente formula.

VET= VUDR + ((VE X VH) X AP) X FCM

En donde:

VE= Valor ecosistémico =100

VET= Valoración económica total
VUDR = El valor de uso directo.
VUI= Valor de uso indirecto= VE X VH
VH= Valoración Humana (que puede ser positiva o negativa)
AP= Abundancia en el predio.
FCM= El factor que de acuerdo con la zona es aplicable para convertir el valor de uso indirecto en valor monetario.

De acuerdo con los razonamientos y formula presentados y utilizando la caracterización de fauna de, así como la caracterización de esta, se realizó la valoración económica, la cual se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 31. Desglose de la valoración económica de la fauna del predio

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (PESOS MEXICANOS)	SUBTOTAL (PESOS MEXICANOS)
Zopilote cabeza negra	*Coragyps atratus*	1	750	750
Chara verde	*Cyanocorax yncas*	2	350	700
Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	3	450	1350
Chara pea	*Psilorhinus morio*	4	200	800
Chachalaca	*Ortalis vetula*	4	300	1200
Golondrina pueblera	*Petrochelidon fulva*	8	250	2000
Tordito cantor	*Dives dives*	1	200	200
Calandria menor	*Icterus cucullatus*	2	230	460
Calandria mayor	*Icterus gularis*	2	250	500
Cenzontle	*Mimus gilvus*	3	260	780
Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	2	230	460
Loro frente blanca	*Amazona albifrons*	3	500	1500
Loro pecho sucio	*Eupsittula nana*	3	350	1050
Mirlo pardo	*Turdus grayi*	2	240	480
Luis pico grueso	*Megarynchus pitangua*	4	130	520
Luis común mosquero	*Myiozetetes similis*	3	170	510
Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	3	140	420
Ratonera yucateca	*Pseudelaphe phaescens*	1	140	140
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	1	300	300
Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	1	700	700
Venado temazate	*Mazama americana*	2	550	1100
Coatí	*Nasua narica*	2	800	1600
Mapache	*Procyon lotor*	2	800	1600

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (PESOS MEXICANOS)	SUBTOTAL (PESOS MEXICANOS)
Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	6	350	2100
TOTAL		65		**$21,220.00**

Derivado de lo anterior se considera que el valor de la fauna silvestre asciende a $ **21,220.00** veintiun mil doscientos veinte pesos (00/100 M.N.) lo que da un promedio de $ 326.5 pesos en promedio por individuo registrado en el predio.

II.2.6.2.4 Estimación del valor económico de los servicios ambientales

En principio debe reconocerse que los recursos biológicos existen y que tienen una función dentro del ecosistema que se afecta y si tuvieran que eliminarse, deberán hacerse las siguientes consideraciones:

- La estimación del valor económico de los recursos biológicos por especie, sean estos maderables o no maderables, independientemente si los productos resultantes sean o no comercializables.
- Analizar los beneficios que se están obteniendo por mantener una cubierta forestal que no permite la erosión del suelo y contribuye a la infiltración del agua al subsuelo y que además es zona de forrajeo, de protección, anidación, etc. de especies silvestres asociadas.

En función de lo cual es posible obtener un costo si el cambio de uso del suelo tuviera que revertirse. De esta manera, también resulta que el ecosistema bosque ofrece recursos y servicios ambientales a la sociedad. De acuerdo con Perringset al. (1995), estos recursos y servicios se clasifican en:

- Regulatorios (por ejemplo, control de la erosión)
- De producción (madera) - De medio (autoconservación)
- De información (investigación científica).

Son los servicios regulatorios los que generan valores de uso indirecto para el ser humano, en apoyo y protección de diversas actividades económicas que se desarrollan dentro o fuera del ecosistema, pero dependientes del funcionamiento de este (como es la regeneración de suelos). En ese sentido es fundamental preservar las funciones ecológicas del bosque para conservar su integridad como ecosistema, sin que ello impida que pueda lograrse una relación deseable entre la preservación y el uso directo sostenible de sus recursos.

Por ejemplo, el bosque templado mexicano cuenta con al menos 613 especies de plantas utilizables, que con el conocimiento y la tecnología actual podrían generar 1.17 millones de toneladas de biomasa con un valor en el mercado de 528 millones de dólares.

Asimismo, el bosque tropical, con al menos 574 especies de plantas, podría generar 1.6 millones de toneladas de materia vegetal con un valor en el mercado de 729 millones de dólares (Gobierno de México, 1996). Adicionalmente, se estima que los ingresos anuales obtenidos por ecoturismo en los

bosques de México podrían alcanzar entre 30 y 34 millones de dólares, de acuerdo con diferentes estimaciones realizadas sobre el valor que la población le otorga a la biodiversidad (CSERGE, 1993). Por otro lado, reconocimiento de los diferentes valores de uso indirecto, de opción y de valor de no uso de los bosques, y su utilización para la toma de decisiones, se enfrenta a varias limitantes:

- Dificultades de lograr un consenso y la aceptación de las diferentes propuestas de estimación de estos valores,
- Comunicar con claridad los resultados obtenidos
- Falta de claridad en cuanto a la importancia de las funciones ecológicas para el bienestar humano.

Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. Los depósitos de carbono en México tienen un alto valor ambiental. De acuerdo con estimaciones realizadas por Muñoz Piña, C. (1994), se obtienen los valores de la siguiente tabla.

Tabla 32. Pérdidas por cambio de uso de suelo por hectárea (CSERGE, 1993).

TIPO DE BOSQUE	CAMBIO DE USO DE SUELO ($USDLLS)	
	Pastura permanente	Agricultura
Templado caducifolio	693	643
Tropical caducifolio	1,887.00	1,863.00
Templado conífero	3,436.00	3,410.00
Tropical siempre verde	3,633.00	3,337.00

En este sentido, el costo de la liberación de carbono a la atmósfera por medio de la conversión de los bosques puede llegar a ser considerable. Por ejemplo, el costo medido en carbono liberado por la transformación de un bosque en pastizal podría ser de 3,000 dólares por hectárea en los bosques templados de coníferas, mientras que para los bosques templados caducifolios sería de 600 dólares por hectárea. En el caso de las tierras tropicales, los costos de conversión ascienden a 3,600 dólares por hectárea en los bosques tropicales siempreverdes y de $ 1,800 por unidad de superficie en los bosques tropicales caducifolios.

Tabla 33. Valor del depósito de carbono por hectárea. (USD) (MUÑOZ, 1994).

TIPO DE BOSQUE	VALOR DE DEPÓSITO DE CARBONO ($UDDLLS/HA)
Templado caducifolio	$600.00
Tropical caducifolio	$1,800.00
Templado conífero	$3,000.00
Tropical siempreverde	$3,600.00

La estimación de los costos se obtiene a partir de los parámetros de almacenamiento de carbono, calculados por modelos experimentales y mediante la estimación de la liberación del carbono en el cambio de uso del suelo, medidos en toneladas de carbono por hectárea (t C/ha). En el estudio arriba referido se calcula un intervalo de liberación de carbono de 30 a 170 t C/ ha por cambio en el uso del suelo. A partir de estos parámetros, se asocian los cambios de temperatura que produce la liberación, los impactos físicos que provoca y a éstos se les asignan valores económicos. Por ejemplo, la deforestación de bosques y selvas trae consigo efectos negativos para las cuencas hidrológicas, provocando aumentos en la erosión, cambios en los flujos hidrológicos y reducción en la recarga de acuíferos.

Los costos de prevención o reparación de los daños causados por su pérdida o alteración nos ofrecen una aproximación del valor de las funciones ecológicas que los bosques y selvas proporcionan. El costo por el tratamiento de agua sería de 160 dólares por hectárea, y el costo para evitar la salinización generada por la deforestación se encontraría alrededor de los 50 dólares por hectárea (cit. en UAES, 1997).

Para la estimación el valor de los bosques para fines farmacéuticos (drogas), se considera la posibilidad de un futuro descubrimiento que haga útiles a especies que no lo son actualmente (el valor de la cuasi-opción). En un estudio forestal (Gobierno de México y Banco Mundial, 1995) se estima, a partir de un modelo probabilístico, que se podrían generar ingresos que van desde 26 millones hasta 4,600 millones de dólares anuales. Los valores por hectárea, así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los bosques se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 34. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993).

GRADO DE BIODIVERSIDAD	VALOR PARA BOSQUE HÚMEDO TROPICAL		VALOR PARA TODOS LOS BOSQUES
	(DLLS/HA/AÑO	MILLONES DLLS/AÑO	MILLONES DLLS/AÑO
Bajo	$1.00	$5.00	$26.00
Medio	$6.00	$66.00	$332.00
Alto	$90.00	$875.00	$4,646.00

Supuestos:

- 5 mil es el menor número estimado de especies en los bosques húmedos tropicales de México y dicho valor se asignó a todos los tipos de bosques.
- Área forestal: 9.7 millones ha para los bosques húmedos tropicales: 51.5 millones ha para todos los bosques.
- La probabilidad de identificar una especie de valor es de 0.0005, tasa de regalía 0.05.
- Límite inferior: tasa de apropiación = 0.1. Valor de la droga = 0.39000 millones/año.
- Límite medio: tasa de apropiación = 0.5. Valor de la droga = 1,000 millones/año.

- Límite superior: tasa de apropiación = 1. Valor de la droga = 7,000 millones/año.

Estos valores están calculados a partir de una función que depende del número de especies en los bosques, la superficie de los bosques, la probabilidad de identificar una especie de valor, la tasa de regalía, la tasa de apropiación y el valor promedio del desarrollo del fármaco o droga.
En México se calcula que en los bosques tropicales húmedos existen alrededor de 5 mil especies de plantas. La probabilidad de identificar una especie de valor (derivada de estimaciones existentes y aportaciones de expertos de compañías farmacéuticas), se encuentra en un intervalo entre 1 a 10 mil y de 1 a mil. El estudio tomó un punto medio de 5 en 10 mil. Las tasas de regalías, dadas las características de la protección de patentes en México, se consideraron en 5%.

La tasa de apropiación se refiere a la capacidad institucional de desarrollar la droga. Se estima el valor promedio de fármacos basados en plantas en un intervalo de 390 a 7 mil millones por año, se supone que la demanda de drogas tiende a ser inelástica en precio, y que el precio excede fuertemente al valor de la planta.

Por otro lado, existen estimaciones que consideran que las personas estarían dispuestas a pagar 10 dólares por hectárea para dejar como legado a futuras generaciones la supervivencia de los bosques nacionales, lo cual podría generar un total de 112 millones por los 11.2 millones de hectáreas protegidas hasta el momento. Este valor conocido como valor de existencia, se muestra en la siguiente tabla para distintos lugares a través de donaciones y compras de deuda.

Tabla 35. Evidencia de valores de existencia en México (CSERGE,1993)

ÁREA	SUPERFICIE (HA)	VALOR OBTENIDO (USD)
Selva Lacandona, Montes Azules en Chiapas (canje de deuda por naturaleza)	385,000.00	$4,000,000.00
Reserva de la biósfera Sian Ka´an en Quintana Roo (donaciones de organizaciones)	528,147.00	$34,000.00
Sitios varios (donaciones de organizaciones)	No disponible	$809,622.00
Barranca del Cobre en Chihuahua (encuestas a visitantes)	450,000.00	$100,000.00
Varias áreas (contribuciones provenientes de EUA)	190,869.00	$5,528,809.00

La utilización de los VESA (valor de los servicios ambientales en los ecosistemas) obtenidos en la Tabla siguiente nos muestra como la cubierta vegetal que más se asemeja a la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, son las "Bosques templados", cuya valoración de los servicios ambientales es de $3,788 USD/ha/año y brindan 11 diferentes servicios (Regulación Gases/clima, Aprovisionamiento de Aguas, Control de Erosión, Formación de Suelo, Reciclado de Desechos, Polinización, Control Biológico, Hábitat y Refugio, Recursos Genéticos, Estética y Recreo, Espiritualidad y Cultura).

Tabla 36.Valoración de los servicios ambientales de los ecosistemas para las diferentes cubiertas marinas y terrestres (en us dlls de 2004 por hectárea y por año, adaptado de Brenner et. al.)

A.- Plataforma continental			B.- Praderas de fanerógamas marinas						C.- Playas y/o dunas				
D.- Zonas húmedas costeras			E.- Bosques templados						F.- Praderas				
G.- Cultivos			H.- Zonas húmedas dulciacuícolas						I.- Zonas de aguas dulces				
J.- Zonas de ribera			K.- Zonas verdes urbanas						L.- Zonas urbanas o muy alteradas				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**TOTAL**
Regulación Gas/clima					133	7		331			830		**1,301**
Regulación perturbaciones			67,400	766				9,037		217			**77,420**
Regulación aguas						5		7,378			15		**7,398**
Aprovisiona-miento de aguas	1,287				403			3,815	1,011	4,747			**11,263**
Control de erosión					122	37							**159**
Formación de suelo					12	7							**19**
Ciclo de nutrientes	1,787	24,228											**26,015**
Reciclado de desechos				13,376	109	109		2,071					**15,665**
Polinización					400	32	20						**452**
Control biol{ogico	49				5	30	30						**114**
Hábitat y refugio				497	2,281		2,053	279					**5,110**
Recursos genéticos					20								**20**
Estética y recreo			36,687	64	301	2	37	3,474	880	3,385	5,266		**50,096**
Espiritualidad y Cultura	86		59	445	2			2,199		10			**2,801**
TOTAL ESV (US/HA/AÑO)	**3,209**	**24,228**	**104,146**	**15,148**	**3,788**	**229**	**2,140**	**28,584**	**1,891**	**8,359**	**6,111**	**0**	**197,833**

Por lo tanto, el valor económico de los servicios ambientales en 20.44 ha cubiertas con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, que eventualmente estarían sujetas al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, es de $ 77,426.72 USD, que equivalen a un total de $1'548,534.40 pesos considerando un tipo de cambio de $ 20.00 pesos por USD.

Finalmente, tenemos que la estimación económica del valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales alcanzaría la suma de $**3,753,323.62** aproximadamente.

Tabla 37. Valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el proyecto.

Recurso forestal	**Valor total en pesos ($)**
Plantas leñosas	$1,265,503.88
Plantas no leñosas	$918,065.34
Fauna silvestre	$21,220.00
Subtotal	**$2,204,789.22**
Servicios ambientales de conservación de la biodiversidad en palaya y/o duna	$1,548,534.40
Subtotal	**$1,548,534.40**
Total	**$3,753,323.62**

II.2.7 Requerimientos de mano de obra

Para la ejecución de los trabajos que se requerirán desde la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, será necesario contar con el personal calificado y no calificado para el desarrollo de dichas actividades.

Para algunas de las actividades será necesaria la contratación de personal especializado o bien que se tenga experiencia en el manejo de la maquinaria o de los procedimientos a los cuales estará involucrado, sin embargo, para las actividades que pueden ser realizadas por mano de obra no calificada se favorecerá la contratación de personal de las localidades cercanas, y por el requerimiento y la mano de obra disponible en la zona, no se requerirá contratación de personal foráneo

Tabla 38. Personal requerido para las actividades del proyecto.

Descripción	Cantidad
Supervisor general	1
Supervisor ambiental	1
Operador de cargador frontal	5
Operador de excavadora	5
Operador de draga	1
Cabo de maquinaria	5
Peones	20
Vigilante	2
Total	**40**

II.2.8 Materiales, sustancias y equipo requerido

Se presenta a continuación en forma de listado los principales materiales que se emplearán en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Tabla 39. Material y sustancias.

Descripción	Unidad	Cantidad
Preparación del sitio		
Diésel	L	458,400.00
Aceite de motor diésel	L	3,026.40
Operación y mantenimiento		
Diesel	L	4,767,072.50
Aceite de motor diésel	L	49,511.71
Llantas	Pieza	850

Adicionalmente, se utilizarán materiales explosivos y sus artificios para los eventos de voladura

Tabla 40. Tipos de explosivo a utilizar en el proyecto.

Material	Tipo
Explosivo	Alto explosivo
Explosivo	Agente explosivo
Explosivo	Cordón detonante
Explosivo	Conductores
Explosivo	Iniciadores

Para la operación del banco de materiales pétreos se requerirá de la siguiente maquinaria y equipo menor.

Tabla 41, Maquinaria y equipo menor.

Descripción	Número de Unidades
Preparación del sitio	
Tractor	1
Retroexcavadora con martillo neumático	1
Camión de volteo	1
Camión pipa de 8,000 L	1
Operación y mantenimiento	
Tractor	1
Minicargador frontal	1
Retroexcavadora con martillo neumático	1
Camión de volteo	4
Camión pipa de 8,000 L	1
Camioneta pick up	1
Zanjadora	1
Motoconformadora	1
Vibrocompactadora de rodillo	1
Drill de perforación	1
Draga	1
Compresores de aire	1

II.2.9 Servicios de apoyo a utilizar

Para el desarrollo del proyecto, se requieren de los siguientes servicios básicos.

- Agua Potable y drenaje.
- Sistema de recolección de residuos sólidos.
- Mano de obra en todas las etapas.

El agua potable en todas las etapas provendrá de la compra de agua en pipas y se almacenará en contenedores ROTOPLAS de 10,000 litros, en este sentido, no será necesario contar con suministro de agua potable.

El agua potable para consumo de los trabajadores será a través de la compra de garrafones de 20 litros en las tiendas de la localidad más cercana.

En relación con el drenaje, el polígono del proyecto no cuenta con este servicio, de tal forma que, en la etapa de preparación del sitio y construcción se utilizarán sanitarios portátiles para el personal, las aguas residuales se mantendrán en los mismos, hasta su retiro que se realizará cada 3 días.

En lo respectivo a los residuos sólidos urbanos la promovente transportará los residuos al relleno sanitario municipal tres veces por semana. Es importante aclarar, que se buscará establecer convenios y acuerdos con empresas que permitan la valorización de los residuos reciclables que se generen.

En todas las etapas del proyecto se contratará con mano de obra de la localidad a fin de generar empleos que traigan estabilidad social a la comunidad.

El proyecto en ninguna de sus etapas requerirá consumo de energía eléctrica debido a que las actividades se realizarán en horario diurno, así mismo, la maquinaria y equipo a emplear funcionará con otro tipo de energía.

Los combustibles y lubricantes requeridos para la operación de las máquinas, vehículos y camiones serán adquiridos en las estaciones de servicio cercanas al área del proyecto. Para maquinaria y vehículos mayores de 3 ton, se empleará diésel; para vehículos y equipo menor, se utilizará gasolina sin plomo.

II.2.10 Utilización de explosivos

Se utilizarán para las cargas dinamita 20% y Agente explosivo 80%, cordón detonante y estopín de acuerdo al diseño previo de la voladura. La voladura se realizará cada tres días y se detonarán 132 barrenos; se usarán 471 kg de dinamita, 1887 kg de agente explosivo, 1,350 m de cordón detonante y 117 detonantes (estopin) todo ello bajo la supervisión estricta del personal de la Secretaría de la Defensa Nacional en cumplimiento a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y en su Reglamento. Se tramitarán los permisos y autorizaciones necesarias.

Vibraciones Sísmicas: El inconveniente principal para la extracción de estos materiales está dado en daños que puedan ocasionar las voladuras efectuadas para su extracción, al medio ambiente, geológico y circundante, ya que de ellas se desprenden movimientos que pueden resultar significativos en la zona. Sin embargo, toda vez que la Región de la Península de Yucatán y por ende Quintana Roo se encuentra fuera de los cinturones de riesgo sísmico, la utilización de los explosivos no generara vibraciones sísmicas.

Se tomaron de referencia un estudio realizado en julio de 1985 por la empresa CALICA sobre las posibles repercusiones por vibraciones producidas sobre construcciones naturales, cuyos resultados indican una definición de distancias criticas para colocar explosivos y el peso de la masa explosiva sin que afecten a las formaciones naturales Prince et al. (1986).

Se contratará los servicios de una empresa autorizada por la SEDENA con el fin de que se utilicen las cantidades de explosivos adecuadas con el fin de prevenir derrumbes o vibraciones.

II.2.11 Abandono de las instalaciones

El proyecto no contempla la fase de abandono después de su vida útil, en virtud de que se contempla formular un proyecto alternativo del uso del acuífero aflorado (laguna artificial). En su momento se determinará el uso que se le dará a la laguna artificial, el cual será sometido nuevamente a evaluación de impacto ambiental.

II.2.12 Seguimiento ambiental

Tomando en cuenta que la región se caracteriza por la formación de cenotes, dolinas y corrientes subterráneas y que el propósito de este proyecto es extraer materiales que se encuentra por debajo del nivel freático, el análisis de la afectación se orienta a identificar el probable desequilibrio de las características (físicas, químicas o bilógicas) del agua del subsuelo. Así como la alteración que resultará de exponer el nivel freático al nivel de superficie y de la atmósfera, una vez que se haya extraído el material rocoso que se encuentra por arriba y debajo del mismo. Para ello, el proyecto contempla la implementación de un Plan de Manejo para el monitoreo y seguimiento con el fin de identificar dentro del proceso de extracción y aprovechamiento se realicen conforme a las políticas ambientales que la autoridad determine en su momento.

El monitoreo ambiental, se llevará a cabo semestralmente de las características fisicoquímicas del agua para realizar una detección oportuna de la presencia de contaminantes químicos y biológicos. Así mismo, se realizará una evaluación ambiental del cuerpo de agua alumbrado para dar seguimiento al proceso de colonización biótica que se presente. Los análisis de calidad de agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado. Los reportes correspondientes se presentarán a la autoridad federal competente.

Los sectores que tendrán mayor énfasis en protegerse son los siguientes:

- Evitar que el acuífero aflorado por el proceso extractivo se contamine de materia orgánica, químicos, etc.
- Que la maquinaria pesada utilizada cuente con todos los aditamentos y utensilios básicos para que, en un momento de derrame accidental, el operador pueda actuar en el momento mientras se da viso a las especialistas ambientales
- Que todos los restos de los explosivos se recojan adecuadamente en presencia del personal de la SEDENA

A manera de resumen, los impactos adversos que serán inevitables se citan a continuación,
Impactos ambientales directos y que producen daños irreversibles al medio terrestre en cantera;

- Cambios en las condiciones geomorfológicas de la cantera por la extracción del material del banco
- Desaparición del suelo dentro de la cantera, debido a la extracción constante provocando cambios fisicoquímicos en él.

- Las características escénicas, paisajísticas y estéticas de la zona serán alteradas por la pérdida del entorno natural ene l cual se encuentra actualmente la cantera.
- A pesar de que en los procesos de extracción de piedra no existen altas emisiones de contaminantes, se generan emisiones de polvos en especial en épocas de vientos fuertes, que contribuyen al deterioro general de la calidad atmosférica. Sin embargo, por la ubicación del proyecto, y que permanencia de la vegetación circundante, hace que sea prácticamente imposible que los polvos lleguen a sitios con asentamientos urbanos importantes, ya que los taludes de cantera evitaran a que dichos polvos salgan del banco de préstamo.

II.2.13 Residuos

Para la ejecución de un proyecto de estas dimensiones es necesaria la utilización de maquinaria pesada, vehículos pesados para el transporte de materiales y equipo. Estos equipos funcionan con diésel y su capacidad para el almacenamiento de este combustible varía entre los 80 litros (para el caso de los cargadores pequeños tipo Caseo Bob Cat), hasta los de 120 litros o más (retroexcavadoras y tractores). Esta maquinaria en promedio consume ¾ partes de su combustible durante una jornada de trabajo normal de 8 horas, lo anterior implica además del ruido la emisión de humos y el posible derrame de combustible, sin embargo la utilización de maquinaria nueva y en excelentes condiciones mecánicas no sólo representa un beneficio ecológico, sino también económico para la empresa debido a que los costos por mantenimiento se minimizan y las maquinas responden más adecuadamente a las necesidades del trabajo, asimismo se evitan las pérdidas por descompostura y avería o el posible riesgo de accidente durante la operación de las mismas. Por tanto, a continuación, se establecen las estrategias que deberán aplicarse durante cada una de las etapas del proyecto para tal efecto.

Objetivo

Instrumentar medidas preventivas sobre el manejo, mantenimiento y operación de la maquinaria durante la preparación, y operación del proyecto.

Estrategias

- Mantener en óptimas condiciones mecánicas la maquinaria pesada y equipo durante todas las etapas del proyecto.
- Promover entre los trabajadores y empleados de la obra una actitud más responsable sobre la operación de la maquinaria, en particular en lo que se refiere a las maniobras de carga y descarga de beneficios.
- Reducir y eliminar la incidencia de derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante un adecuado programa de revisión mecánica de las unidadesy realizando las maniobras de abastecimiento en una zona específica y hermética para evitar la contaminación al suelo y/o manto freático.
- Evitar al máximo la utilización de maquinaria pesada en acciones que pueden realizar manualmente los obreros.
- Evitar el uso en la medida de lo posible la operación de maquinaria fuera de las horas estipuladas para evitar la contaminación por ruido y humos provenientes de las maquinas, y así abatir el riesgo de accidentes por fallas en operación.

- Llevar un registro en bitácora de las composturas, costos y reparaciones hechas a la maquinaria y equipos de construcción

II.2.13.1 Residuos sólidos urbanos

El personal encargado de las actividades de preparación del sitio y construcción generará residuos sólidos urbanos que se estiman en 0.8 kg por jornada, de los cuales 48% corresponderán a la fracción orgánica, y 52 % a residuos inorgánicos.

En relación con la cantidad de residuos generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se estima que se generarán diariamente 15.36 kg de residuos orgánicos y 16.54 kg de residuos inorgánicos.

El personal del banco de material, encargado de las actividades operativas del proyecto, estará integrada por 40 trabajadores con una jornada laboral diaria de 8 horas de lunes a sábado, por lo que inherente al desarrollo de las actividades desarrolladas en el banco se generan residuos sólidos urbanos como son residuos de alimentos, cartón, plásticos derivados de empaques, envases de bebidas, entre otros de los alimentos consumidos por los mismo.

En todas las etapas, los residuos generados serán separados de acuerdo con su naturaleza en contenedores rotulados ubicados al interior de las instalaciones. La recolección de los residuos estará sujeta a la periodicidad del retiro por parte del promovente, dado que los servicios de recolección municipal no proveen el servicio en el sitio.



Figura 17. Ejemplificación de contenedores de RSU.

Tabla 42. Descripción de los residuos que posiblemente se generen en el proyecto.

ETAPA DE GENERACIÓN	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
Preparación del sitio, construcción y operación.	Residuos reciclables: 	Los residuos se dividirán en contenedores de: papel, vidrio, plástico, aluminio, metal, madera, vidrio, y tela, estos serán almacenados temporalmente en un cuarto de basura designado en el predio.	Se destinarán a sitios autorizados (se empleará el directorio correspondiente) que puedan reciclar este tipo de materiales, se plantea entregar las bitácoras de salida de los materiales y el sitio al que se destinaron.
Preparación del sitio, construcción y operación.	Residuos inorgánicos 	Aquellos residuos no biodegradables y no reciclables serán colocados temporalmente en contenedores impermeables en el cuarto de basura	Contratación del servicio de recolección y disposición municipal.
Preparación del sitio, construcción y operación.	Residuos orgánicos 	Generados por el consumo de alimentos (frutas, verduras, etc.) deberán ser colectados diariamente y puesto en un sitio de acopio en contenedores con tapa (cuarto de basura), para evitar la generación de fauna nociva.	Contratación del servicio de recolección y disposición municipal.

II.2.13.2 Residuos líquidos

Se generarán principalmente por la extracción de materiales pétreos y la limpieza de las instalaciones en general. Para este concepto se considera que se requiere una dotación por día de 40 litros de agua por trabajador y de esta 10% se convierte en agua residual, en parte, debido a que se utilizara un sistema de baños portátiles los cuales serán mantenidos por la empresa contratada.

II.2.13.3 Residuos peligrosos

Corresponden principalmente a los aceites de motor e hidráulicos usados que se generan por el mantenimiento de la maquinaria y equipo de operación y que se estima un factor de 0.153 en promedio de aceite por cambio a cada 100 horas de operación.

Tabla 43. Cálculo de residuos líquidos peligrosos.

Tabla de residuos líquidos peligrosos				
Etapa	Hrs	Consumo / Hr.	Cantidad en Lt.	Disposición
Extracción	22,000	0.153	3,366	Empresa autorizada

De acuerdo al análisis realizado, en la etapa de extracción de materiales pétreos la generación de aceites usados será de 3,366 litros, lo que implica la necesidad de tener contenedores suficientes y

un lugar adecuado para su almacenamiento temporal hasta su entrega a la empresa autorizada que se responsabilizará de su disposición final o reciclaje.

II.2.14 Emisiones a la atmósfera y ruido

En el proyecto, como parte de las actividades que serán realizadas en la podrían ocurrir emisiones a la atmósfera en forma de partículas sólidas (por la manipulación de materiales pétreos) y gases de combustión por la operación de maquinaria y equipo. Por lo anterior, se contemplan una serie de medidas para evitar y/o reducir dichas emisiones, entre las cuales se encuentran: a) se mantendrá riego constante de los materiales pétreos almacenados, b) en cuanto a la maquinaria y equipo, se vigilará su correcto funcionamiento, de tal manera que recibirá mantenimiento preventivo y correctivo a fin de evitar emisiones que rebasen los límites máximos permisibles de emisiones de partículas o gases contaminantes.

Dado que en la ejecución del proyecto se utilizará maquinaria pesada se generarán emisiones de ruido por encima de lo establecido por la norma que producirán molestias a la fauna silvestre que habita en el área cercana al banco de material. Para reducir los efectos de las emisiones de ruido se procurará que los tubos de escape de los motores de la maquinaria cuenten con silenciadores de máxima eficiencia y que las actividades más ruidosas se realicen en un horario diurno para que cause el mínimo de molestias al personal que labore en la empresa.

Estrategias de manejo

- Se establecerán estrategias de manejo preventivo
- Se respetarán y señalarán los linderos del terreno, así como las zonas de afectación, con balizas para que no haya afectaciones a zona que no estén dentro del proyecto.
- Se procurará que los equipos, maquinarias y camiones en los que se trasladarán los materiales de construcción, estén en las mejores condiciones mecánicas y de afinación, con la finalidad de que las emisiones de humo, polvo y partículas suspendidas sea mínima.
- Se observará que las unidades de transporte de materiales se cubran con lonas para evitar la dispersión de polvo.

CAPÍTULO III

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLE

CONTENIDO

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables 4
III.1. Ordenamientos jurídicos federales 4
III.1.1 Constitución política de los estados unidos mexicanos.....4
III.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 4
III.1.3 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Impacto Ambiental 7
III.1.4 Ley General de Vida Silvestre.....12
III.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 13
III.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.....14
III.1.7 Ley General De Cambio Climático 16
III.2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET) 23
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).....23
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe 31
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo 32
III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas 61
III.4. Normas Oficiales Mexicanas 61
III.5. Planes o programas de desarrollo urbano (PDU) 63
III.5.1 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad 2010-2050.....63
III.6. Áreas Prioritarias 72
III.6.1 Región Terrestre Prioritaria.....72
III.6.2 Región Hidrológica Prioritaria 105.....73
III.6.3 Región Marina Prioritaria 63.....74
III.6.4 Áreas de Importancia de Conservación para las Aves.....75
III.6.5 Sitios RAMSAR 76

FIGURAS

Figura 1. Descripción de la UGA 139. 31

Figura 2. Diagrama de instalación del sistema de tratamiento. 36

Figura 3. Ubicación del predio Che hum, con respecto al Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad 2010-2050. 64

Figura 4. Ubicación del predio Che hum a la RTP más cercana. 72

Figura 5. Ubicación del predio Che hum (azul) y del SAR (rojo) en la RHP "Corredor Cancún-Tulum". 73

Figura 6. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a la RMP No. 63. 74

Figura 7. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a las AICAS. 75

Figura 8. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a los sitios RAMSAR.....76

TABLAS

Tabla 1. Vinculación del proyecto con los artículos aplicables de la LGCC al Proyecto. 19

Tabla 2. Características generales de la Región ecológica No. 17.33 25

Tabla 3. Estrategias de la UAB 62 aplicables al desarrollo del proyecto.....26

Tabla 4. Vinculación del proyecto con las estrategias aplicables a la UAB. 27

Tabla 5. Vinculación con los criterios generales del POELMS. 32

Tabla 6. Superficies de las áreas del proyecto. 42

Tabla 7. Criterios específicos de la UGA 14. 45

Tabla 8. Superficies de las áreas del proyecto. 48

Tabla 9. Especies a reubicar. 57

Tabla 10. Especies a reforestar.....58

Tabla 11. Vinculación con las principales normas aplicables. 61

Tabla 12. Normativa del uso de aprovechamiento extractivo señalado en el PDU. 65

Tabla 13. Superficies de las áreas del proyecto. 65

Tabla 14. Superficies de las áreas del proyecto. 66

Tabla 15. Coordenadas UTM WGS84 del predio Che-hum. 67

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

III.1. Ordenamientos jurídicos federales

III.1.1 Constitución política de los estados unidos mexicanos

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos en su Artículo 4, párrafo 5 manifiesta: "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 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. …

ANÁLISIS:

En el texto anterior se puede identificar que su aplicación y cumplimiento involucra tanto al Estado como a la sociedad. Por un lado, el Estado tendrá la obligación de garantizar el derecho a un ambiente sano, así como acceso y uso de los recursos hídricos. Pero, por otro lado, se involucra a la sociedad, primero indicando la responsabilidad a la que se hace acreedor a quien provoque afectaciones al medio ambiente y, en segundo lugar, indicando el derecho que tiene toda persona de tener el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos. Es así como en el presente documento se identifican los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto **Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional del proyecto denominado: "Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado "che-hum", Municipio de Solidaridad, Quintana Roo"**; y se proponen a la autoridad las medidas ambientales tendientes a prevenir y mitigar su efecto negativo en el medio ambiente. Lo anterior tiene la finalidad de brindar los elementos suficientes a la autoridad para que evalué los posibles efectos de la ejecución de las obras y actividades sobre el ecosistema y dictamine de manera fundada y motivada la procedencia de su ejecución bajo alguno de los términos establecidos en la LGEEPA

III.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- **I.** Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
- **II.** Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.
- **III.** La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.

IV. La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.

V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, agua y los demás recursos naturales, de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad como la preservación de los ecosistemas.

VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

VII. Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

VIII. El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la constitución.

IX. El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre estás y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental.

X. El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

A continuación, se analizan los artículos de la LGEEPA aplicables al proyecto:

"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 pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites o 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 secretaria.*

III.- *Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;*

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

ANÁLISIS:

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en las fracciones aquí indicadas del artículo 28 de la LGEEPA, es que previo al inicio del desarrollo del proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por medio de un **DTU-BR**, incluyendo la información técnica indicada en la guía correspondiente. Ello, con la finalidad de proporcionarle a la autoridad ambiental los elementos suficientes para que pueda llevar a cabo la evaluación y dictaminación en materia ambiental para el desarrollo del proyecto en cuestión. Lo anterior tomando en cuenta que el proyecto implica el llevar a cabo la construcción y desarrollo de un aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en el predio denominado Che-hum.

La parcela de interés para explotación se encuentra cubierta por vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, por lo que se considera someterlo a evaluación tomando en cuenta la **fracción VII** "*Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas*" de la LGEEPA.

Conforme a lo estipulado en el artículo 28° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente la naturaleza del proyecto corresponde al rubro de minería, el cual incluye:

III.- *Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear…*

En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de **20.16 hectáreas**, a un corte promedio de 5 metros. Con esto se obtendría aproximadamente **1,008,021.00 m³** de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de **Solidaridad** en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados. El ámbito sobre el cual se sustentará el presente proyecto será:

•Reducir al mínimo los desechos y los daños ambientales en toda la cadena de abastecimiento.
•Fomentar una administración responsable de los recursos naturales y el medio ambiente.
•Actual con prudencia cuando lo impactos sean desconocidos o inciertos
•Operar dentro de los lineamientos ecológicos y proteger el capital natural conforme a la normatividad ambiental aplicable.
•Evitar consecuencias ambientales a largo plazo, que pudieran dañar a las generaciones futuras.

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.

Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente. Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas de conocimiento de la Secretaría, a fin de que está, en un plazo no mayor a 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley."

ANÁLISIS:

El presente DTU- B incluye en sus capítulos IV, V, VII y VIII una descripción del ecosistema en el que se desarrollará el proyecto, la identificación de los posibles impactos, así como las medidas de mitigación y compensación que minimizarán los efectos generados por la construcción y operación del proyecto. Así mismo se manifiesta que en caso de realizar alguna modificación al proyecto, esta se ingresará en tiempo y forma tal y como se expresa en el presente artículo.

ARTÍCULO 35 BIS-1. Las personas que presenten servicios de impacto ambiental serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declaran bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

ANÁLISIS:
En cumplimiento con el presente artículo se anexa una carta bajo protesta de decir verdad, donde se garantiza que la información presentada y los métodos empleados para la elaboración del presente DTU-B son los adecuados para el proyecto y que se utilizaron las mejores técnicas y métodos existentes.

III.1.3 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Impacto Ambiental

Este instrumento jurídico publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 23 de mayo del año 2000, se refiere a las obras o actividades que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental.

ARTÍCULO 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la secretaría en materia de impacto ambiental.

L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;

II. Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoeléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas…

…

ANÁLISIS:

En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de **20.16 hectáreas**, a un corte promedio de **5 metros**. Con esto se obtendría aproximadamente **1,008,021.00 m³** de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de **Municipio de Solidaridad** en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados.

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.

ANÁLISIS:

Se considera la vinculación tomando en cuenta que el proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental implica la **remoción de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia presente en dos áreas irregulares de explotación para extracción de material pétreo y dos caminos de acceso en 20.44 ha para poder realizar el aprovechamiento de roca caliza es estrato seco (autorización a nivel estatal con la que ya cuenta el promovente) y por debajo del manto freático en estas mismas dos áreas irregulares**. Lo que, con la finalidad de dar cumplimiento con lo establecido con los incisos y fracciones aquí mencionados, es que se somete al procedimiento en materia de impacto ambiental el presente proyecto. A lo largo de este documento se proporcionan los elementos suficientes para que la autoridad ambiental cuente con los elementos suficientes para poder evaluar y dictaminar su viabilidad ambiental.

ARTÍCULO 9. Los promoventes deberán presentar ante la secretaria una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que esté realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

La secretaria proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo. La secretaria publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.

ARTÍCULO 10. Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

I. Regional, o
II. Particular

ARTÍCULO 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

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

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

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

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

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

ANÁLISIS:

Tomando en cuenta la naturaleza y las características del proyecto, se determinó que, se está en lo indicado en alguna de las fracciones del artículo 11 aquí referido, por lo que se procedió a elaborar un **DTU BR** para ser sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por el presente proyecto. Ello, con la finalidad de obtener la autorización en la materia de impacto ambiental y forestal, en este caso, por la SEMARNAT. Para ello, el capitulado de este documento sigue los indicado en las fracciones del artículo 12 del REIA. Para mayor detalle se siguió lo indicado en la guía específica para proyectos que implican el cambio de uso del suelo.

Asimismo, se toma como base el "**ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan**".

PRIMERO. Se establecen los trámites unificados de aprovechamiento forestal y de cambio de uso de suelo forestal, este último en sus modalidades A y B, los cuales son opcionales para los interesados y, por lo tanto, no anulan o limitan el derecho de éstos para solicitar las autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales, de cambio de uso de suelo forestal y en materia de impacto ambiental de manera separada.

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

V. Trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B: **es el que integra en un solo procedimiento administrativo el trámite relativo a la autorización en materia de impacto ambiental para la obras y actividades señaladas en la fracción VII más las descritas en cualquier otra fracción del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto la prevista en la fracción V de dicho numeral y el trámite de autorización de cambio de uso de suelo forestal a que se refiere el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**.

Congruencia con el proyecto= En este sentido, el proyecto se sujeta al procedimiento relativo en materia de impacto ambiental señalado en la fracción VII de la LGEEPA (Cambio de uso de suelo en áreas forestales), así como de la actividad descrita en la fracción III de la misma LGEEPA (Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear); y al mismo tiempo el trámite de la autorización en cambio de uso de suelo en terrenos forestales a que se refiere el artículo 93 y 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Ahora bien, el **documento técnico unificado modalidad b**, se presenta en **"Regional"** debido a que las obras se consideran dentro de las fracciones III y IV del artículo 11 del REIA, toda vez que:

Fracción III: El proyecto es un conjunto de proyectos de obras y actividades que consideran el cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la extracción en estrato seco y húmedo de material pétreo (roca caliza). Todas las obras se encuentran dentro de una misma región ecológica, de acuerdo a la definición XXX. Del Artículo 3, de la LGEEPA, la cual define:

XXX. ***Región ecológica****: La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes;*

De lo anterior, se tiene que dicho conjunto de obras se encuentra en la **Región ecológica 17.33** del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, denominada **"Karst de Yucatán y Quintana Roo".**

También se encuentra dentro de la **Región Marina Prioritaria** (instrumentada por CONABIO) denominada **"63 Punta Maroma – Punta Nizuc".**

Finalmente, las obras y actividades se ubican dentro de la **Región Hidrológica Prioritaria** (instrumentada por CONABIO) denominada **"105 Corredor Cancún – Tulum".**

Fracción IV: El Proyecto que pretende desarrollarse en el predio Che hum, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales (agua, suelo, manto rocoso, aguas subterráneas, flora de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, fauna y pasaje), se prevén impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, en caso de que no se apliquen las medidas de prevención, mitigación, compensación correspondientes. En el capítulo V de este documento se indica la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, de los cuales se identificó lo siguiente:

Impactos residuales

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos considerables como residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en este documento.

Derivado de la valoración cuantitativa se prevén que los impactos residuales serán 9:

- Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
- Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto
- Alteración del acuífero por intrusión salina.
- Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión
- Modificación de la geomorfología y relieve
- Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza
- Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza
- Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.
- Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

Impactos acumulativos

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan 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.

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de

otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. De acuerdo a lo anterior, se desprende que el Proyecto generará un total de 6 impactos acumulativos;

- Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
- Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto
- Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión
- Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.
- Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez
- Alteración del hábitat

Impactos sinérgicos

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos sinérgicos, entendidos como aquellos que se producen cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

La identificación de los impactos sinérgicos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. Del total de impactos residuales son 5:

- Alteración del acuífero por intrusión salina.
- Modificación de la geomorfología y relieve
- Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza
- Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza
- Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

De lo anterior, se prevé que el proyecto se apega a los requisitos y condiciones establecidas para la presentación de un Documento Técnico Unificado Modalidad B-R.

III.1.4 Ley General de Vida Silvestre

Este ordenamiento jurídico fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de julio del 2000 con última reforma del 19 de marzo de 2014; tiene por objeto incorporar disposiciones jurídicas relativas 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.

A continuación, se analizan los artículos de la **Ley General de Vida Silvestre** aplicables al proyecto:

ARTÍCULO 3. El ordenamiento citado prevé restricciones únicamente para las actividades de aprovechamiento extractivo y no extractivo. Entendiéndose en términos del artículo 3° de la LGVS:

I. Aprovechamiento extractivo: La utilización de ejemplares, partes o derivados de especies silvestres, mediante colecta, captura o caza.

II. Aprovechamiento no extractivo: Las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre los eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres.

ARTÍCULO 4. 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.

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. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.

ANÁLISIS:

El proyecto no realizará aprovechamiento extractivo de especies de flora y fauna. Sin embargo, el desarrollo del proyecto implica acciones que podrían afectar el hábitat natural de algunas especies que pudieran encontrarse en el sitio del proyecto, por lo que antes de iniciar cualquier actividad se aplicará el **Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna.**

ARTÍCULO 99. El aprovechamiento no extractivo de vida silvestre requiere una autorización previa de la Secretaría, que se otorgará de conformidad con las disposiciones establecidas en el presente Capítulo, para garantizar el bienestar de los ejemplares de especies silvestres, la continuidad de sus poblaciones y la conservación de sus hábitats. Las obras y actividades de aprovechamiento no extractivo que se lleven a cabo en manglares deberán sujetarse a las disposiciones previstas por el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

ANÁLISIS: El proyecto no realizará aprovechamiento extractivo de especies de flora y fauna ni de ningún tipo. Por lo que, no es vinculable con el proyecto en comento.

III.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La presente Ley es reglamentaría de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y 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.

A continuación, se vinculan los artículos de la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** aplicables al proyecto:

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."

ANÁLISIS:

El proyecto contempla la ejecución del **Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial**, que será aplicado en cada una de las etapas. Se promoverá la clasificación de residuos y se colocarán contenedores rotulados y con tapa que se ubicarán en áreas específicas, procurando que se encuentren sobre áreas impermeables. En la etapa operación, se colocarán contenedores rotulados de acuerdo con el tipo de residuo que se colocará dentro, serán dispuestos en todos los frentes de trabajo y durante la operación se colocarán en áreas donde existan altas afluencias de personas.

III.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Instrumento normativo publicado el 25 de febrero de 2003 en el Diario Oficial de la Federación; que tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Recientemente el 13 de abril de 2020 se expide el decreto por que se reforman y adicionan diversas fracciones del artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; con el propósito de armonizar conceptos utilizados en el ámbito forestal y contribuir a brindar certeza sobre la presencia o ausencia de cada tipo de ecosistema y, por lo tanto, sobre los tipos de Cambio de Uso de Suelo que puedan presentar.

En este sentido, se somete a vinculación si el predio donde se pretenden desarrollar las obras y actividades del proyecto estará sujeto o no a presentar el procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

De todo lo expuesto, a efecto de determinar si el predio debe sujetarse al procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) se procede a realizar el análisis y vinculación técnico-jurídica de las definiciones aplicables correspondientes a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que a continuación se señalan:

"Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

VI. *Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales;"*

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

*"**LX Bis. Selva**: Ecosistema forestal de clima tropical en el que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, excluyendo los acahuales y guamiles y que cuentan con las características para ser considerados terrenos forestales arbolados de acuerdo con esta Ley. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar, de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía;"*

*"**LXXI Bis. Terreno forestal arbolado**: Terreno forestal que se extiende por más de 1,500 metros cuadrados dotado de árboles de 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;"*

"***LXXI. Terreno forestal:*** *Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales;"*

*"**LXXXI. Vegetación secundaria nativa**: Aquella vegetación forestal que surge de manera espontánea como proceso de sucesión o recuperación en zonas donde ha habido algún impacto natural o antropogénico;"*

*"**XLIV. Terreno preferentemente forestal**: Aquel que habiendo estado cubierto por vegetación forestal y que en la actualidad no está cubierto por dicha vegetación, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía, cuya pendiente es mayor al 5 por ciento en una extensión superior a 38 metros de longitud y puede incorporarse al uso forestal, siempre y cuando no se encuentre bajo un uso aparente;"*

Sección Séptima
Del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

Artículo 93. La Secretaría solo 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del

Consejo Estatal Forestal de que se trate. La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.

ANÁLISIS:

El predio Che-hum presenta vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, la cual se considera dentro de las definiciones que implican que el área de interés es **vegetación forestal** y, por tanto, al requerir la remoción en las **20.44 ha** se deberá solicitar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales de acuerdo a lo señalado el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. En este sentido, se presenta el procedimiento de Documento Técnico Unificado para ser evaluado en materia forestal; dando así cumplimiento con este instrumento normativo.

III.1.7 Ley General De Cambio Climático

La presente Ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Esta Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera.

El Cambio Climático es la 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. La Ley fue publicada el 06 de junio de 2012.

ANÁLISIS:

El portal de cambio climático por estado y sector del INECC (SEMARNAT), muestra para Quintana Roo las tendencias de cambio esperadas en temperatura y lluvias para los próximos 60 a 70 años, detectadas a partir de escenarios para los años 2050, 2080 a 2100. Las tendencias no difieren mucho de las esperadas a nivel regional o nacional, las cuales están ya ampliamente documentadas. Como en gran parte del territorio nacional, en el caso de Quintana Roo hay incertidumbre en los cambios que se pudieran presentar en las lluvias particularmente debido al efecto de la zona costera y la influencia de fenómenos como los huracanes o las oscilaciones globales como El Niño y La Niña, pero a largo plazo se identifica una clara tendencia a la disminución de la precipitación total anual y el incremento de la temperatura media anual así como un incremento en la variabilidad de dichos factores.

Por su relativa homogeneidad con el resto de la península de Yucatán, las condiciones climáticas del estado se encuentran fuertemente asociadas con el comportamiento de la península en su conjunto, en gran medida debido al relieve orográfico bajo y la misma condición peninsular que rodea a toda la región con grandes masas de agua. Para establecer las condiciones futuras probables para el estado se usaron varios modelos y escenarios, tomando como base los trabajos de (Orellana, R. et al., 2009), para el Atlas de Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán.

Los efectos que pudiera tener el Cambio Climático en Quintana Roo, se resumen en las amenazas que este representa a la población y al entorno natural. Pudiéndose identificar de dos tipos: a) las que son de carácter global, que representan cambios en el Clima a nivel mundial (huracanes e incrementos en el nivel de mar). b) y las que son propias de las modificaciones del clima local (lluvias torrenciales, sequías, suradas y ondas de calor). Ambas tienen diferentes impactos dentro de los sectores, de manera general se expresan en el siguiente esquema.

El cambio climático se traducirá en abundancia y escasez de agua, en función de la zona o época. Así, provocara lluvias de gran intensidad en algunos lugares (vgr. zonas costeras o bajas, estribaciones montañosas), mientras que, en otros, periodos de sequias prolongadas. Si bien e Quintana Roo las sequías no son un elemento extraño, por la humedad residual en la cobertura vegetal, el incremento de temperatura si ocasionará en general cambios en la vegetación que, en el largo plazo, pueden conducir hacia cambios en la misma de una cobertura subperennifolia a una subcaducifolia o inclusive caducifolia, disminuyendo la reserva de agua en la vegetación.

Se pronostica que el incremento de la temperatura propiciará una mayor demanda del recurso hídrico para consumo humano, para riego de las zonas agrícolas en particular en la zona sur del estado donde esta actividad tiene su máxima expresión estatal y para otros usos que demanda el crecimiento económico mientras, al mismo tiempo, se reduce la disponibilidad del líquido vital en la mayor parte de las áreas con mayor carsticidad.

Cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible durante un tiempo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad, estamos frente a lo que se denomina estrés hídrico. El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofizaci6n, contaminación por materia orgánica, intrusión salina, etc.)

En la región se identifican los siguientes impactos potenciales genéricos:

• Cambios en el ciclo hidrológico: regímenes de precipitación, intensidad, extremos, humedad en el suelo, escurrimiento; el mayor impacto deriva de la variabilidad o incertidumbre, que afecta más a la actividad agropecuaria no tecnificada que es la dominante en el estado, aunque no la de mayor peso económico

• Impacto de fenómenos extremos en arrastre de suelos, deslaves, etc., en el sur del estado en tanto que se incrementan los efectos de la lixiviación de nutrientes en los suelos del resto del estado.

• En zonas costeras, el incremento en el nivel del mar provocará inundación de zonas bajas (en algunas de las cuales se ubica la infraestructura de mayor peso económico del estado) y agudizará la intrusión salina

• Un ciclo hidrológico con menos lluvia, más intensa y periodos sucesivos de precipitación abundante y sequias, puede provocar una mayor demanda de aguas subterráneas en los periodos intermedios, agudizando la sobrexplotación

• Durante los periodos lluviosos, el arrastre de materiales a los cuerpos de agua superficiales incluyendo las lagunas costeras aumentará, mientras que, en los periodos secos, la capacidad de autodepuración disminuirá; en conjunto, la calidad del agua superficial y subterránea puede verse seriamente afectada

• Los sistemas de drenaje combinados se verán afectados con la presencia más frecuente de lluvias intensas; deberán tomarse previsiones efectivas para manejar adecuadamente el retorno de flujos de agua residual durante picos de tormenta

Hablando particularmente del Municipio de Solidaridad, se consultó al sitio web del INECC visualizando la "Vulnerabilidad al Cambio Climático"[1] y la Ficha climática de Quintana Roo[2], en donde se precisó lo siguiente:

Incremento Estático del Nivel del Mar en las Costas del Estado de Quintana Roo.

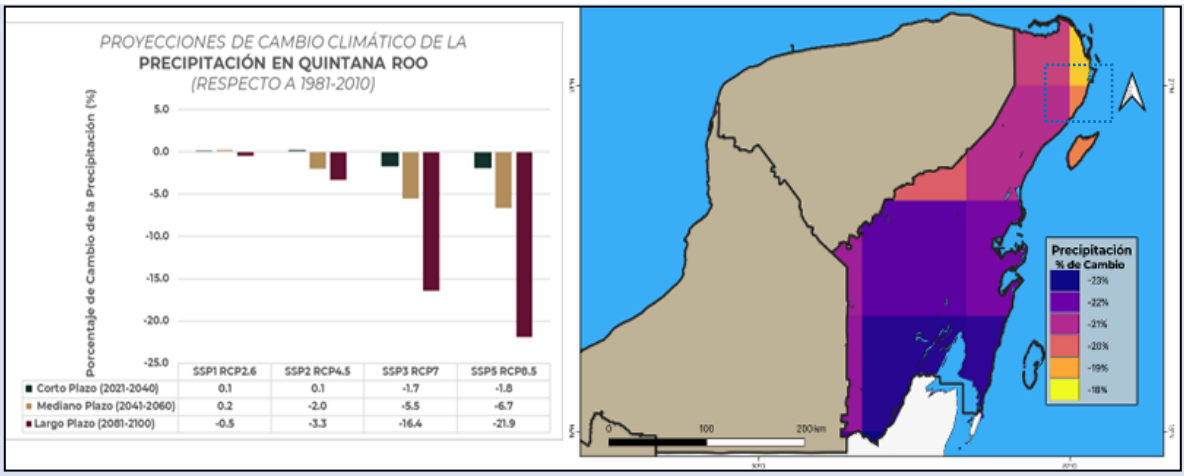
Zonas costeras cubiertas por un aumento de 3.0 m: Terreno cubierto con un nivel de aumento de 3.0 metros mediante combinaciones de aumento del nivel del mar, mareas y marejada ciclónica. Se puede observar que las zonas más afectadas abarcan desde la Reservade la Biosfera de Sian Ka'an hasta Xcalak. En l aparte norte del estado, Holbox quedaría bajo el agua.

Proyecciones de precipitación

En las gráficas se observan las proyecciones a futuro de cuatro escenarios de cambio climático en tres periodos de tiempo. Cada uno de ellos muestra una representación plausible de cómo podrían ser las condiciones a futuro si se cumplen ciertas consideraciones. En los mapas se representa el escenario más pesimista (SSP5RCP8.5) a largo plazo (2081-2100).

[1] https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Vulnerabilidad/V_23.html

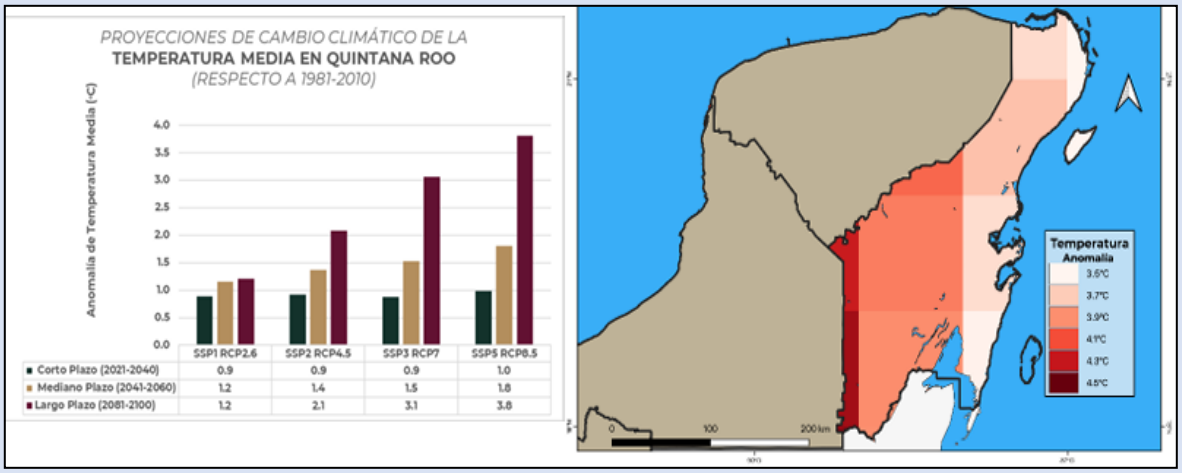
[2] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/23_Ficha.pdf



Proyecciones de cambio climático frente a la precipitación. El porcentaje de cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de -20%.

Proyecciones de temperatura

Las proyecciones de la temperatura muestran en todos los escenarios de cambio climático un incremento gradual de la temperatura que va de 0.9 a 1.2ºC en el escenario más favorable (SSP1 RCP2.6), yde1.0a3.8ºCenel escenario más pesimista (SSP5RCP8.5). En el mapa se puede observar el mayor incremento de la temperatura al suroeste del estado de Quintana Roo.



Proyecciones de cambio climático frente a la temperatura. El cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de 3.6 °C.

Tabla 1. Vinculación del proyecto con los artículos aplicables de la LGCC al Proyecto.

ARTÍCULO	ANÁLISIS
Artículo 2o. Esta Ley tiene por objeto: **I.** Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la	I. Para garantizar el derecho al medio ambiente sano es que el presente Proyecto se somete al

concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y 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;	procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y en materia forestal con la finalidad de que la autoridad determine su viabilidad. Por su parte, el promovente manifiesta el cumplimiento a todos los instrumentos normativos que le son aplicables, incluyendo la LGCC.
II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas 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;	En el capítulo IV se considera al Cambio Climático como un apartado en donde se analiza la vulnerabilidad del municipio de Solidaridad frente al Cambio climático a fenómenos como el aumento de la altura del mar, del aumento en la temperatura y a los cambios en la cantidad de precipitación.
III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;	II. En el capítulo II se presentó una fracción en donde se indica el origen de los gases de efectos invernadero que el proyecto podría producir. En el capítulo VI se exponen las medidas de adaptación al Cambio Climático tales como:
IV. 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;	III. ***Agua: enfocadas para disminuir el consumo de agua y la disponibilidad del vital líquido***. •Se realizarán capacitaciones para que el personal contratado utilice el agua de manera apropiada, evitando desperdicios del recurso. •Se contratarán servicios de sanitarios portátiles para la etapa de preparación del sitio y se les dará la disposición final de las aguas residuales a través de las empresas contratadas. •Se les dará mantenimiento constante a las instalaciones del único baño fijo que se prevé en el sitio. Así como se verificará el óptimo funcionamiento de la mini PTAR.
V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;	
VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad;	
VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y	***Aire: Para disminuir la emisión de Gases Efecto Invernadero se reducirá el consumo de energía***

VIII. Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.	•No se prevé el uso de energía eléctrica para el desarrollo del proyecto. ***Suelo: Enfocadas principalmente a la gestión y disposición adecuada de todo tipo de residuos:*** •Se llevarán registros de incidentes, derrames accidentales de aceites o de sustancias contaminantes. •Se establecerá un almacén temporal de residuos sólidos urbanos dentro del área del proyecto. •Los residuos generados en cada una de las actividades que contempla el Proyecto deberán recogerse diariamente al finalizar la jornada de trabajo y colocarse en los contenedores temporales. •Se implementará el Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, con la finalidad de manejar adecuadamente los residuos en cada etapa y remitirlos a sitios autorizados. •Se realizarán capacitaciones constantes al personal sobre la correcta clasificación de los residuos sólidos urbanos, además de que se explicarán acciones enfocadas en el reúso, reciclado y reducción de estos. •Se colocarán contenedores rotulados de acuerdo con la siguiente separación: orgánico, inorgánico, papel, plástico, metal, vidrio, madera y tela. •Los residuos generados por empaques, envolturas, plásticos y otros derivados de la movilización, colocación de señalética, etc., deberán ser colocados en los contenedores correspondientes y posteriormente, darles disposición final a través del servicio municipal. •Los residuos depositados en los contenedores temporales (cuarto de basura) serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal. No deberán durar más de una semana en almacenamiento temporal. Se vigilará la medida a través de bitácoras ambientales.
Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración	De Acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, México tiene como meta

pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes: **I.** Reducción de emisiones en la generación y uso de energía: a) Fomentar prácticas de eficiencia energética y promover el uso de fuentes renovables de energía; así como la transferencia de tecnología de bajas en emisiones de carbono, de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética. b) Desarrollar y aplicar incentivos a la inversión tanto pública como privada en la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y tecnologías de cogeneración eficiente. Dichos incentivos se incluirán en la Estrategia Nacional, la Estrategia Nacional de Energía, la Prospectiva del Sector Eléctrico y en el Programa Sectorial de Energía. c) Establecer los mecanismos viables técnico económicamente que promuevan el uso de mejores prácticas, para evitar las emisiones fugitivas de gas en las actividades de extracción, transporte, procesamiento y utilización de hidrocarburos. d) Incluir los costos de las externalidades sociales y ambientales, así como los costos de las emisiones en la selección de las fuentes para la generación de energía eléctrica e) Fomentar la utilización de energías renovables para la generación de electricidad, de conformidad con la legislación aplicable en la materia. f) Promover la transferencia de tecnología y financiamiento para reducir la quema y venteo de gas, para disminuir las pérdidas de éste, en los procesos de extracción y en los sistemas de distribución, y promover su aprovechamiento sustentable.	aspiracional, reducir la emisión de los GEI en un 30% para el 2020 respecto a la línea base y en un 50% para el 2050 respecto a las emitidas en el 2000. Para cumplir con dichas metas es necesario involucrar a los distintos sectores productivos del país, así como a los gobiernos federal, estatal y municipal, con el fin de generar acciones, proyectos, políticas y estrategias conjuntas y corresponsables que permitan atender la problemática que demanda el cambio climático. De lo anterior, se tiene que el Proyecto busca reducir las emisiones de GEI durante sus etapas y a través de las medidas preventivas que se señalan en el capítulo VII. .

g) Desarrollar políticas y programas que tengan por objeto la implementación de la cogeneración eficiente para reducir las emisiones. h) Fomentar prácticas de eficiencia energética, y de transferencia de tecnología bajas en emisiones de carbono. i) Expedir disposiciones jurídicas y elaborar políticas para la construcción de edificaciones sustentables, incluyendo el uso de materiales ecológicos y la eficiencia y sustentabilidad energética.	

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

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) abarca una superficie de 58,994 km^2 misma que está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial), los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización. La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas (UAB). Tiene como finalidad establecer el programa de uso del suelo y el manejo de los recursos naturales, procurando proteger, preservar y lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad, tomando en cuenta las características y aptitudes de cada área.

Los 10 lineamientos ecológicos que se formularon para este Programa, mismos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional. Por su parte, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, fueron construidas a partir de los diagnósticos, objetivos y metas comprendidos en los programas sectoriales.

Los lineamientos ecológicos a cumplir son los siguientes:

1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.

2. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.

3. Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.

4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.

5. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.

6. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.

7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.

8. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.

9. Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.

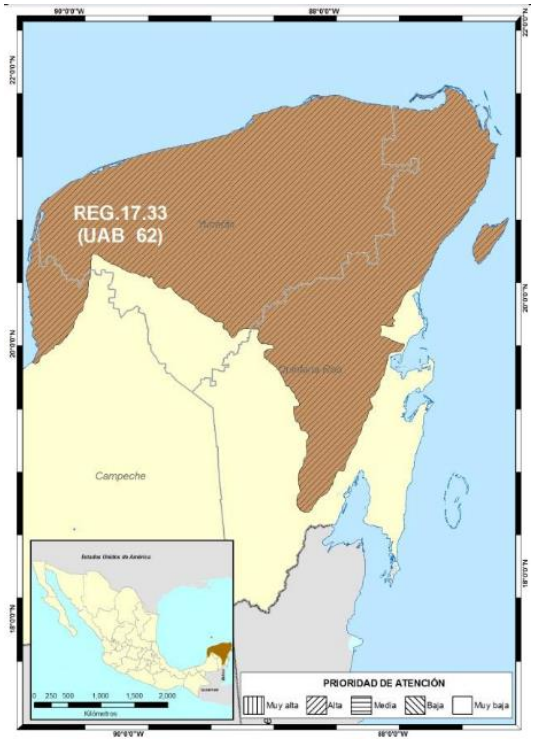
10. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

El proyecto se ubica dentro de la delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) en la Región Ecológica: 17.33 dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 62 Karst de Yucatán y Quintana Roo**.

Esta UAB se caracteriza por presenta una muy alta degradación de la Vegetación y una media degradación de los Suelos. Las actividades ganaderas y mineras tienen un nivel medio de importancia, ya que el ingreso de las familias se basa de las actividades remuneradas por municipios. En cuanto a su vegetación, tienen un tipo de uso de suelo es Forestal y Pecuario y presentan una

degradación media por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja. La descripción de la UAB 62 se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 2. Características generales de la Región ecológica No. 17.33

<table>
<tr><th colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 17.33
Unidad Ambiental Biofísica que la compone:</th></tr>
<tr><th colspan="3">62. Karst de Yucatán y Quintana Roo</th></tr>
<tr><td rowspan="7">
</td><td>Localización:
Oeste, centro, norte y este de Yucatán. Centro, norte y noreste de Quintana Roo</td><td>Política Ambiental:
Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable</td></tr>
<tr><td>Estrategias sectoriales
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44</td><td>Rectores del desarrollo
Preservación de Flora y Fauna -Turismo</td></tr>
<tr><td>Superficie en Km2:
59,542.35 Km2</td><td>Escenario al 2033:
Inestable a Crítico</td></tr>
<tr><td>Población Total:
2,982,494 hab</td><td>Coadyuvantes del desarrollo
Desarrollo Social - Forestal</td></tr>
<tr><td>Prioridad de Atención:
Alta</td><td>Otros sectores de interés
Pueblos Indígenas</td></tr>
<tr><td>Asociados del desarrollo
Agricultura -Ganadería</td><td>Población Indígena:
Maya</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Inestable. Conflicto Sectorial Muy Alto. No presenta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Baja. El uso de suelo es Forestal y Pecuario. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0.0. Alta marginación social. Muy bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy</td></tr>
</table>

	bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Medio porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

Estrategias Ecológicas

Se realiza un análisis de las estrategias sectoriales y acciones del POEGT que se establecen para la UAB 62 que son aplicables al proyecto de acuerdo a las obras y actividades a realizar.

Tabla 3. Estrategias de la UAB 62 aplicables al desarrollo del proyecto.

Estrategias. UAB 62	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. 10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos. 11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA. 12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	

Estrategias. UAB 62	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.
E) Desarrollo Social	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones

En cuanto al desarrollo del proyecto, las obras y actividades se vinculan con las estrategias ecológicas y acciones señaladas para esta UAB en la Tabla siguiente.

Tabla 4. Vinculación del proyecto con las estrategias aplicables a la UAB.

Estrategias. UAB 62		**Acciones**
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	• Fomentar y consolidar las iniciativas de protección y conservación *in situ*, como las áreas naturales protegidas en los ámbitos federal, estatal y municipal de conservación ecológica de los centros de población, aquellas destinadas

Estrategias. UAB 62		Acciones
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
		voluntariamente a la conservación y las designadas por su importancia a nivel internacional, incrementando el número de áreas que cuentan con un financiamiento garantizado para las acciones básicas de conservación. • Fomentar acciones para la conservación *in situ* de los ecosistemas y las especies, en especial, de aquellas especies en riesgo. • Fomentar acciones para proteger y conservar los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional. • Impulsar el desarrollo sustentable dentro de las áreas naturales protegidas y hacia fuera de ellas.
B) Aprovechamiento sustentable	4.Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5.Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6.Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7.Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.	NO APLICA
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. 10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos. 11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las	• Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando mantener el caudal ecológico. • Identificar cuerpos de agua de atención prioritaria.

Estrategias. UAB 62		Acciones
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
	presas administradas por CONAGUA. 12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	NO APLICA
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	• Incorporar criterios ambientales (tales como: sistema de tratamiento de aguas, manejo y disposición de residuos sólidos, otros) en la autorización de desarrollos turísticos en sitios con aptitud turística.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	• Impulsar el desarrollo sustentable de las obras a desarrollar
E) Desarrollo Social	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita	• Mejorar la infraestructura existente de manera sustentable y que facilite el acceso a mejores fuentes de ingresos.

Estrategias. UAB 62		Acciones
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
	mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	NO APLICA.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	NO APLICA

ANÁLISIS: El proyecto se ubica dentro de la delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) en la Región Ecológica: 17.33 dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 62 Karst de Yucatán y Quintana Roo**. No se contrapone con su política ambiental ni con los rectores de desarrollo y es congruente con las estrategias ecológicas.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

El Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, es el instrumento de política ambiental que permitirá regular e introducir los usos del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos.

El **POEMyRGMyMC** identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio.

Con fecha 24 de noviembre del año 2012, se publica el acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio programa, tal y como se muestra a continuación:

DE ACUERDO CON LA UBICACIÓN DEL SITIO LE CORRESPONDEN LA UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL No. 139.

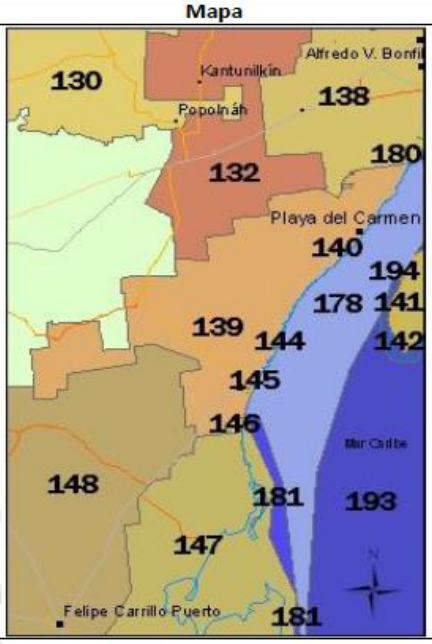
		Mapa
Tipo de UGA	Costera	
Nombre:	Solidaridad	
Municipio:	Solidaridad	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	135237 Habitantes	
Superficie:	327229.174 Ha.	
Subregión:	Aplicar acciones y criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico	Presente	
Puerto Comercial	Presente	
Puerto Pesquero		
Nota:		

Figura 1. Descripción de la UGA 139.

Los artículos del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, establecen:

Artículo Primero. - *Se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, que corresponde a las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo.*

Artículo Segundo. - *Se da a conocer la parte Regional del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo, para que surta los efectos legales a que haya lugar.*

Dado que, el sitio del proyecto se encuentra ubicada en la Unidad de Gestión Ambiental **número 139**; y esta corresponde a una Unidad de tipo regional. De acuerdo con el artículo Segundo del Acuerdo de expedición, **esta solamente fue dada a conocer y no se encuentra Decretada**, ya que conforme señala el artículo Tercero, tal situación ocurrirá cuando, en este caso, el Gobierno del Estado de Quintana Roo publique a través de su órgano oficial de difusión, la ficha de las UGA correspondientes.

Por tal motivo **no se realiza la vinculación del proyecto con los lineamientos, acciones y criterios aplicables a esta Unidad de Gestión Ambiental, dado que no resulta vinculante**.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Local del municipio de Solidaridad, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el día el 25 de mayo de 2009, así como a la ubicación del área en donde pretende desarrollarse el Proyecto, le corresponden la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 14.

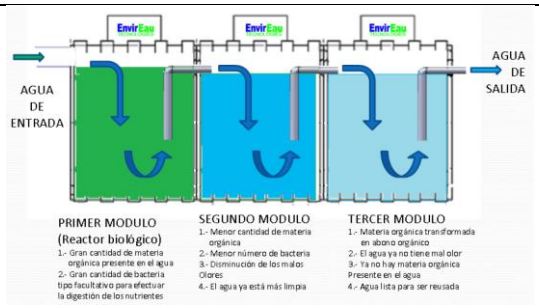
Tabla 5. Vinculación con los criterios generales del POELMS.

Clave	Criterio	Vinculación
CG-01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental,	En este capítulo III se presenta la vinculación y congruencia con todos los instrumentos normativos. La elaboración del presente DTU BR se suma a los esfuerzos de la proponente a efectos de dar cabal cumplimiento a las legislaciones de los diferentes niveles que se señalan, así como cualquier otro que deba satisfacerse en la actualidad o a futuro.

	urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	
CG-02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente	En cumplimiento a este criterio se presenta el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y previo a la ejecución del proyecto se aplicarán dichas acciones. En el DTU-BR se señala la selección de especies, número de individuos por especie a rescatar, los métodos y técnicas que se proponen aplicar, así como el monitoreo que se realizará a los ejemplares rescatados. El Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna se adjunta a este documento.
CG-03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Previo al inicio de las actividades se implementará el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y reubicación de fauna, con la finalidad de evitar cualquier daño a la misma fauna. Se incluyen los listados potenciales de fauna y se señalan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el SAR. Las acciones que se ejecutarán serán: 1. Se realizarán actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre previo a las etapas de preparación del sitio y construcción, teniendo especial atención las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010. 2. Se prohibirán las actividades de caza, colecta y tráfico de animales silvestres. 3. Se colocarán letreros informativos de las restricciones entorno a la fauna silvestre,

		como son: prohibición de caza, colecta u otra actividad que pudiera afectar directamente a los ejemplares
CG-04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos	En el proyecto se mantendrá un área de conservación que preservará la vegetación nativa. La superficie del área de conservación corresponderá al 59.12% de la superficie total del predio (295,611.78 m^2). No se prevé el uso de empleo de flora exótica.
CG-05	Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	El proyecto conservará la conectividad del ecosistema, al ubicarse en la porción central del mismo sin fraccionar la superficie con cobertura vegetal.
CG-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los	Los productos del desmonte y despalme serán almacenados temporalmente en un sitio dentro del proyecto para posteriormente, en el caso de material de desmonte se picado o triturado y revuelto con el material del despalme para su uso en las áreas de restauración durante la etapa de abandono del sitio, de tal manera que, en ningún

	materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	momento, serán empleados para su comercialización.
CG-07	Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.	En la etapa de preparación del sitio y construcción, el proyecto tiene previsto utilizar sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 10 trabajadores en cada una de las etapas del proyecto. Las aguas residuales se mantendrán en los sanitarios portátiles hasta su retiro por parte de la empresa proveedora del servicio. En la etapa de operación, mantenimiento y abandono del sitio, se utilizará un baño fijo conectado a un sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento constará de una MicroPTAR tipo paquete mod. MUTAR compuesta de tres compartimientos conectados a un contenedor. El primer módulo (reactor biológico) permitirá retirar la mayor cantidad de materia orgánica presente en el agua, concentrará el mayor número de bacterias de tipo facultativo para efectuar la digestión de los nutrientes. El segundo módulo recibirá las aguas con una menor cantidad de materia orgánica, por lo que, el número de bacterias será menor, habrá disminución de malos olores y el agua se apreciará más limpia. El tercer módulo la materia orgánica estará transformada en abono orgánico, las aguas tratadas ya no presentarán olores y podrá ser reutilizada. El contenedor tendrá una capacidad de 1100 litros. Las aguas tratadas serán recolectadas por una empresa para su envío a la PTAR Municipal.

		 Figura 2. Diagrama de instalación del sistema de tratamiento.
CG-08	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	En la etapa de preparación del sitio y construcción las aguas residuales se mantendrán contenidas en los sanitarios portátiles hasta su retiro por parte de la empresa proveedora del servicio, mientras que, en la etapa de operación, mantenimiento y abandono del sitio, las aguas serán tratadas con una Micro PTAR Tipo Paquete para posteriormente se recolectadas y enviadas a la PTAR más cercana, de tal forma que se evitará en todo momento su mezclado con las aguas pluviales. Por su parte, no se contará con drenaje pluvial, debido a que se conservarán áreas con sus características naturales, que permitirán dar continuidad a la filtración y escurrimiento de las aguas pluviales.
CG-09	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	Para el desarrollo del proyecto no se contempló realizar obras de drenaje pluvial toda vez que las áreas de conservación serán suficientes para permitir la filtración y escurrimiento del agua pluvial, por lo que, no se consideraron medidas o acciones relacionadas con este criterio.
CG-10	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	No se prevé el uso de materiales calizos u otro tipo de recursos naturales. En caso de requerirse el uso de materiales pétreos durante la etapa de preparación del sitio y construcción provendrán de fuentes autorizadas.

CG-11	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El proyecto no contará con áreas verdes, así mismo, se considera que las áreas de conservación no requerirán de ningún tipo de control preservando sus condiciones naturales.
CG-12	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	El polígono del proyecto que pretende utilizar cuenta con una superficie de 500,000.00 m^2, por lo que, en cumplimiento a este criterio, se monitoreará el desempeño ambiental del proyecto a través de un estudio técnico que establezca indicadores de calidad ambiental, mismo que, se presentará en los informes de cumplimiento de términos y condicionantes.
CG-13	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	Los residuos generados por las actividades de construcción serán dispuestos de acuerdo con su naturaleza, para los residuos sólidos urbanos serán transportados al relleno sanitario, mientras que los residuos producto del desmonte y despalme serán dispuestos al interior del proyecto para su posterior aprovechamiento en las actividades de reforestación.
CG-14	Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas	No se hará la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO. Solo se contempla el uso de especies nativas de la región.

	modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.	
CG-15	Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	El predio de interés no colinda con playas aptas para la anidación de tortugas marinas o constituye un sitio de reproducción de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que, no se consideraron medidas o acciones relacionadas con este criterio.
CG-16	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	En cumplimiento del presente criterio durante la etapa de preparación del sitio y construcción se realizará lo siguiente: 1. Se contará con sanitarios portátiles para los trabajadores. 2. No será necesario pernoctar en el predio del proyecto, debido a la cercanía con la zona urbana y a la facilidad de transporte que brindará el promovente a los trabajadores. 3. Se elaborará un programa para el manejo de residuos sólidos, que establezca estrategias para la reducción, reciclaje y minimización en la generación de residuos. 4. Se monitoreará el estado del tiempo durante la temporada de fenómenos hidrometeorológico y en caso necesario, se suspenderán actividades para el resguardo

		del personal y se retirará la maquinaria para su protección.
CG-17	El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM015-SEMARNAP/SAGAR-1	No se utilizará fuego en ninguna de las etapas del proyecto, por lo que no es vinculante el criterio con el proyecto.
CG-18	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.	En cumplimiento a este criterio, se presentará anexo a los informes de cumplimiento lo siguiente: 1. Un plano georreferenciado proyectado en UTM, Datum WGS84, Zona 16Q donde se señalen las áreas aprovechadas, vegetación afectada y su superficie.
CG-19	Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.	El proyecto consistirá en la extracción de roca caliza, sin embargo, se tiene previsto realizar dos caminos de acceso para acceder a los polígonos de aprovechamiento de material pétreo, de tal forma que, se incluye dentro de las actividades objeto del presente documento para la obtención de su autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
CG-20	El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano	El proyecto consistirá en la extracción de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica,
CG-21	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá	En relación con el presente criterio, se manifiesta lo siguiente: En la etapa de preparación del sitio y construcción, no será necesario el uso de sustancias potencialmente contaminantes, toda vez que la construcción de los caminos no requerirá más que materiales pétreos, así mismo, para la construcción del baño fijo únicamente se hará uso de pintura, como sustancia para la construcción que, una vez

	manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén	desechados los envases vacíos, serán manejados en conforme a sus características. En la etapa de operación y mantenimiento, debido a la naturaleza del proceso productivo será requerido el uso de sustancias para aprovechar los recursos, que consistirán en explosivos. Estas sustancias no serán almacenadas en sitio, sino serán trasladadas por cada evento, previo proceso de supervisión por parte de las autoridades competentes en la materia. En la etapa de abandono, no será necesario el uso de sustancias, debido a que las actividades de restauración serán por medios mecánicos y manuales, así mismo, se utilizará el producto del desmonte y despalme para las actividades de reforestación y en caso necesario, se usarán abonos orgánicos. Por su parte, los combustibles y lubricantes de las unidades serán provisto de estaciones de servicio cercanas al proyecto, de tal manera que no se almacenará en el sitio, así mismo, como se señala en este documento, las actividades de mantenimiento serán realizadas en talleres especializados por lo que, no se generarán residuos peligrosos.
CG-22	El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.	En cumplimiento a este criterio, se contará con los permisos pertinentes emitidos por la Secretaría de la Defensa Nacional, así mismo, se entregarán el cronograma de detonaciones y el programa de protección a Protección Civil.
CG-23	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y	En cumplimiento a este criterio, se manifiesta lo siguiente: 1. En la etapa de preparación del sitio y construcción, no se generarán residuos peligrosos. 2. En la etapa de operación y mantenimiento, los residuos peligrosos provendrán de los remanentes de explosivos utilizados, mismos

	normatividad ambiental aplicable en la materia.	que se dispondrán conforme a las disposiciones de la Secretaría de la Defensa Nacional. 3. En la etapa de abandono, no se generarán residuos peligrosos. En caso de generación en alguna de las etapas, se almacenarán conforme a las características de los residuos, almacenándose temporalmente en contenedores de 200L y enviándose a su destino final a través del servicio de recolección autorizado para tal fin.
CG-24	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.	El proyecto se ubica al oeste de la Carretera Federal 307, por lo tanto, no es vinculante la definición de ecosistema costero.
CG-25	La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se	La extracción de roca caliza, se pretende realizar en un polígono con una superficie de 50 hectáreas de las cuales se explotarán dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2 con una superficie total de 201,604.20 m^2, además se contará dos caminos de acceso a las áreas de aprovechamiento de una superficie de 2,784.02 m^2. La superficie restante, se conservará con sus características naturales.

	contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto. Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto. Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Tabla 6. Superficies de las áreas del proyecto. **Área** | **Superficie (m^2)** Área de extracción 1 | 106,371.60 Área de extracción 2 | 95,232.60 **Subtotal de extracción** | **201,604.20** Camino 1 | 2,693.67 Camino 2 | 90.34 **Subtotal de caminos** | **2,784.02** **Subtotal de aprovechamiento del proyecto (CUSTF)** | **204,388.22** Área de conservación | 295,611.78 Superficie total del predio | 500,000.00 La distribución de superficies se ajusta a lo mencionado en el artículo 132 de la Ley de Equilibrio y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo que dice: "*Para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable.* *Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo".* En virtud de lo anterior, el proyecto respeta la superficie mínima de área permeable, toda vez que el área de conservación equivalente al 59.12% de la superficie total, mantendrá sus características naturales, por lo que se considera cumplido este criterio. En el caso del presente criterio se expone que el proyecto no cuenta con obras de

		construcción o de edificación, puesto que solo existirán obras provisionales. Asimismo, se observa que el criterio general CG-25 señala que: "*cuando el área afectada del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente*", por lo que, se presentará el Programa de Restauración y uso alternativo que fue presentado en la Manifestación de Impacto Ambiental estatal. En este sentido, se reitera que el proyecto cuenta con una autorización otorgada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023 (Se adjunta a este documento).
CG-26	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	En el predio del proyecto no se encuentran vestigios arqueológicos, por lo que, se considera que el presente criterio no es aplicable.
CG-27	Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de	El proyecto consistirá en el aprovechamiento de materiales pétreos, es de carácter privado, sin embargo, se solicita mediante el presente documento la solicitud de autorización en materia de evaluación de impacto ambiental y en cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

	cambio de uso del suelo de terrenos forestales	
CG-28	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	El proyecto consistirá en el aprovechamiento de materiales pétreos, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CG-29	Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	En cumplimiento a este criterio, se anexa a este documento el estudio de mecánica de suelos correspondiente.
CG-30	Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación	En proyecto no requerirá la instalación de campamentos de construcción, de tal manera que no vivirán en el sitio, sin embargo, se establecerán medidas consistentes en la implementación de pláticas de concientización ambiental.
CG-31	En caso que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación	El proyecto ha realizado un estudio de mecánica de suelos y geohidrológico, mismos que se incorporan como parte de la toma de decisiones en el diseño del proyecto y las áreas a explotar. Dichos estudios se presentan en los anexos de este manifiesto.
CG-32	En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables	En el predio no existen manglares, por lo que, se considera que este criterio no es aplicable.

CG 33	Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.	El proyecto no se ubica al interior de cavernas o cenotes, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
CG 34	Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.	En ninguna etapa del proyecto se dispondrán las aguas residuales en cenotes, cuevas inundadas o secas, toda vez que; en la etapa de preparación del sitio y construcción, las aguas residuales permanecerán en los baños portátiles siendo retiradas cada tres días por el proveedor del servicio y dispuestas en el PTAR cercana; mientras que en la etapa de operación, mantenimiento y abandono del sitio, las aguas serán tratadas con una Micro PTAR Tipo Paquete para posteriormente se recolectadas y enviadas a la PTAR más cercana.
CG-35	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen	El proyecto prevé aplicar el Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en cada una de sus etapas.
CG-36	En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales	El proyecto no corresponde a un fraccionamiento, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.

Tabla 7. Criterios específicos de la UGA 14.

Criterios específicos	Vinculación
CE-04.- Se permite la instalación de viveros para la producción y comercialización de plantas de ornato. La producción y comercialización de plantas nativas y de especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 deberá hacerse bajo el esquema de unidades de conservación, manejo y	El proyecto no tiene relación con la instalación de viveros para la producción y comercialización de plantas de ornato. Por lo que, el criterio no es vinculante.

aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's), previsto en la Ley General de Vida Silvestre.	
CE-06.- Se deberá reutilizar el agua tratada para el riego de áreas verdes, jardines, campos deportivos o áreas con vegetación natural, así como para su uso en servicios sanitarios y otros compatibles. En todo momento la calidad del agua tratada deberá cumplir los estándares indicados en la Norma Oficial Mexicana aplicable.	El proyecto no contará con áreas verdes, jardines, campos deportivos por lo que no se emplearan métodos de riego.
CE-07.- En la zona continental sólo se permite el establecimiento de caminos a base de materiales permeables y con anchura máxima de 6 m. La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.	Los dos caminos que se incluyen en el proyecto cumplen con las especificaciones que se presentan en el criterio. Asimismo, las áreas de ambos caminos son considerados como áreas aprovechamiento, específicamente en las áreas solicitadas para CUSTF.
CE-08.- Las actividades recreativas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), deberán sustentarse en un estudio de capacidad de carga que determine la intensidad de aprovechamiento sustentable y el límite de cambio aceptable en el sitio. Este estudio se debe presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto o actividad.	El proyecto no prevé actividades recreativas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), por lo que, el criterio no es aplicable.
CE-09.- En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	El proyecto no prevé actividades recreativas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), por lo que, el criterio no es aplicable.
CE-10.- La extracción de materiales pétreos debajo del manto freático estará permitida siempre y cuando se obtenga la autorización por parte de la CONAGUA y la SEMARNAT y el cuerpo de agua se destine a usos contemplativos o recreativos que no representen daño ambiental grave en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. El alumbramiento deberá sustentarse en un manifiesto de impacto ambiental.	El objetivo del Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional es solicitar la autorización de impacto ambiental por parte de la SEMARNAT para la extracción de materiales pétreos debajo del manto freático y posteriormente realizar las gestiones correspondientes ante la CONAGUA.
CE-11.- Se permiten las excavaciones dentro del predio siempre y cuando se obtenga la autorización por parte de la SEMARNAT y en el	

caso que se desee alumbrar el acuífero, también la de la CONAGUA. El material resultante de la excavación se podrá emplear dentro del predio, no estando permitida su comercialización. En caso que exista material remanente o bien éste no se emplee dentro del predio deberá obtenerse antes de su retiro del predio la autorización correspondiente de la SEDUMA para el traslado y disposición final del material.	
CE-13.- La densidad aplicable a un predio se determina multiplicando la superficie total del predio (convertida en hectáreas) acreditada legalmente, por el número de cuartos, cabañas o viviendas permitidos en este ordenamiento para el uso del suelo específico. En los proyectos mixtos la densidad aplicable al predio se estima por el uso predominante del proyecto. La densidad no es acumulable por usos del suelo. Si un predio está dividido en dos o más UGA, a cada porción se le aplicará la densidad que corresponde para cada UGA. En el caso de que se obtenga una fracción, se realizará el redondeo usando sólo dos cifras significativas como sigue: hasta 0.50 se reduce al entero inferior; desde 0.51 en adelante se incrementa al entero superior.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-16.- Se permite establecer 1 vivienda suburbana de tipo rural o agropecuario por predio, como apoyo a la actividad que se promueva.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-18.- Los desarrollos de tipo ecoturístico podrán tener una densidad de hasta 5 cabañas por hectárea.	
CE-23.- Se permite el uso urbano con una densidad bruta de hasta 40 viviendas por hectárea, de conformidad con la normatividad aplicable en la materia.	
CE-24.- La incorporación como nuevas áreas urbanas a los centros de población estará sujeta a la elaboración de los instrumentos de planeación urbana establecidos en la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo.	
CE-25.- La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 50 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La	

<table>
<tr><td>superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.</td><td></td></tr>
<tr><td>CE-26.- La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 40 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.</td><td></td></tr>
<tr><td>CE-28.- La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 30 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.</td><td>La extracción de roca caliza, se pretende realizar en un polígono con una superficie de 50 hectáreas de las cuales se explotarán dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2 con una superficie total de 201,604.20 m^2, ademán se contará dos caminos de acceso a las áreas de aprovechamiento de una superficie de 2,784.02 m^2.

La superficie restante, se conservará con sus características naturales.

Tabla 8. Superficies de las áreas del proyecto.
<table>
<tr><th>Área</th><th>Superficie (m^2)</th></tr>
<tr><td>Área de extracción 1</td><td>106,371.60</td></tr>
<tr><td>Área de extracción 2</td><td>95,232.60</td></tr>
<tr><td>Subtotal de extracción</td><td>201,604.20</td></tr>
<tr><td>Camino 1</td><td>2,693.67</td></tr>
<tr><td>Camino 2</td><td>90.34</td></tr>
<tr><td>Subtotal de caminos</td><td>2,784.02</td></tr>
<tr><td>Subtotal de aprovechamiento del proyecto (CUSTF)</td><td>204,388.22</td></tr>
<tr><td>Área de conservación</td><td>295,611.78</td></tr>
<tr><td>Superficie total del predio</td><td>500,000.00</td></tr>
</table>

La distribución de superficies se ajusta a lo mencionado en el artículo 132 de la Ley de Equilibrio y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo que dice:

"*Para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable.*</td></tr>
</table>

	Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo". En virtud de lo anterior, el proyecto respeta la superficie mínima de área permeable, toda vez que el área de conservación equivalente al 59.12% de la superficie total, mantendrá sus características naturales, por lo que se considera cumplido este criterio. En el caso del presente criterio se expone que el proyecto no cuenta con obras de construcción o de edificación, puesto que solo existirán obras provisionales. Asimismo, se observa que el criterio general CG-25 señala que: "*cuando el área afectada del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente*", por lo que, se presentará el Programa de Restauración y uso alternativo. En este sentido, se reitera que el proyecto cuenta con una autorización otorgada por la

	Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023 (Se adjunta a este documento).
CE-29.- La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 15 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-30.- La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 5 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-31.- Para realizar actividades recreativas (contemplativas, senderismo, ecoturismo, espeleobuceo) se deberá contar con un reglamento de operación mismo que garantice la operación ambientalmente sustentable de la actividad. Este reglamento se presentará a la autoridad ambiental competente para su valoración y de ser procedente su autorización.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-32.- El porcentaje de desmonte para proyectos de infraestructura y equipamiento de obra pública federal, estatal o municipal se determinará de acuerdo con la naturaleza misma de cada proyecto.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.
CE-37.- Los proyectos de campos deportivos deben incluir al menos las siguientes características: Ubicación de pistas, campos o canchas fuera de los flujos preferenciales de aguas sub-superficiales y subterráneas. Uso de una capa de sascab compactado subyacente al césped o alguna otra medida técnica que impida la infiltración de los agroquímicos al subsuelo y manto freático. Implementación de un sistema de drenaje pluvial con trampas para sedimentos, lodos y basura. Las aguas pluviales así tratadas, podrán ser drenadas hacia las zonas de humedales y hacia pozos de captación de excedentes de aguas pluviales. Esto último a	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio

través de un estudio que justifique la no afectación del humedal y del acuífero. Uso de las aguas residuales tratadas procedentes de las plantas de tratamiento, para el riego del campo -, pista, cancha o áreas verdes. Los excedentes de agua tratada, deben ser infiltrados al acuífero salado. Uso de especies de pasto que tengan como características principales: a) especie perenne de clima cálido, b) especie halófila que tolere para el riego desde el agua potable o marina hasta una amplia variedad de aguas recicladas (alternativa, gris, efluente, no potable, residual, salobre), c) especie que requiera para su mantenimiento, un mínimo de pesticidas y razonables APLICACIONES de fertilizantes, d) especie eficaz para renovar y utilizar los nutrientes críticos, e) especie apropiada para zonas con drenajes deficientes, zonas pantanosas o inundaciones frecuentes, f) especie de amplio uso en zonas susceptibles al efecto de huracanes y g) una especie de rápido crecimiento. La especie seleccionada no deberá estar incluida en los listados de la CONABIO de especies exóticas.	
CE-39.- Si un predio está dividido en dos o más UGA, la superficie máxima de aprovechamiento de cada porción será la que se establezca para cada uso y unidad. La superficie máxima de aprovechamiento no es acumulativa entre usos o unidades de gestión.	El predio Che-hum no se encuentra dividido en dos o más UGAS; por lo que, no le es aplicable el presente criterio.
CE-42.- En bancos de aprovechamiento de material pétreo el área de extracción permitida en un ciclo anual no deberá ser mayor a 5 hectáreas por año. El desmonte del área de aprovechamiento se realizará de manera gradual, conforme al programa operativo anual, debiendo mantener las áreas no sujetas a aprovechamiento en condiciones naturales.	El proyecto prevé el aprovechamiento gradual de las dos áreas irregulares de extracción, por lo que las actividades de desmonte también serán realizadas gradualmente. Mientras que, el área de extracción por ciclo anual es de aproximadamente 4.032 hectáreas, debido a que el área total de extracción total es de 20.16 has dividido en 5 años correspondería a las 4.032 ha.
CE-43.- El aprovechamiento de materiales pétreos debe en todos los casos, contar con un programa de aprovechamiento alternativo del área de extracción, mismo que deberá presentarse junto con el estudio de impacto ambiental para la autorización del proyecto.	Previo al termino de la vida útil del predio se presentará el programa de aprovechamiento alternativo al área de extracción. Con lo anterior, se prevé el cumplimiento del criterio.

CE-44.- Los usos alternos a que pueden dedicarse los bancos de material pétreo al término de su aprovechamiento son aquellos considerados como condicionados en la UGA en la que se encuentre el banco. El nuevo uso deberá obtener la autorización en materia de impacto ambiental por parte de la autoridad competente.	El proyecto, contempla presentar el programa de aprovechamiento alternativo al área de extracción, el uso alternativo corresponderá a los usos condicionados de la UGA 14 los cuales son: Ecoturístico, turístico, parque recreativo, comercial, reserva natural o equipamiento. Asimismo, cuando se presente dicho programa se tramitará su autorización en materia de evaluación de impacto ambiental.
CE-46.- En el manejo pecuario intensivo se deberá contar con un programa integral de manejo de residuos avalado por la SEDUMA, así como un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente bajo los términos de la normatividad aplicable.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-49.- El almacenamiento de excretas y residuos provenientes de las actividades pecuarias, recreativas o deportivas, sólo podrá llevarse a cabo en sitios con recubrimiento y murete de contención que impidan la infiltración o escurrimiento de lixiviados al suelo y la contaminación del acuífero.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-50.- Para el control de plagas y enfermedades, se favorecerá como primera alternativa la prevención, el control biológico de plagas y el uso de productos orgánicos permitidos por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-51.- Las aguas residuales derivadas de sistemas de producción deberán ser tratadas a través de un proceso previamente evaluado y aprobado en materia de impacto ambiental por la autoridad competente, en apego a la normatividad vigente.	El proyecto, en la etapa de preparación del sitio y construcción se usarán sanitarios portátiles que mantendrán las aguas residuales hasta su retiro por parte de la empresa proveedora del servicio, mientras que, en la etapa de operación, mantenimiento y abandono del sitio, las aguas serán tratadas con una Micro PTAR Tipo Paquete para posteriormente se recolectadas y enviadas a la PTAR más cercana.
CE-52.- Se deberán establecer letrinas secas composteras o fosas sépticas prefabricadas para la disposición y tratamiento primario y secundario de las aguas residuales. El efluente de la fosa séptica deberá cumplir lo establecido en la normatividad vigente, la disposición final del efluente se podrá realizar mediante humedales artificiales que sean impermeables y no permitan la infiltración al suelo y subsuelo.	

CE-53.- Es obligatoria la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad suficiente para el manejo de las aguas residuales del proyecto a máxima capacidad de ocupación. El proceso de tratamiento y disposición final del efluente y subproductos deberá cumplir con lo establecido en la normatividad aplicable.	El proyecto, en la etapa de preparación del sitio y construcción se usarán sanitarios portátiles que mantendrán las aguas residuales hasta su retiro por parte de la empresa proveedora del servicio, mientras que, en la etapa de operación, mantenimiento y abandono del sitio, las aguas serán tratadas con una Micro PTAR Tipo Paquete para posteriormente se recolectadas y enviadas a la PTAR más cercana, así mismo, los lodos generados por el tratamiento serán retirados por una empresa recolectora autorizada por la SEMA para tal fin.
CE-54.- El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	
CE-57.- En cenotes y lagunas interiores o continentales, sólo se permite el empleo de embarcaciones sin motor.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-58.- En las áreas en las que se alumbre el acuífero se llevará a cabo un programa de monitoreo semestral de las características fisicoquímicas del agua para realizar una detección oportuna de la presencia de contaminantes químicos y biológicos. Así mismo, se realizará una evaluación ambiental del cuerpo de agua alumbrado para dar seguimiento al proceso de colonización biótica que se presente. Los análisis de calidad del agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación. Los reportes correspondientes se presentarán a la autoridad federal competente y a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	Se prevé realizar un programa de monitoreo semestral para conocer las características fisicoquímicas del agua para realizar una detección oportuna de la presencia de contaminantes químicos y biológicos. Asimismo, como lo indica el criterio CE-58 se realizará una evaluación ambiental del cuerpo de agua alumbrado para dar seguimiento al proceso de colonización biótica que se presente. Los estudios y análisis serán elaborados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación
CE-59.- Cuando se utilicen los cuerpos de agua continentales, superficiales o subterráneos en actividades recreativas, los promoventes deberán llevar a cabo el monitoreo del agua para determinar la calidad de la misma, conforme a los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (INE), debiendo presentar reportes	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.

semestrales del análisis del agua a la autoridad competente y copia a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental. Los análisis de calidad del agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación. El promovente deberá presentar el programa de monitoreo del agua junto con el estudio de impacto ambiental respectivo.	
CE-60.- En el desarrollo de actividades ecoturísticas (recorridos, circuitos y paseos) dentro de las áreas con vegetación natural se deben utilizar vehículos no motorizados o en su caso vehículos eléctricos o propulsados por energías alternativas, quedando excluidos los motorizados que empleen hidrocarburos.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-61.- Los lagos artificiales para almacenamiento de agua de riego deberán asegurar la no infiltración al subsuelo de materiales contaminantes.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-63.- Se permite el establecimiento de estaciones de servicio, bajo los estándares de PEMEX y que obtengan las autorizaciones correspondientes en materia ambiental y de protección civil.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-64.- Los materiales producto del dragado de mantenimiento de canales interiores serán dispuestos en sitios acondicionados previamente para contenerlos y filtrar el agua.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-68.- En el desarrollo de actividades con vehículos a través o dentro de los ecosistemas presentes en el municipio, éstos deberán contar con silenciador con la finalidad de evitar molestar o afectar a las especies de fauna, por lo que el nivel máximo permisible de emisión de ruido por las fuentes móviles será de 68 db. La medición de este parámetro debe ser realizada en el sitio donde se desarrolla la actividad por una unidad de verificación registrada ante la Entidad Mexicana de Acreditación, de acuerdo con las técnicas y métodos establecidos en la normatividad aplicable. Los prestadores de servicio deberán presentar reportes anuales de dichas mediciones a la Dirección de Ordenamiento Ambiental y Urbano del municipio, así como a la SEDUMA para su valoración e inclusión en la Bitácora Ambiental.	Los vehículos que se utilicen en las actividades del predio contarán con silenciador con la finalidad de evitar molestar o afectar a las especies de fauna, por lo que el nivel máximo permisible de emisión de ruido por las fuentes móviles será de 68 db. Se establecerán monitoreos del ruido de la maquinaría y vehículos de forma semestral, los cuales serán incluidos en los informes presentados ante la SEMARNAT y PROFEPA.

CE-69.- Para el desarrollo de las actividades permitidas sólo se podrán emplear motocicletas, triciclos y cuatrimotos con motor de cuatro tiempos, con la finalidad de reducir las emisiones de contaminantes.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-70.- Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.	El proyecto consiste en la extracción de roca caliza, no obstante, en el predio no se realizará el tratamiento del material en el sitio de agregados, por lo que, no será necesaria la instalación de una planta trituradora, en este sentido, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-71.- Se deberá instalar una malla o barrera perimetral para reducir la dispersión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo.	El proyecto contempla las siguientes medidas para evitar dispersión de polvos: 1. Se mantendrá una zona de amortiguamiento correspondiente al 59.12% de la superficie del predio en la periferia del predio que servirá como una barrera natural para evitar la dispersión de partículas de polvo 2. El material pétreo transportado se mantendrá húmedo teniendo un control de riego diario. 3. Los camiones que transporten el material pétreo se mantendrán cubiertos con lonas a fin de evitar dispersión de partículas de polvo. 4. En caso necesario se instalarán barreras físicas consistentes en cercado para minimizar la dispersión de partículas de polvo.
CE-72.- Los silos de las maquinarias que almacenan los materiales pétreos o agregados, deberán estar equipados con filtros bolsas que retengan las partículas sólidas durante el proceso de carga, permitiendo la salida del aire libre de partículas de mezcla. El dosificador múltiple deberá contar con un colector filtro bolsa, el cual captará las partículas emitidas durante la descarga de los materiales pétreos, el cemento, el agua y los aditivos a los camiones de mezclado (ollas). Las bandas de abastecimiento deberán tener una tolva que minimice la emisión de partículas suspendidas.	El proyecto no contempla el procesamiento de material pétreo, por lo que, no se instalarán silos para el almacenamiento de tal forma que, el material pétreo una vez extraído será cargado en los camiones y retirado del sitio, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.

CE-73.- En las áreas de carga y mezclado de materiales pétreos deberán instalarse cortinas o barreras, con la finalidad de minimizar la dispersión de partículas sólidas volátiles a la atmósfera y mantenerlas dentro de los niveles máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993.	El proyecto no contempla el procesamiento del material pétreo, de tal forma que, se extraerá, se cargará en camiones y se retirará del sitio, por lo que, no será necesario su almacenamiento en silos, transporte en bandas ni mezclado en tolvas dosificadoras, en este sentido, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-74.- Las aguas residuales resultantes de los procesos de producción deberán ser tratadas previamente a su disposición final o reutilización. El efluente deberá cumplir con los parámetros establecidos en la normatividad vigente.	El proyecto no generará aguas de procesos, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-75.- Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.	Los camiones que transporten el material pétreo se mantendrán cubiertos con lonas a fin de evitar dispersión de partículas de polvo
CE-77.- Para favorecer la persistencia de los servicios ambientales se deben implementar acciones preventivas de incendios forestales a fin de evitar el deterioro y degradación de la masa forestal y fauna asociada.	Se establecerán acciones preventivas de incendios forestales a fin de evitar el deterioro y degradación de la masa forestal y fauna asociada, con lo anterior, se prevé el cumplimiento del presente criterio.
CE-78.- Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente a 20 % del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio. Se exceptúa este criterio para vías de comunicación federal y estatal.	El proyecto contempla establecer una franja perimetral del 59.12% de la superficie del predio conformada como área de conservación que se interrumpirá en dos puntos por el trazo de dos caminos a las áreas de extracción
CE-80.- Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.	En el predio no se reporta la presencia de cenotes o cuevas, por lo que el criterio no es aplicable al proyecto.
CE-81.- Las cercas, bardas o muros perimetrales que se instalen en los diferentes tipos de	No se prevé el establecimiento de cercas, bardas o muros perimetrales "permanentes"

<table>
<tr><td>vegetación, unidades naturales y ecosistemas deberán permitir el libre paso de la fauna silvestre.</td><td>por lo que no sé prevé la interrupción del paso libre de la fauna.</td></tr>
<tr><td>CE-82.- Las actividades cinegéticas sólo se permiten bajo el esquema de de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's), previsto en la Ley General de Vida Silvestre.</td><td>El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.</td></tr>
<tr><td>CE-85.- En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</td><td>El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.</td></tr>
<tr><td>CE-86.- Cuando en las áreas que se mantendrán con cubierta vegetal original dentro de los predios, existan áreas afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500 árboles o palmas por hectárea. Se deberá establecer un monitoreo permanente de las áreas reforestadas para valorar la eficiencia de las acciones emprendidas. La selección de las especies y el número de individuos por especie a reforestar se determinará con base en un programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto.</td><td>Durante los muestreos de vegetación en el predio Che hum no se visualizaron áreas afectadas en el estrato arbustivo o herbáceo, sin embargo, se incluyen estos dos estratos en las acciones de rescate y reubicación, así como de las acciones de reforestación.

Tabla 9. Especies a reubicar.
<table><tr><th>Nombre científico</th><th>Cantidad</th></tr><tr><td>Acaelorraphe wrigthi</td><td>559</td></tr><tr><td>Acrostichum danaeifolium</td><td>28</td></tr><tr><td>Anturio schlechtendalii</td><td>28</td></tr><tr><td>Bougainvillea buttiana</td><td>280</td></tr><tr><td>Bromelia sp</td><td>28</td></tr><tr><td>Callicarpa acuminata</td><td>56</td></tr><tr><td>Cnidoscolus aconitifolius</td><td>56</td></tr><tr><td>Cordia alliodora</td><td>56</td></tr><tr><td>Cordia dodecandra</td><td>56</td></tr><tr><td>Croton malvaviciifolius</td><td>895</td></tr><tr><td>Cuphea utriculosa</td><td>28</td></tr><tr><td>Diospyros salicifolia</td><td>28</td></tr><tr><td>Ficus obtucifolia</td><td>28</td></tr><tr><td>Galactica striata</td><td>140</td></tr><tr><td>Gliricidia sepium</td><td>56</td></tr><tr><td>Jaquinia macrocarpa</td><td>56</td></tr><tr><td>Oncidium luridium</td><td>336</td></tr><tr><td>Petrea volubilis</td><td>28</td></tr><tr><td>Polypodium macrophyllum</td><td>336</td></tr></table></td></tr>
</table>

Pouteria campechiana	**28**
Rehdera trinervis	**28**
Samida yucatanensis	**168**
Sapranthus campechianus	**168**
Scleria lithosperma	**308**
Tillandsia brachycaulos	**839**
Zamia lodigesii	**84**
Zanthoxylum fagara	**56**
Zantoxylon caribaeum	**280**
Coccothrinax readii	**503**
Thrinax radiata	**447**
TOTALES	**5,984**

A continuación, se presentan las especies que estarían sujetas a un programa de reforestación.

Tabla 10. Especies a reforestar.

Nombre científico	Cantidad
Amyris sylvatica	**2,516**
Anturio sp	**699**
Arrabidaea floribunda	**2,377**
Arrabidaea petellifera	**699**
Bauhinia jenningsii	**6,431**
Blechum sp.	**21,949**
Bunchosia glabra	**419**
Bursera simaruba	**7,829**
Caesalpinia gaumeri	**1,118**
Caesalpinia violacea	**140**
Caladium bicolor	**140**
Cascabela gaumeri	**979**
Cascabella thevetia	**699**
Casearia corymbosa	**5,872**
Ceiba aesculifolia	**280**
Chamaedorea seifrizii	**419**
Chiococca alba	**9,087**
Chrysophyllum mexicanum	**559**
Coccoloba Itzeus	**699**
Coccothrinax readii	**839**
Dryapetes brownii	**1,118**
Esenbeckia berlandieri	**1,817**

Eugenia capuli	**1,678**
Eugenia mayana	**7,969**
Exothea diphylla	**559**
Ficus pertusa	**839**
Guettarda combsii	**839**
Gymnopodium flobundum	**839**
Lonchocarpus rugosus	**2,516**
Malpighia clavera	**280**
Malvaviscus arboreus	**280**
Metopium brownei	**5,592**
Morinda yucatanensis	**140**
Myrciaria floribunda	**1,398**
Nectandra coriacea	**2,796**
Neea psychotrioides	**699**
Oeceoclades maculata	**559**
Oxandra lanceolata	**1,817**
Paratesis cubana	**280**
Piscidia piscipula	**1,398**
Randia aculeata	**8,808**
Simarouba glauca	**419**
Smilax mollis	**280**
Thrinax radiata	**1,957**
Acaelorraphe wrigthi	**2,796**
Zuelania guidonia	**419**
TOTALES	**111,843**

Como se mencionó el predio Che hum no presenta la condición de áreas afectadas o con vegetación escasa en el estrato arbustivo o herbáceo, por lo que, no le es aplicable la densidad de 1,500 plantas para las acciones de reforestación.

Para el proyecto Che hum se estableció como densidad de 900 plantas/ha (con un espaciamiento de 3.3 X 3.3 m) y un porcentaje mínimo de sobrevivencia del 80%. El trazo será en marco real, dado que permite obtener una siembra uniforme que facilita su mantenimiento, manejo y protección. La densidad que se prevé a utilizar es tomando como referencia al

	Manual Básico elaborado por la Comisión Nacional Forestal, el cual propone una densidad de 625 a 900 plantas considerando vegetación de "selvas medianas y altas".
CE-94.- La operación y mantenimiento de los campos de golf deberá realizarse bajo programas de manejo del hábitat y de la vida silvestre a fin de promover la obtención de certificaciones específicas para el manejo del hábitat y de la vida silvestre.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-95.- En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.	En el polígono del proyecto no se encontró vegetación exótica o invasora, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-100.- Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-102.- Con la finalidad de evitar el efecto de islas de calor se deberá establecer, en por lo menos el 50 % de las losas planas de las construcciones, un jardín de azotea o roof garden en el que se utilicen preferentemente especies nativas.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-108.- Se deberá garantizar el funcionamiento hidrodinámico de los canales interiores. Su diseño constructivo y operación se deberá fundamentar en estudios especializados, los que se presentarán de manera conjunta con el estudio de impacto ambiental respectivo.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-110.- Se permite la instalación y operación de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro de las áreas dedicadas a minería y fraccionamientos industriales.	El proyecto consiste en la explotación de roca caliza por debajo del manto freático, por lo que, se considera que el presente criterio no aplica.
CE-111.- Los trabajos de recuperación y reforestación de la superficie explotada deben realizarse de manera simultánea a los de explotación del banco, a un ritmo que permita restaurar al menos el 50 % de las hectáreas	El proyecto contemplará los trabajos de restauración de las superficies explotadas conforme al presente criterio a un ritmo que permita restaurar al menos el 50 % de las hectáreas aprovechadas cada año. Estos

aprovechadas cada año. Estos trabajos deberán iniciar cuando se haya explotado el 50 % de la superficie autorizada por año.	trabajos se iniciarán cuando se haya explotado el 50 % de la superficie autorizada por año.
CE-112.- Como parte de las actividades de restauración se permite el establecimiento de terrazas u otros métodos para el manejo de taludes en las zonas de aprovechamiento que sean compatibles con los usos alternativos que se propongan.	Para las actividades de restauración, se considerará el presente criterio. Con lo cual se prevé el cumplimiento de dicho criterio.
CE-116.- La superficie máxima de aprovechamiento para el uso urbano no podrá exceder de los límites establecidos en la ley de fraccionamientos del estado de Quintana Roo, en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto corresponde a la extracción de material pétreo por debajo del manto freático (uso minero), por lo que, no es aplicable el presente criterio.

III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

El Área Natural Protegida más cercana al predio del proyecto es el Área Natural Protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región denominada como "Caribe Mexicano", en el Estado de Quintana Roo; cabe señalar que el límite del Polígono del Predio Che hum se encuentra fuera de la poligonal, por lo que no es vinculante con el proyecto.

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

Tabla 11. Vinculación con las principales normas aplicables.

Norma oficial mexicana	Vinculación
NOM-041-SEMARNAT-2006 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación.	Se prevé la generación de emisiones a la atmosfera durante las etapas de preparación del sitio y operación, no obstante, se aplicarán medidas de prevención como los mantenimientos de maquinaria, equipo y vehículos fuera del sitio, revisiones periódicas a los anteriores para que su funcionamiento se apegue a la normativa aplicable, el humedecimiento de las áreas con suelo expuesto, así como el equipamiento de lonas en vehículos que transporten materiales.
NOM-042-SEMARNAT-2010 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxidos de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y Diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos	

Norma oficial mexicana	Vinculación
provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.	
NOM-044-SEMARNAT-2006 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan Diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.	
NOM-045-SEMARNAT-2006 Protección Ambiental. Vehículos en circulación que usan Diesel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba u características técnicas del equipo de medición.	Se prevé la generación de emisiones a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio, y operación, no obstante, se aplicarán medidas de prevención como los mantenimientos de vehículos fuera del sitio, revisiones periódicas de maquinaria y equipo para que su funcionamiento se apegue a la normativa aplicable, el humedecimiento de las áreas con suelo expuesto, así como el equipamiento de lonas en vehículos que transporten materiales de construcción.
NOM-048-SEMARNAT-1993 Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.	
NOM-053-SEMARNAT-1993 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se establecerán las rutas de generación, almacenamiento y destino final de Residuos peligrosos, la cual se hará mediante la recolección con empresas contratistas autorizadas por SEMARNAT, también se implementará el uso de bitácoras ambientales, también el personal recibirá capacitación constante sobre la clasificación y almacenamiento.
NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial NOM-052-ECOL-1993.	
NOM-161-SEMARNAT-2011 Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el	

Norma oficial mexicana	Vinculación
procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	
NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	La maquinaría que se utilizará cumplirá con los límites máximos permisibles de emisión sonora y las actividades serán realizadas en horario diurno, a efecto de no generar ruido que provoque alteraciones en la fauna y población humana en general.
NOM-081-SENARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	
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.	Dentro del predio se encontraron especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**; debido a lo anterior, se aplicarán Programas Ambientales enfocados en la protección de dichas especies, tales como el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, Programa de Vigilancia Ambiental.

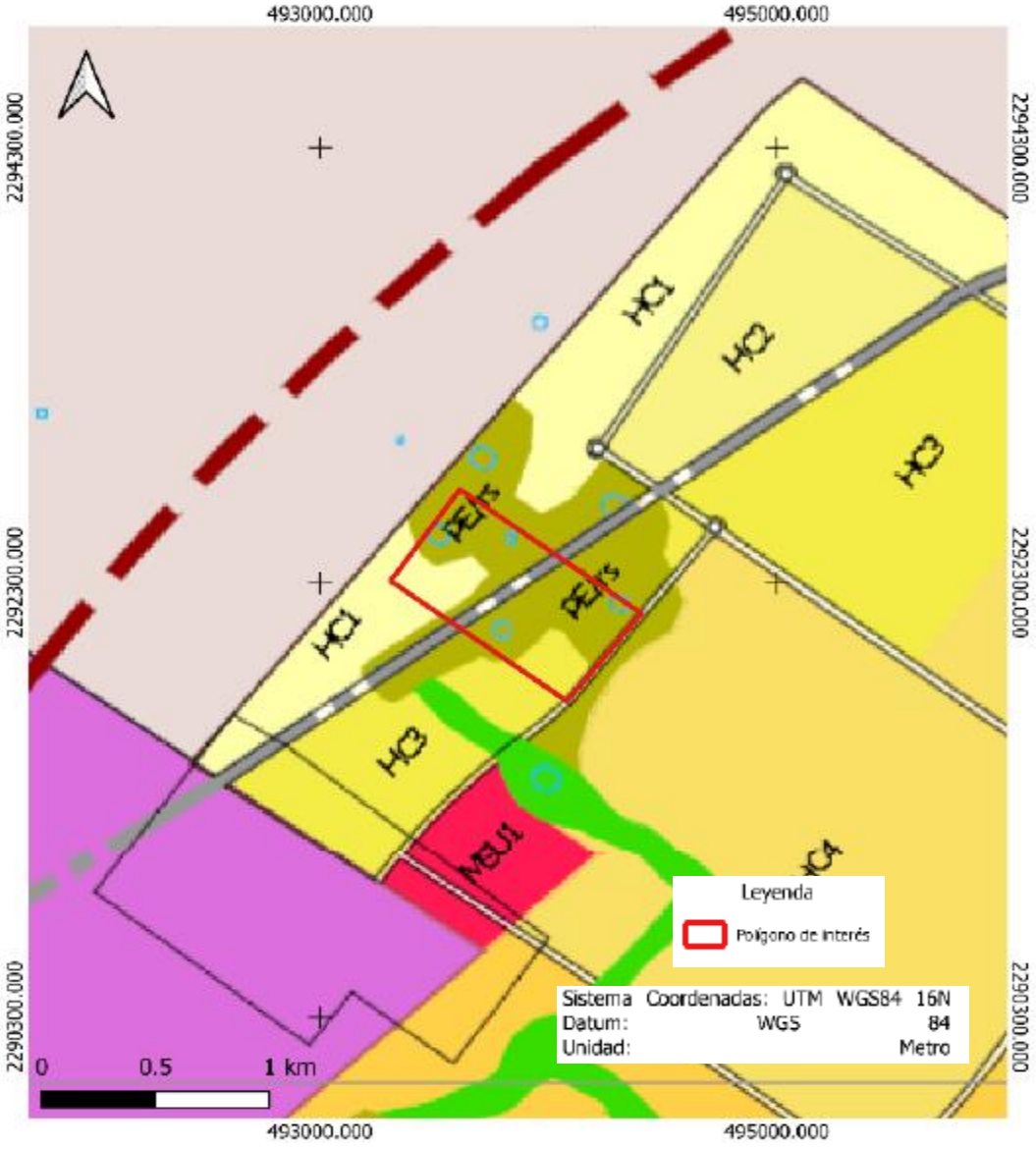
III.5. Planes o programas de desarrollo urbano (PDU)

III.5.1 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad 2010-2050

El área donde se ubica el proyecto "*EXPLOTACIÓN DE ROCA CALIZA EN ESTRATO SECO EN PREDIO DENOMINADO "CHE-HUM", MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO*" se encuentra regulada por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad 2010-2050, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado el 20 de diciembre de 2010.

La determinación de la vocación de uso de suelo planteada en este instrumento se determinó a partir del análisis de las características, aptitudes y tendencias de aprovechamiento del territorio y es indicativa del uso del suelo predominante o de la potencialidad de aprovechamiento del territorio que establece el POEL de Solidaridad.

De acuerdo con el PDU del Municipio de Solidaridad, la vocación del predio donde se pretende realizar el proyecto es la zona habitacional urbano campestre (HC1 y HC3) y Cauces de Ríos Subterráneos (PE/rs).



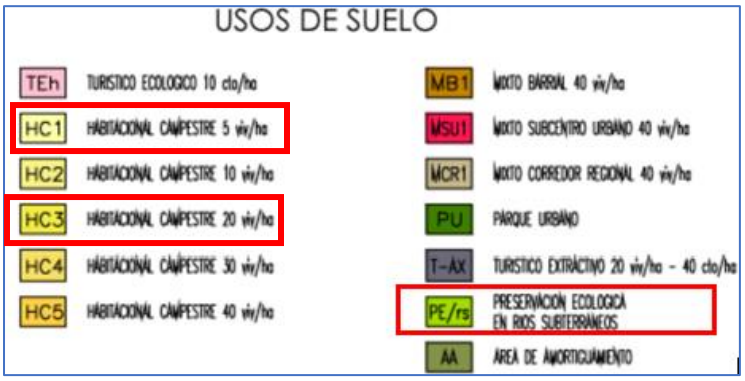


Figura 3. Ubicación del predio Che hum, con respecto al Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad 2010-2050.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano establece normatividades entorno a los Banco de Material, que se vinculan con el proyecto en las siguientes tablas:

Tabla 12. Normativa del uso de aprovechamiento extractivo señalado en el PDU.

Normatividad del uso de aprovechamiento extractivo	
Criterio	**Vinculación**
Los lotes especificados con el uso de aprovechamiento extractivo serán los lotes susceptibles de explotación como bancos de material para la construcción. Estas normas aplicarán para los lotes señalados en el polígono con uso de aprovechamiento extractivo.	El proyecto se ubica en un lote que en el POELS se señala con uso condicionado para la extracción de material pétreo. Asimismo, cuenta con una autorización para la extracción de roca caliza en estrato seco a través del oficio resolutivo SEMA/DS/SGPA/DIRA/2029/2023. Por lo cual, se considera un lote susceptible de explotación.
1. El área de explotación final deberá ajustarse a la normatividad ecológica aplicable.	El proyecto se ajusta a la normatividad ecológica aplicable como se muestra en este documento. Sin embargo, en el caso de los criterios CG25 y CE-28 del POELS la promovente se compromete a dar cumplimiento a través de la presentación del Programa de restauración del sitio, incluyendo terrazas, y manejo de taludes.
2. Se deberá elaborar el proyecto arquitectónico que se pretende realizar una vez concluida la explotación del banco.	La extracción de roca caliza, se pretende realizar en un polígono con una superficie de 50 hectáreas de las cuales se explotarán dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2 con una superficie total de 201,604.20 m^2, ademán se contará dos caminos de acceso a las áreas de aprovechamiento de una superficie de 2,784.02 m^2. Tabla 13. Superficies de las áreas del proyecto. **Área** | **Superficie (m^2)** Área de extracción 1 | 106,371.60 Área de extracción 2 | 95,232.60 **Subtotal de extracción** | **201,604.20** Camino 1 | 2,693.67 Camino 2 | 90.34 **Subtotal de caminos** | **2,784.02** **Subtotal de aprovechamiento del proyecto (CUSTF)** | **204,388.22** Área de conservación | 295,611.78 Superficie total del predio | 500,000.00 Se pretende un área de conservación de 295,611.78 m^2. Para el programa de Restauración del sitio se expondrá y manifestará el Programa

<table>
<tr><td></td><td>correspondiente con toda la información relativa al mismo.</td></tr>
<tr><td>3. Dicho proyecto deberá de contener las áreas destinadas a la explotación con sus usos y niveles, con la finalidad de que las plataformas vayan quedando conformadas en congruencia con el proyecto presentado.</td><td>La extracción de roca caliza, se pretende realizar en un polígono con una superficie de 50 hectáreas de las cuales se explotarán dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2 con una superficie total de 201,604.20 m^2, ademán se contará dos caminos de acceso a las áreas de aprovechamiento de una superficie de 2,784.02 m^2.

Tabla 14. Superficies de las áreas del proyecto.
<table><tr><th>Área</th><th>Superficie (m^2)</th></tr><tr><td>Área de extracción 1</td><td>106,371.60</td></tr><tr><td>Área de extracción 2</td><td>95,232.60</td></tr><tr><td>Subtotal de extracción</td><td>201,604.20</td></tr><tr><td>Camino 1</td><td>2,693.67</td></tr><tr><td>Camino 2</td><td>90.34</td></tr><tr><td>Subtotal de caminos</td><td>2,784.02</td></tr><tr><td>Subtotal de aprovechamiento del proyecto (CUSTF)</td><td>204,388.22</td></tr><tr><td>Área de conservación</td><td>295,611.78</td></tr><tr><td>Superficie total del predio</td><td>500,000.00</td></tr></table>
Se pretende un área de conservación de 295,611.78 m^2.</td></tr>
<tr><td>4. Se deberá elaborar el estudio de impacto ambiental y presentarlo ante la autoridad competente. Dicho estudio deberá contener tanto los aspectos del banco de materiales como los del proyecto arquitectónico.</td><td>El presente documento consiste el DTU-BR que se presenta para obtener la autorización en la materia.</td></tr>
<tr><td>5. Estudio geológico. - Deberá realizarse para conocer los datos estratigráficos del terreno y determinar la tecnología adecuada de explotación, asimismo se informará a las autoridades competentes, del programa de trabajo, volúmenes a extraer y planos de cortes transversales.</td><td>Anexo a este documento, se presenta el estudio de mecánica de suelos que permite conocer los datos estratigráficos del terreno.

Así como el estudio de prospección geohidrológica.</td></tr>
<tr><td>6. Estudio geohidrológico de la zona. - Deberá realizarse para conocer los niveles del manto freático, dirección y velocidad del escurrimiento, y localización y situación de los pozos cercanos al sitio.</td><td>Anexo a este documento, se presenta el estudio geohidrológico requerido.</td></tr>
<tr><td>7. Estudio Topográfico. - Se deberá obtener la poligonal del predio y sus curvas de nivel de acuerdo a la dimensión del predio. De 1 Ha, serán a cada 2 metros; de 1 a 3 has. serán a cada 3 metros y de 3 has. en adelante serán a cada 5 metros.</td><td>Anexo a este documento, se presenta el estudio topográfico requerido.</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>8. Se deberán proporcionar las coordenadas geográficas georreferenciadas de la poligonal del predio que será utilizado como banco de material (mediante el sistema de posicionamiento global por satélites, o por el método de orientación astronómico).</td>
<td>El polígono del proyecto se ubica en las coordenadas geográficas siguientes:
Tabla 15. Coordenadas UTM WGS84 del predio Che-hum.
<table>
<tr><th colspan="3">Coordenadas del predio</th></tr>
<tr><th>Vértice</th><th>X</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>1</td><td>494081.274</td><td>2291755.200</td></tr>
<tr><td>2</td><td>494407.385</td><td>2292159.690</td></tr>
<tr><td>3</td><td>493612.476</td><td>2292729.361</td></tr>
<tr><td>4</td><td>493309.036</td><td>2292308.950</td></tr>
<tr><td>5</td><td>493373.074</td><td>2292263.030</td></tr>
<tr><td>Superficie</td><td>500,000.00</td><td>m²</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>9. El propietario o promotor que sea autorizado para la extracción de materiales pétreos de un predio, deberá presentar ante la autoridad municipal competente, un estudio fotográfico de seguimiento del desarrollo del proyecto, en donde se observen claramente las medidas preventivas, de mitigación y de restauración que se hayan establecido en las autorizaciones de impacto ambiental correspondientes.</td>
<td>Una vez autorizado el proyecto en materia de impacto ambiental, se presentará ante la autoridad ambienta los informes de cumplimiento de términos y condicionantes con sus anexos fotográficos correspondientes</td>
</tr>
<tr>
<td>Los propietarios de lotes localizados en el polígono señalado con el uso extractivo, y que se encuentren en operación antes de la publicación del presente instrumento normativo, estarán obligados a regularizar el diagnóstico de la situación actual y los estudios de afectaciones al predio, así como la propuesta del proyecto arquitectónico final, respetando los derechos adquiridos en las autorizaciones vigentes.</td>
<td>El presente proyecto es nuevo, por lo que, no se considera acciones relacionadas con este punto.</td>
</tr>
<tr>
<td>Los caminos de acceso a la zona deberán ser de doble sentido y deberán mantener los drenes naturales del terreno. Deberán ser regados mediante camiones de pipa para prevenir la formación de nubes de polvo. Los caminos interiores serán de doble sentido y los caminos y rampas de acceso al banco deberán ser de tipo temporal y no tener una pendiente pronunciada.</td>
<td>En cumplimiento al presente criterio el proyecto tendrá las siguientes características:
1. Los caminos interiores serán de doble sentido, además mantendrá los drenes naturales del terreno.
2. Se mantendrán regados constantemente para evitar la dispersión de partículas de polvo.
3. Los caminos y rampas al banco serán temporales con pendiente suaves.</td>
</tr>
<tr>
<td>El banco de materiales contará con un letrero que sea visible a distancia, de acuerdo con la normatividad aplicable vigente, donde se</td>
<td>Se instalará un letrero en la entrada del polígono del proyecto que sea legible a la distancia con las indicaciones de nombre del</td>
</tr>
</table>

indique el nombre del banco, nombre del propietario, número de autorización expedida por el municipio y material a explotar. El letrero deberá tener como mínimo una longitud de 2 metros por 1 metro de altura.	proyecto, nombre del promovente y número de autorización estatal y municipal.
Los vehículos automotores y la maquinaria y equipo a utilizar en el banco, deberán estar afinados y en buen estado mecánico para minimizar emisiones contaminantes y generación de ruido.	La promovente garantizará las condiciones adecuadas de funcionamiento de vehículos y maquinaria debido a que: 1. Únicamente se permitirá el funcionamiento de aquellos vehículos y maquinaria que se encuentren en óptimas condiciones para realizar las actividades constructivas. 2. La maquinaria y vehículos de la empresa contará con revisiones constantes y mantenimiento preventivos. 3. Se monitoreará el funcionamiento de los mismos y en caso de requerirse, los vehículos y maquinaria serán enviados a los talleres especializados para su mantenimiento correctivos
Queda prohibida la quema de aceites, lubricantes, solventes sucios y de cualquier tipo de residuos.	El proyecto no contempla la quema de aceites, lubricantes, solventes sucios o cualquier otro residuo.
Queda prohibida la realización de cambios de aceite o cualquier compostura mecánica en vehículos, dentro del banco. Las trituradoras y cribadoras se deberán localizar en una zona alejada del banco y de preferencia se deberá optar por sistemas de trituración vía húmeda, para evitar la generación de polvos.	Las actividades de mantenimiento de vehículos se realizarán en talleres especializados fuera de las instalaciones del proyecto. Por su parte, el proyecto no contempla la instalación de trituradoras ni cribadoras.
Se deberá contar siempre con sistemas para evitar la fuga de polvo. Los materiales extraídos de los bancos deberán ser transportados en vehículos cubiertos con lonas o costales húmedos para evitar la dispersión o producción de polvos y partículas.	El proyecto contempla las siguientes medidas para evitar dispersión de polvos: 1. El material pétreo transportado se mantendrá húmedo teniendo un control de riego diario. 2. Los camiones que transporten el material pétreo se mantendrán cubiertos con lonas a fin de evitar dispersión de partículas de polvo.
Estará prohibido modificar o afectar las condiciones naturales de las cuencas hidrológicas, cauces naturales de ríos, arroyos o manantiales, riberas y vasos de agua existentes, así como verter o descargar materiales o residuos líquidos o sólidos en el suelo, subsuelo o en cualquier clase de corriente o depósito de agua. Estará prohibido también desarrollar actividades contaminantes	El proyecto no contempla modificar o afectar las condiciones naturales de las cuencas. Por su parte, en ninguna de las etapas del proyecto se considera usar sustancias que puedan considerarse altamente contaminantes. El combustible utilizado en maquinaria y vehículos será abastecido en estaciones de servicio, por lo que, no se requerirá su almacenamiento en el sitio, además los aceites

cualquier depósito de agua. Se deberá formar una barrera física de rocas para evitar el arrastre de partículas de material hacia el cauce o lecho de los cuerpos de agua existentes.	lubricantes requeridos serán cambiados en talleres especializados donde se recibirá los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo. En cuanto a las aguas residuales generadas por el uso de sanitarios, estas permanecerán en los sanitarios portátiles hasta su retiro por parte de la empresa proveedora del servicio y traslado hasta la PTAR más cercana
Se construirán canales exteriores e interiores de desagüe en el predio en explotación para que el agua de lluvia no arrastre partículas de materiales pétreos hacia el cauce o lecho del cuerpo de agua	El proyecto no colinda con cuerpos de agua o cauces, por lo que, no se considera acciones relacionadas con este punto.
Desde el inicio de actividades en el banco de material y hasta que finalicen las mismas, se deberá contar con servicios sanitarios temporales	El proyecto contempla el uso de sanitarios portátiles en todas sus etapas.
Queda estrictamente prohibido descargar, depositar o infiltrar cualquier material o desecho sólido o liquido en los suelos.	El proyecto contempla acciones para el manejo integral de los residuos sólidos y líquidos a fin de evitar su descarga, deposito o infiltración.
Se llevará una bitácora de obra, la cual estará foliada, y permanecerá en el lugar de la explotación a disposición de los inspectores municipales y estatales competentes que lo requieran. En ella se deberán anotar, además de los datos generales del banco, toda la información técnica de la memoria de explotación del predio y las observaciones que los inspectores hagan, si es el caso. Toda esta información deberá estar	Se implementará una bitácora de obra a fin de dar cumplimiento a este punto.
Deberá realizarse la limpieza y remoción de la vegetación únicamente en el área del banco, excluyendo de la misma una franja de seguridad de 20 metros (zona de protección), que se deberá conservar intacta	Únicamente las áreas de aprovechamiento y el camino de acceso interior serán desmontados y despalmados, así mismo, se dejará una franja de seguridad como zona de amortiguamiento o protección que se mantendrá como área de conservación.
La capa de suelo fértil removida durante el despalme de la zona, deberá ser acumulada en una zona del predio que no pretenda explotarse. Este material acumulado se compactará ligeramente y deberá confinarse a fin de que no se deslave. Conforme avance la explotación, el suelo fértil que se resguardó deberá emplearse para el recubrimiento de los taludes finales y del piso del banco, de tal forma	El material de desmonte y despalme será almacenado en el sitio del proyecto conforme de indica en este punto, para su posterior uso en las actividades de restauración del sitio.

que los recubra al menos con un espesor igual al que tenía originalmente.	
Durante la vida útil del tajo se deberá realizar la estabilización de taludes formados, considerando un ángulo de óptima estabilidad del talud, esto con la finalidad de prevenir procesos erosivos y formar una estructura estable	En las actividades de restauración, se estabilizarán taludes, a fin de prevenir procesos erosivos y la formación de estructuras inestables.
Queda prohibida la explotación de materiales pétreos en los predios en los que se hayan realizado actividades de restauración. La explotación de materiales pétreos en general se llevará a cabo solo en excavaciones a cielo abierto. Los residuos sólidos producto de la limpieza, desmantelamiento o demolición de las instalaciones, deberán ser depositados en el lugar que para ello designe la autoridad municipal competente.	No es vinculante el criterio, toda vez, que el banco de materiales es de reciente creación y no había sido explotado anteriormente.
Los predios ocupados por los bancos de materiales deberán cercarse a lo largo de todo su perímetro con postes de concreto o tubos galvanizados de 1.50 metros de alto y alambre de púas de cinco hilos, debidamente empotrados y colocados a cada 3 metros entre sí o con malla ciclónica para evitar accidentes debido a la entrada no autorizada de personas o de animales.	En cumplimiento a este punto, se seguirán las recomendaciones establecidas.
Se utilizarán explosivos únicamente para derribar piedra que no pueda extraerse mediante medios mecánicos, previa autorización de las autoridades competentes.	En las actividades extractivas se utilizarán explosivos únicamente para extraer piedra caliza que no pueda obtenerse por medios mecánicos. El uso de explosivos se realizará previa obtención de las autorizaciones requeridas.
El municipio establecerá un plan de acción de recuperación y restauración del predio explotado que deberá llevar a cabo el propietario. En este programa se señalará el número de ejemplares recuperados, el sitio a donde serán transferidos, las técnicas a emplear, la superficie involucrada y las actividades de protección. Las actividades de recuperación y restauración ecológica del área impactada se llevarán a cabo al mismo tiempo que la explotación.	En el DTU BR se señalan el Programa de Rescate y Reubicación de Flora, así como el número estimado de ejemplares y especies que deberán ser rescatados.
Una vez finalizada la explotación, se iniciará el retiro de las instalaciones que fueron ocupadas	En la etapa de abandono se contempla el retiro de maquinaria y equipo.

durante la operación, y se retirará en su totalidad la maquinaria y equipo que haya sido utilizado.	
Al término de la explotación del banco de materiales y cuando se concluya la restauración del mismo, se procederá a su reforestación de acuerdo a lo propuesto en el programa de recuperación y restauración del área impactada.	Las actividades de reforestación, están previstas con las actividades de restauración del sitio conforme al calendario presentado en el Programa de Restauración.
Los taludes de la zona explotada deberán forestarse con especies arbóreas, arbustivas o herbáceas de la región, con la finalidad de fijar los taludes y fomentar la formación de suelo.	En el proceso de restauración del sitio, se estabilizarán taludes con vegetación nativa.
Los usos compatibles pueden ser: campos de golf, parques temáticos, paisajismo. Si el propietario o poseedor propone un uso alternativo del predio o el restablecimiento del uso original del mismo, la propuesta tendrá que ser compatible con los usos del suelo del entorno y tendrá que ser presentada oportunamente y por escrito al municipio, para su evaluación y determinación de lo procedente en el ámbito de su competencia. En ningún caso se permitirá vivienda permanente o alojamiento temporal en la zona de extracción.	El proyecto contempla solamente la explotación de roca caliza mediante un banco de material, por lo que, una vez concluidas las actividades extractivas, se restaurará el sitio del proyecto con un uso compatible a la UGA correspondiente.
Las autorizaciones o permisos otorgados previamente a la entrada en vigor de este Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad, serán respetados en los términos contenidos en ellos. Es el caso de las autorizaciones concedidas en el oficio número D.O.O. DGOEIA. - 0007237 del 30 de noviembre del 2000 donde resuelve como PROCEDENTE DE MANERA CONDICIONADA el proyecto Aprovechamiento de Roca Caliza por Debajo del Manto Freático en los predios La Adelita de 882.13 ha. y el Conchalito de 369.30 ha. Emitidos por la Semarnat y el oficio número SEDUMA/SSMA/BMP/289/2006 donde autoriza por un periodo de 5 años el aprovechamiento de material pétreo (explotación industrial de arena, grava, y derivados de roca y suelos no minerales y canteras), en los predios denominados El Conchalito y La Adelita ubicados en el kilómetro	El proyecto no tiene relación con el criterio.

282.6 de la carretera federal 307 Chetumal-Cancún, del municipio de Solidaridad y con una superficie de 369.2 y 882.13 hectáreas respectivamente. Las autorizaciones o permisos que se otorguen una vez aprobado y publicado el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad, deberán emitirse de conformidad con el contenido de este programa y del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad publicado en el periódico oficial del gobierno del estado de Quintana Roo el 15 de mayo de 2009.	

III.6. Áreas Prioritarias

III.6.1 Región Terrestre Prioritaria

El predio Che hum se ubica a 55.23 km de la Región Terrestre Prioritaria más cercana, la cual es la Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.

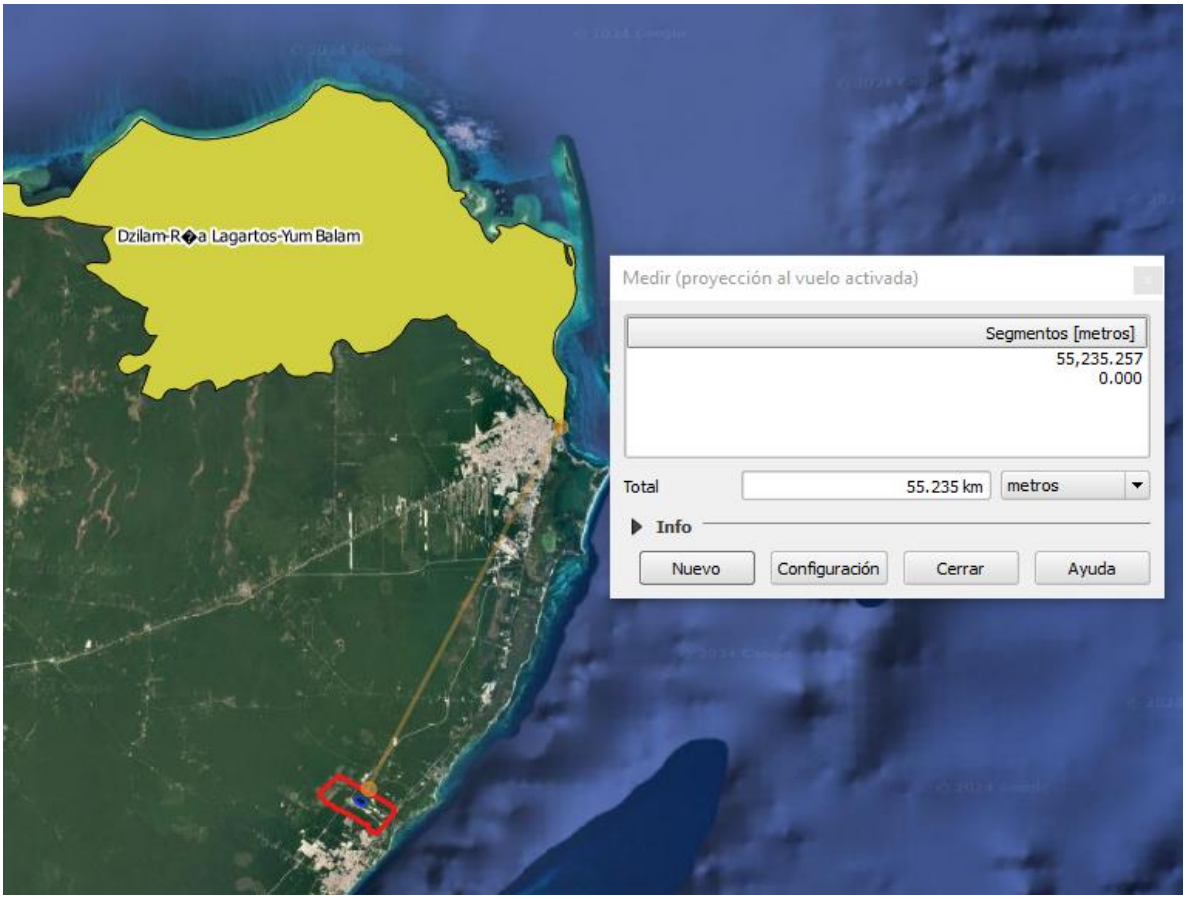


Figura 4. Ubicación del predio Che hum a la RTP más cercana.

III.6.2 Región Hidrológica Prioritaria 105

La Región Hidrológica Prioritaria número 105 denominada "Corredor Cancún-Tulum" está conformada por las lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales y aguas subterráneas. Dentro de la problemática asociada se tiene la perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales. Contaminación por generación de aguas residuales y desechos sólidos; así como la pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco Cocos nucifera tasiste. En cuanto a la problemática por el uso de recursos, el proyecto no la incrementa, ya que no se aprovecha ningún tipo de especies y este no se ubica en la zona costera. En cuanto a la problemática por contaminación, los residuos sólidos y líquidos se dispondrán a través de los sistemas de limpia municipal y de drenaje, respectivamente.

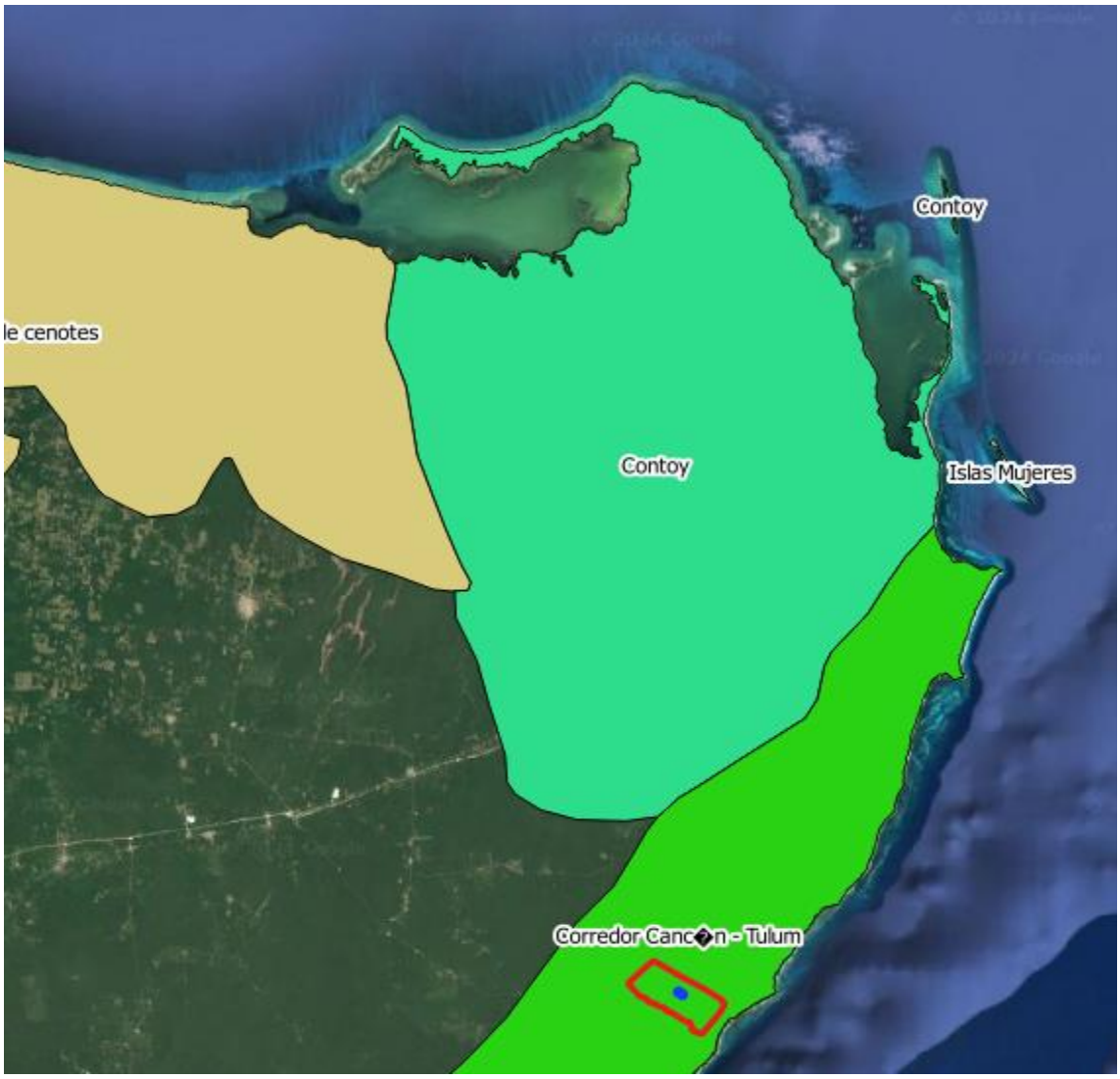


Figura 5. Ubicación del predio Che hum (azul) y del SAR (rojo) en la RHP "Corredor Cancún-Tulum".

III.6.3 Región Marina Prioritaria 63

La Región Marina Prioritaria número 63 denominada "Punta Maroma-Punta Nizuc" tiene una extensión de 1,005 km^2 y dentro de su problemática detectada se encuentra la modificación del entorno por tala de manglar, relleno de áreas inundables, remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Blanqueamiento de corales. Contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad. Presión sobre peces (boquinete) y langostas. Así como la presencia de especies introducidas de *Cassuarina spp* y *Columbrina spp*.

Al respecto el proyecto se ubica fuera del área marina por lo que no incrementa la problemática relacionada con los componentes de dicha zona (pastos marinos, arrecifes, dragados, muelles, embarcaciones, etc.). En cuanto a la contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad, se tiene que, si bien como parte del proyecto se generarán residuos sólidos y líquidos, estos se dispondrán a través de los sistemas de limpia municipal y las aguas residuales a través de las empresas arrendadoras de los sanitarios portátiles y cuando se instale el baño fijo será a través de una empresa autorizada, respectivamente.

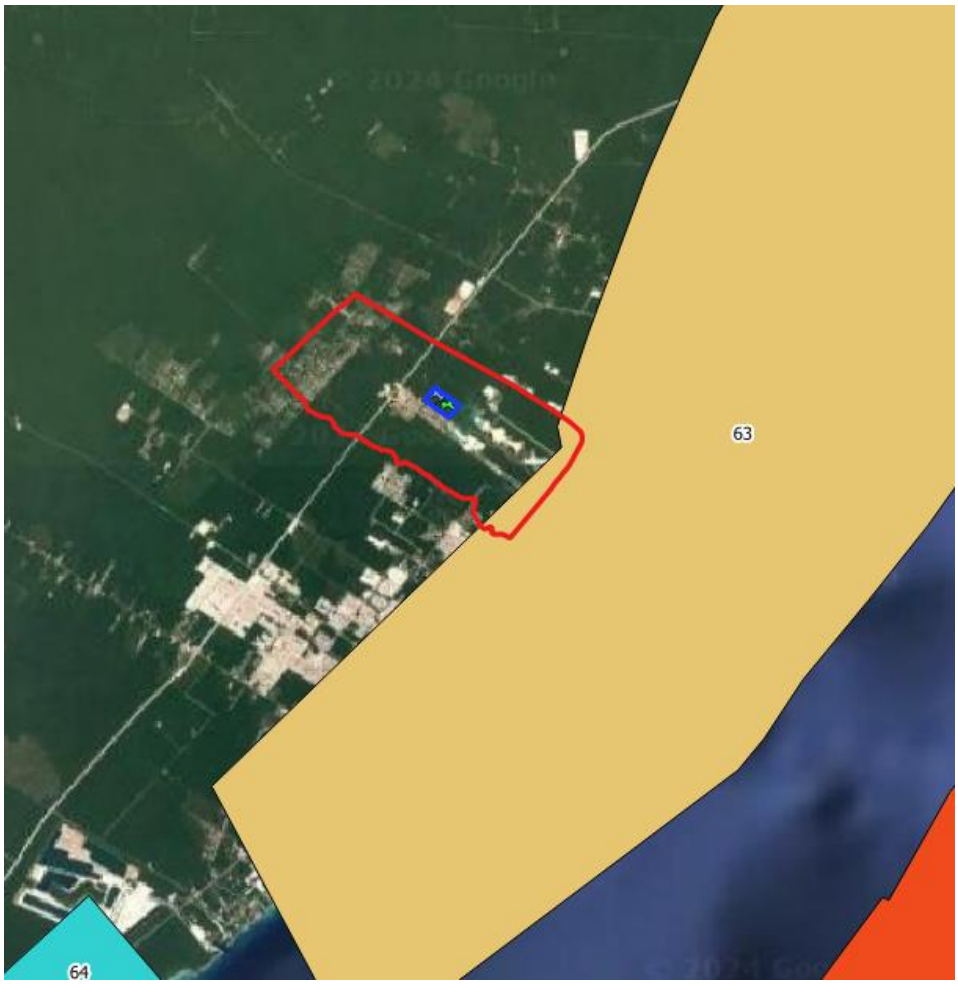


Figura 6. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a la RMP No. 63.

III.6.4 Áreas de Importancia de Conservación para las Aves

El proyecto no se ubica dentro de un Área de Importancia de Conservación para las Aves (AICA), la más cerca es la denominada "Corredor Central Vallarta-Punta Laguna".

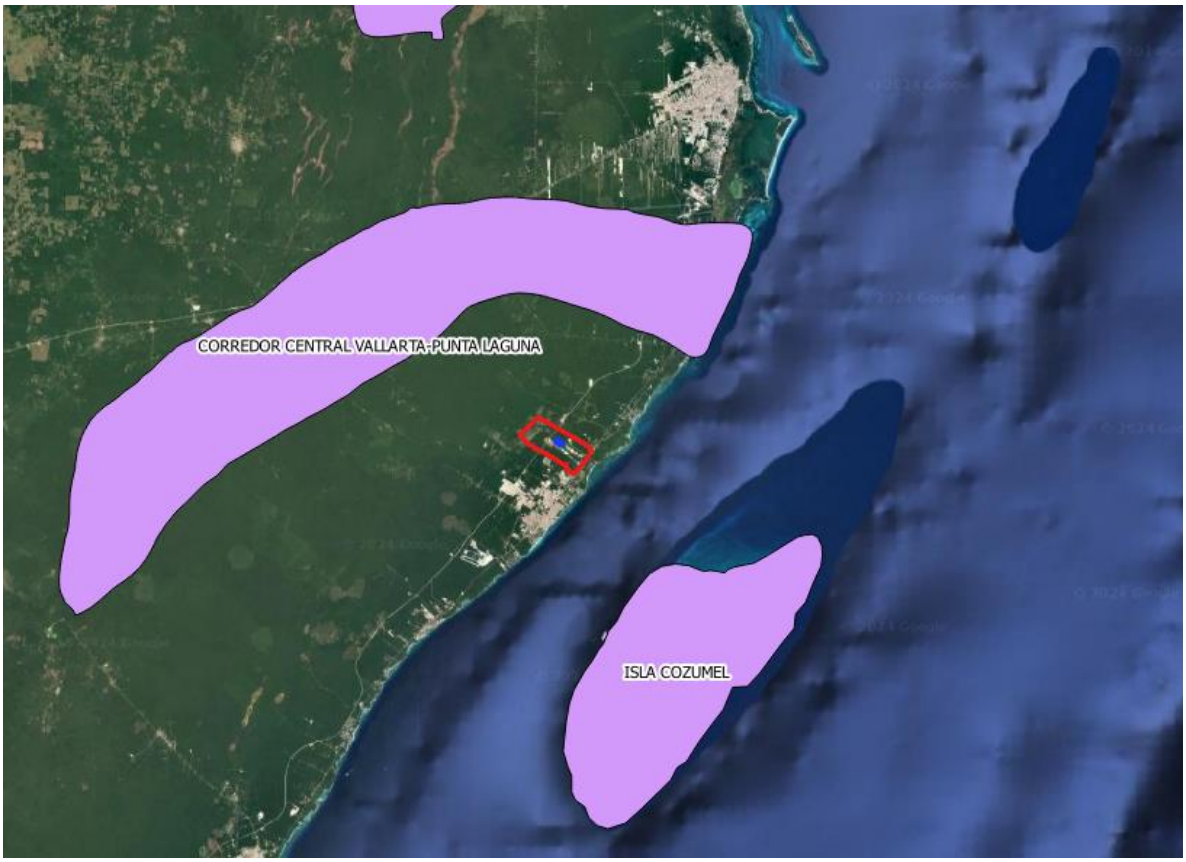


Figura 7. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a las AICAS.

III.6.5 Sitios RAMSAR

El proyecto no se ubica dentro de un Sitio RAMSAR.

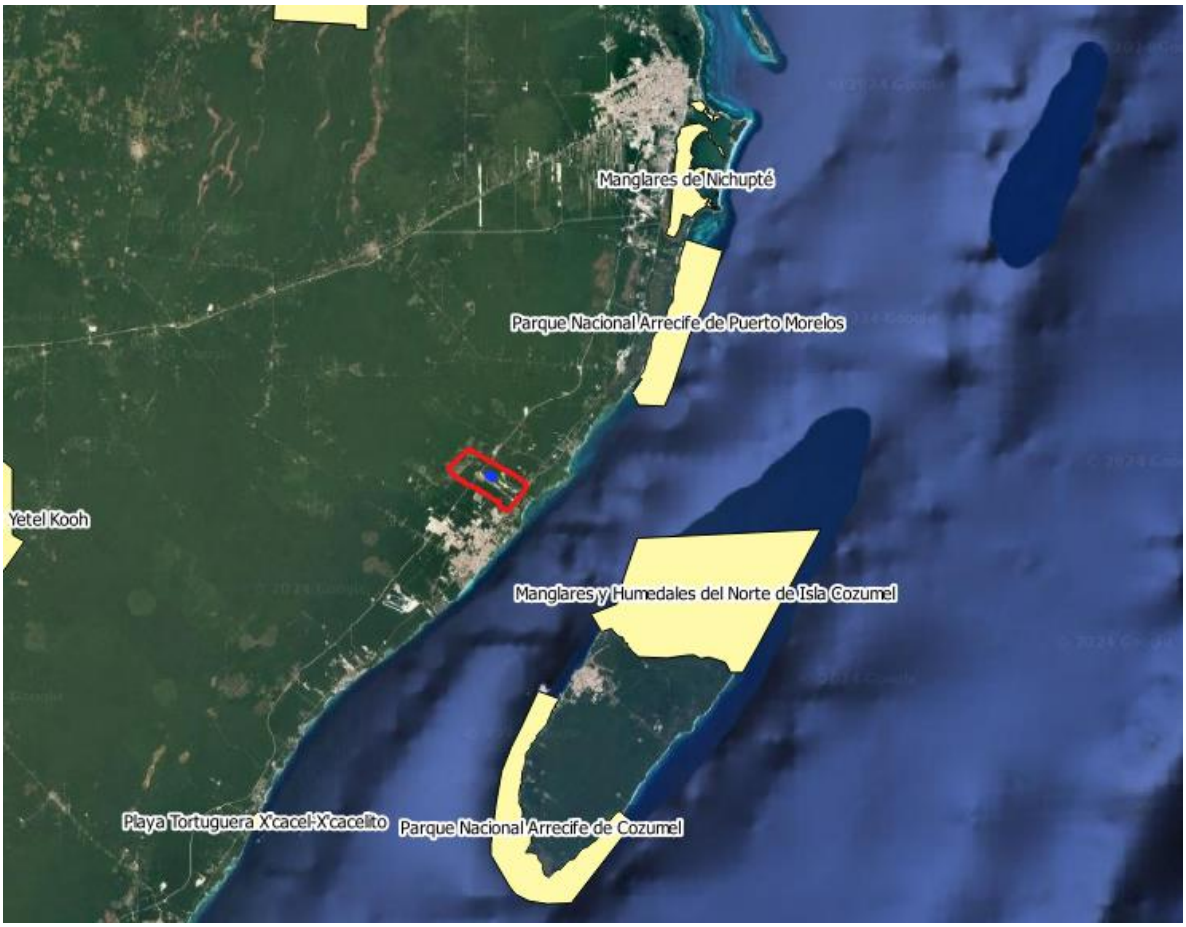


Figura 8. Ubicación del predio Che hum (azul) y SAR (rojo) con respecto a los sitios RAMSAR.

CAPÍTULO IV

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

CONTENIDO

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región 9
IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR).....9
IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional (SAR) 15
IV.2.1 Medio abiótico.....15
IV.2.1.1 Clima.....15
IV.2.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos 20
IV.2.1.3 Fisiografía 22
IV.2.1.4 Zona Kárstica 24
IV.2.1.5 Hidrología.....25
IV.2.1.6 Suelos 26
IV.2.1.7 Geomorfología.....28
IV.2.1.7.1 Carso superficial.....29
IV.2.1.7.1 Carso subterráneo.....29
IV.2.1.8 Geología.....30
IV.2.1.8.1 Eoceno Medio-superior 31
IV.2.1.8.2 Geología estructural 32
IV.2.1.8.3 Geología del sitio.....33
IV.2.1.8.4 Geología del sitio.....34
IV.2.1.9 Geohidrología.....35
IV.2.1.10 Cambio climático.....38
IV.2.2 Medio biótico.....42
IV.2.2.1 Caracterización y composición de la vegetación del SAR.....42
IV.2.2.1.1 Tipo de vegetación del SAR.....44
IV.2.2.1.2 Muestreo 44
IV.2.2.1.3 Índices de diversidad por estrato.....48
IV.2.2.1.4 Especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y endemismo en el SAR. 64
IV.2.2.2 Caracterización de la vegetación del predio/Área de CUSTF 64
IV.2.2.2.1 Muestreo 65
IV.2.2.2.2 Toma de parámetros.....67
IV.2.2.2.3 Resultados 67

IV.2.2.2.3.1 Composición y estructura florística de la vegetación presente en el Área del proyecto 67
IV.2.2.2.3.1.1 Estrato Alto 69
IV.2.2.2.3.1.2 Estrato Medio 70
IV.2.2.2.3.1.3 Estrato Bajo 73
IV.2.2.2.3.2 Composición de la vegetación del predio/Área de CUSTF 76
IV.2.2.2.3.3 Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 presentes en el CUSTF 84
IV.2.2.3 Caracterización de la fauna del SAR 84
IV.2.2.3.1 Distribución potencial 84
IV.2.2.3.2 Metodología de muestreo 86
IV.2.2.3.3 Riqueza y curva de acumulación de especies 89
IV.2.2.3.3.1 Ornitofauna 92
IV.2.2.3.3.2 Herpetofauna 94
IV.2.2.3.3.3 Mastofauna 95
IV.2.2.3.4 Especies amenazadas 96
IV.2.2.3.5 Índices de diversidad 96
IV.2.2.4 Caracterización de la fauna del predio/Área de CUSTF 100
IV.2.2.3.4.1 Metodología de muestreo 100
IV.2.2.3.4.2 Riqueza y curva de acumulación de especies 101
IV.2.2.3.4.2.1 Ornitofauna 103
IV.2.2.3.4.2.2 Herpetofauna 105
IV.2.2.3.4.2.3 Mastofauna 105
IV.2.2.3.4.3 Especies amenazadas 106
IV.2.2.3.4.4 Índices de diversidad 106
IV.2.2.3 Medio socioeconómico 109
IV.2.2.3.1 Población 109
IV.2.2.3.2 Procesos Migratorios 111
IV.2.2.3.3 Marginación 112
IV.2.2.3.4 Educación 112
IV.2.2.3.5 Servicios 113
IV.2.2.3.6 Turismo 113
IV.2.2.4 Paisaje 114
IV.2.2.4.1 Análisis de la visibilidad 115
IV.2.2.4.2 Calidad visual del paisaje 116
IV.2.2.4.3 Fragilidad 118

IV.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riego por el cambio de uso del suelo propuesto 119
IV.3.1 Captura de carbono y oxigeno 119
IV.3.1.1 Cálculo de cantidad de carbono secuestrado en la vegetación afectada por CUSTF 121
IV.3.2 Provisión de agua en cantidad 127
IV.3.3 Protección y recuperación de suelo 132
IV.3.4 Protección a la biodiversidad de los ecosistemas y formas de vida 136
IV.3.5 Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales 141
IV.3.6 Modulación o regulación climática 144
IV.3.7 Paisaje y recreación 147
IV.4. Diagnóstico ambiental 148

FIGURAS

Figura 1. Selección e interrelación de componentes o procesos ecosistémicos (Fuente: Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, SEMARNAT, 2019). 9
Figura 2.Capa de datos vectoriales "Uso de Suelo y Vegetación Serie VII INEGI". Se resalta que la vegetación presente en el predio y a la que se incluye en el SAR es "Selva mediana subperennifolia". 10
Figura 3. Comunidades de Nuevo Noh-Bec y Jacinto Canek, Quintana Roo. 11
Figura 4. Bancos de materiales en predios colindantes. 11
Figura 5. Distribución de las regiones y cuencas hidrológicas en el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Código de cuencas y subcuencas de las regiones 31, 32 y 33. 13
Figura 6. UGAS 5, 11 y 14 del POEL del Municipio de Solidaridad. 13
Figura 7. Delimitación del SAR: Selección e interrelación de componentes o procesos ecosistémicos 14
Figura 8. Unidades climáticas en el SAR. 15
Figura 9. Precipitación promedio mensual en la estación meteorológica Playa del Carmen. 16
Figura 10. Temperatura promedio mensual en la estación meteorológica Playa del Carmen. 16
Figura 11. Subprovincias fisiográficas de la Península de Yucatán. Modificado de INEGI (2016). ..22
Figura 12. Unidad fisiográfica presente en el SAR. 23
Figura 13. Etapas de formación de la red de drenaje en los sistemas kársticos (modificado de De Monroy, 2016). 24
Figura 14. Cronología del nivel del mar en el Caribe durante el Pleistoceno (De Monroy, 2016). ...25
Figura 15. Regiones hidrológicas del país. 26
Figura 16. Edafología en el SAR. 27

Figura 17. Plano geomorfológico y ubicación de las provincias Tomado de Velázquez (1986). 28
Figura 18. Características geológicas de la región. Modificado de Butterling y Bonet (1963). 32
Figura 19. Información de la Carta Geológica Minera Cozumel F16-11 (SE, 2006).....33
Figura 20. Litología de la Plataforma de Yucatán (Tomado de García y Graniel, 2010). 34
Figura 21. Unidad estratigráfica de la zona de estudio. 35
Figura 22. Mapa conceptual hidrogeológico (modificado de Grupo PEOT, UQROO 2000). 37
Figura 23. Rasgos, fallas y fracturas del Estado de Quintana Roo. 37
Figura 24. Esquema de impactos a nivel global y local definidos para el Estado de Quintana Roo.38
Figura 25. Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones, se observa que el Municipio de Solidaridad se encuentra en la clasificación de vulnerabilidad media. 40
Figura 26. Aumento proyectado de 3.0 m en las costas de Quintana Roo. Se aprecia que Playa del Carmen no se visualiza afectado por dicha modelación con cambio climático. 41
Figura 27. Proyecciones de cambio climático frente a la precipitación. El porcentaje de cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de -20%. 41
Figura 28. Proyecciones de cambio climático frente a la temperatura. El e cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de 3.6 °C. 42
Figura 29. so del suelo y vegetación del SAR. Fuente: Serie VII INEGI. Escala 1:250 000. 43
Figura 30. Levantamiento de la altura de los individuos arbóreos y arbustivos 47
Figura 31. Criterios para el levantamiento del diámetro normal 47
Figura 32. Criterios para la estimación del diámetro mayor y menor de copa.....48
Figura 33. Número de especies por familia botánica en el SAR 63
Figura 34. Formas de vida en el SAR 64
Figura 35. Distribución de especies por su origen en el SAR.....64
Figura 36. Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación para el Área de CUSTF. 66
Figura 37. Número de especies por familia botánica en el CUSTF.....83
Figura 38. Distribución de especies por origen en el área propuesta para el proyecto (CUSTF).....84
Figura 39. Transectos de muestreo para fauna en el SAR. 88
Figura 40. Número de órdenes, familias géneros y especies encontrados en el SAR. 89
Figura 41. Curva de acumulación de especies para el caso del Sistema Ambiental.....92
Figura 42. Parámetros poblacionales de las aves en el Sistema Ambiental 94
Figura 43. Parámetros poblacionales de los reptiles en el SAR. 95
Figura 44. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el Sistema Ambiental 96
Figura 45. Número de órdenes, familias géneros y especies encontrados a nivel de área de CUSTF. 101
Figura 46. Curva de acumulación de especies para el caso del Área de CUSTF. 103
Figura 47. Parámetros poblacionales de las aves en el Área de CUSTF.....104
Figura 48. Habitantes por edad y sexo.....110

Figura 49. Esperanza de vida. CONAPO. CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN. Datos abiertos. Indicadores demográficos 1950-2050. 111

Figura 50. Causas de migración. Fuente: censo de población y vivienda 2020. 112

Figura 51. Mapa mostrando el potencial de crecimiento de biomasa sobre el nivel del suelo (AGB) en un período de 20 años. El púrpura indica bajo potencial de recuperación de cubierta forestal, mientras que el verde indica un alto potencial de recuperación / *Nature.* 120

Figura 52. Contrastes regionales entre el agua renovable y el desarrollo nacional (2017) 129

Figura 53. Riqueza de plantas vasculares por entidad federativa. 138

Figura 54. Estado de la vegetación en las áreas naturales protegidas federales en México, 2018. 140

Figura 55. Trayectoria de huracanes (Tomado de: NOAA). 143

Figura 56. Cambios de temperatura en la superficie terrestre.....145

TABLAS

Tabla 1. Datos de precipitación de la Estación "Playa del Carmen" del periodo 1998-2024. 17

Tabla 2. Datos de temperatura de la Estación "Playa del Carmen" del periodo 1998-2024. 18

Tabla 3. Principales fenómenos meteorológicos de 1995 a la fecha registrados en la Península de Yucatán. 20

Tabla 4. Características geomórficas y geológicas de la zona de estudio tomado de Velásquez (1986). 28

Tabla 5. Columna geológica de la Península de Yucatán. 30

Tabla 6. Desglose de áreas y porcentajes que ocupa cada uso de suelo y vegetación en el SAR. 42

Tabla 7. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo para vegetación en el SAR. 45

Tabla 8. Definición de estratos 46

Tabla 9. Especies arbóreas registradas en el estrato alto del SAR.....48

Tabla 10. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR 50

Tabla 11. Especies vegetales presentes en el estrato medio del SAR. 52

Tabla 12. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR. 53

Tabla 13. Especies vegetales herbáceas presentes en el estrato bajo en el SAR. 55

Tabla 14. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR 56

Tabla 15. Listado florístico del SAR. 57

Tabla 16. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo en el CUSTF. 65

Tabla 17. Listado de especies registradas en el estrato alto en el área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF). 67

Tabla 18. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato alto del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF) 69

Tabla 19. Listado de las especies registradas en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).....70

Tabla 20. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF).....72

Tabla 21. Listado de las especies registradas en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). 73

Tabla 22. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF).....75

Tabla 23. Listado florístico presente en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF). 76

Tabla 24. Riqueza específica por forma de vida en el área propuesta para el proyecto (CUSTF)...83

Tabla 25. Coordenadas UTM Z16 de los transectos empleados para fauna en el SAR. 87

Tabla 26. Tabla de abundancia de los diferentes grupos faunísticos en el SAR.....89

Tabla 27. Listado de especies de fauna silvestre encontradas en el SAR. 89

Tabla 28. Listado de aves encontradas en el SAR.....92

Tabla 29. Reptiles registrados en el SAR.....94

Tabla 30. Mamíferos registrados en el SAR.....95

Tabla 31. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de aves en el SAR.....97

Tabla 32. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de reptiles en el SAR.....99

Tabla 33. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de mamíferos en el SAR. 99

Tabla 34. Resumen de los índices de diversidad por grupo faunístico en el SAR. 99

Tabla 35. Abundancia y riqueza de los diferentes grupos faunísticos en el SAR.....101

Tabla 36. Listado de especies de fauna silvestre encontradas en el área de CUSTF. 101

Tabla 37. Listado de aves encontradas en el Área de CUSTF 104

Tabla 38. Reptiles registrados en el SAR.....105

Tabla 39. Mamíferos registrados en el Área de CUSTF.....105

Tabla 40. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el Sistema Ambiental 106

Tabla 41. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de aves en el CUSTF. 107

Tabla 42. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de mamíferos en el CUSTF.....108

Tabla 43. Índices de diversidad de los diferentes grupos faunísticos en el CUSTF. 109

Tabla 44. Conceptos fundamentales del paisaje.....114

Tabla 45. Unidades de paisaje identificadas en el SAR. 115

Tabla 46**.** Criterios de valoración y puntuación por cada componente. 116

Tabla 47**.** Criterios con puntuación.....117

Tabla 48**.** Clasificación del paisaje en base a la valoración realizada.....118

Tabla 49.Valoración de las unidades de paisaje. 118

Tabla 50. Retención de biomasa y carbono/ha en el estrato alto y medio del CUSTF.....121

Tabla 51. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas. 124

Tabla 52. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas. 125

Tabla 53. Resumen de los tres escenarios suelo arenosol. 131

Tabla 54. Balance hídrico sin proyecto (actual) en el área propuesta por el proyecto. 132

Tabla 55. Resumen del balance hídrico después de realizar el cambio de uso de suelo. 132

Tabla 56. Diferencia entre el escurrimiento previo y posterior al cambio de uso de suelo. 132

Tabla 57. Comparación de la erosión hídrica anual antes y después de proyecto.....135

Tabla 58. Comparación de la erosión eólica anual con y sin proyecto.....135

Tabla 59. Comparación de la erosión hídrica y eólica anuales, sin proyecto y con proyecto, en suelo leptosol. 136

Tabla 60. Valoración cualitativa del CUSTF. 152

Tabla 61. Evaluación del CUSTF con criterios cualitativos 152

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

El objetivo de este apartado se orienta a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR, en adelante) del sitio donde se establecerá el Proyecto, con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales y de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro.

IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR)

Con el objetivo de delimitar y describir el Sistema Ambiental Regional (SAR), así como las distintas escalas espaciales que involucren las áreas que, dada la naturaleza del Proyecto pudieran verse afectadas de manera directa o indirecta en alguna de las etapas de ejecución de este, se han demarcado al interior del SAR las unidades de referencia para descripción y análisis ambiental (elementos bióticos y abióticos) tales como: Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR).

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) de acuerdo con los criterios establecidos por la autoridad, es la delimitación fundamentada en la uniformidad y la continuidad de sus componentes y de sus procesos ambientales significativos (flora, suelo, hidrología, corredores biológicos, etc.) con los que el proyecto interactuará en espacio y tiempo; que delimitará la región para poder vincular su extensión (espacio-tiempo) con respecto a los componentes y procesos ambientales seleccionados. Siguiendo esta línea, se analizaron las principales regionalizaciones (Programas de Ordenamiento Ecológicos, ANP, etc.), en los cuales se encuentra inmerso el sitio en donde se pretende la elaboración del Proyecto.

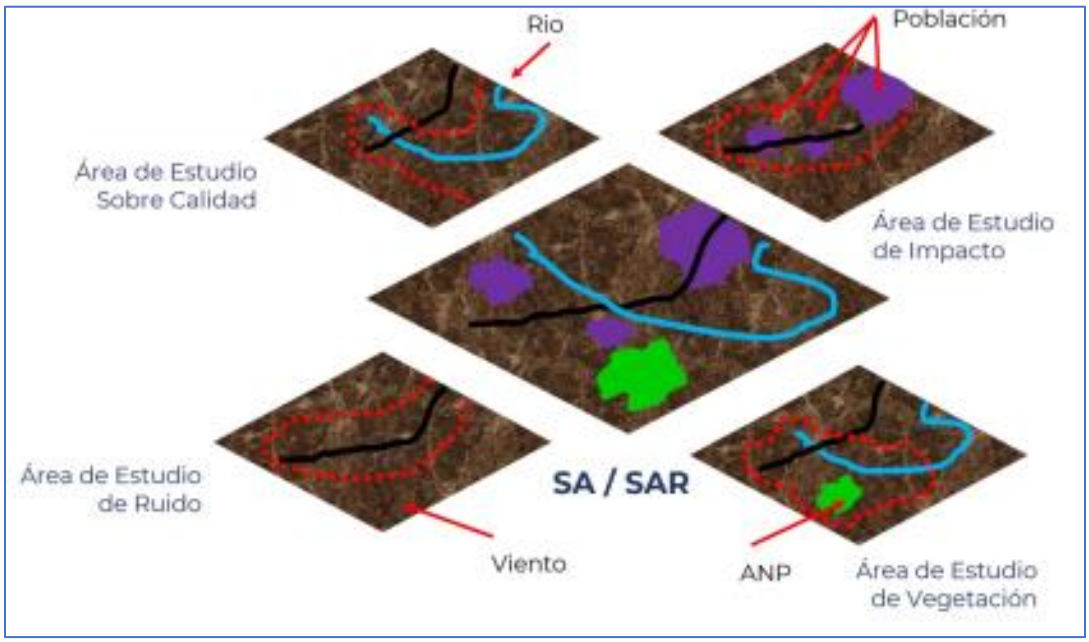


Figura 1. Selección e interrelación de componentes o procesos ecosistémicos (Fuente: Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, SEMARNAT, 2019).

Como sistema físico, el Sistema Ambiental Regional (SAR, en este caso) debe ser un área de estudio conveniente porque representa una unidad delimitada por un parteaguas donde confluyen y exista una interdependencia de sus elementos y procesos que puedan ser más claramente estudiados. Asimismo, en este mismo sentido la delimitación de unidad de referencia propuesta está referida para el área donde se pretende llevar a cabo el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

Bajo las consideraciones anteriores, debe delimitarse analítica y gráficamente el sistema ambiental de la región de estudio (SAR) considerando los elementos, componentes y/o procesos ecosistémicos que se señalaron en la imagen anterior.

Área de Estudio Sobre Calidad: Los cambios en el uso de suelo y la cubierta vegetal, derivados de actividades antrópicas, generan impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen significativamente en los procesos de cambio climático a nivel regional. En este sentido, el proyecto tomará como referencia al tipo de vegetación y su distribución (capa vectorial de INEGI Serie VII) para la delimitación del SAR, debido a que uno de los principales enfoques y objetivos del estudio es exponer a la autoridad que la calidad de los servicios ambientales forestales no será comprometida.

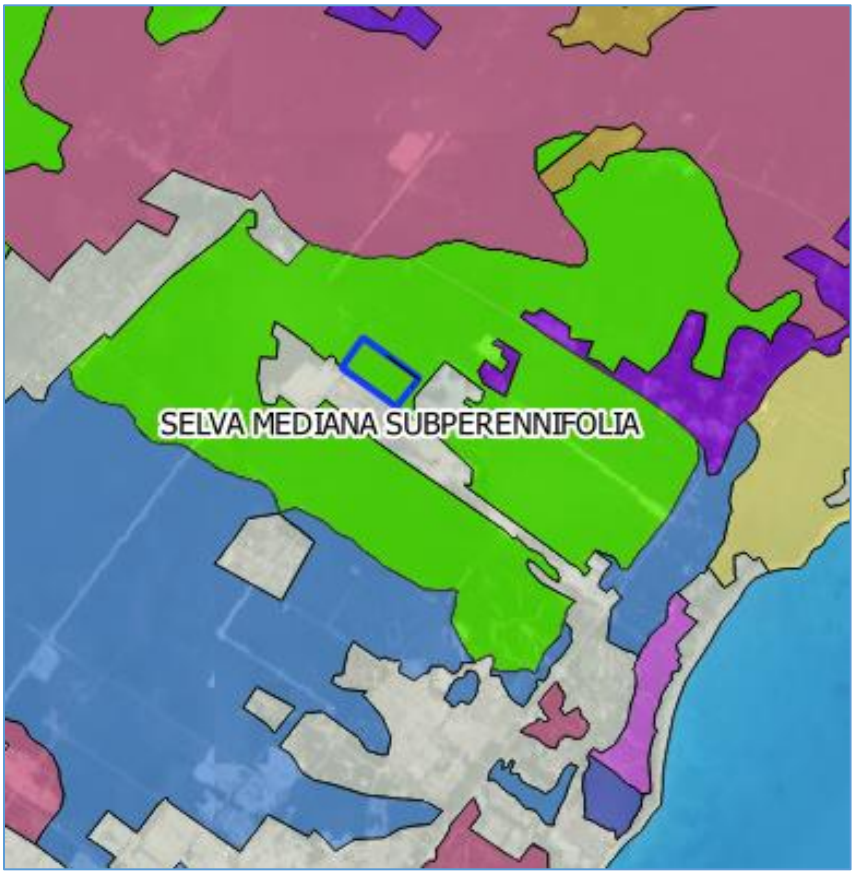


Figura 2.Capa de datos vectoriales "Uso de Suelo y Vegetación Serie VII INEGI". Se resalta que la vegetación presente en el predio y a la que se incluye en el SAR es "Selva mediana subperennifolia".

Área de Estudio de Impacto y Ruido: Se tomará como referencia la localidad más cercana ubicada al noroeste a 2,500 m aproximadamente, la cual es: Nuevo Noh-Bec y Jacinto Canek. Así como los bancos de materiales en los predios colindantes.

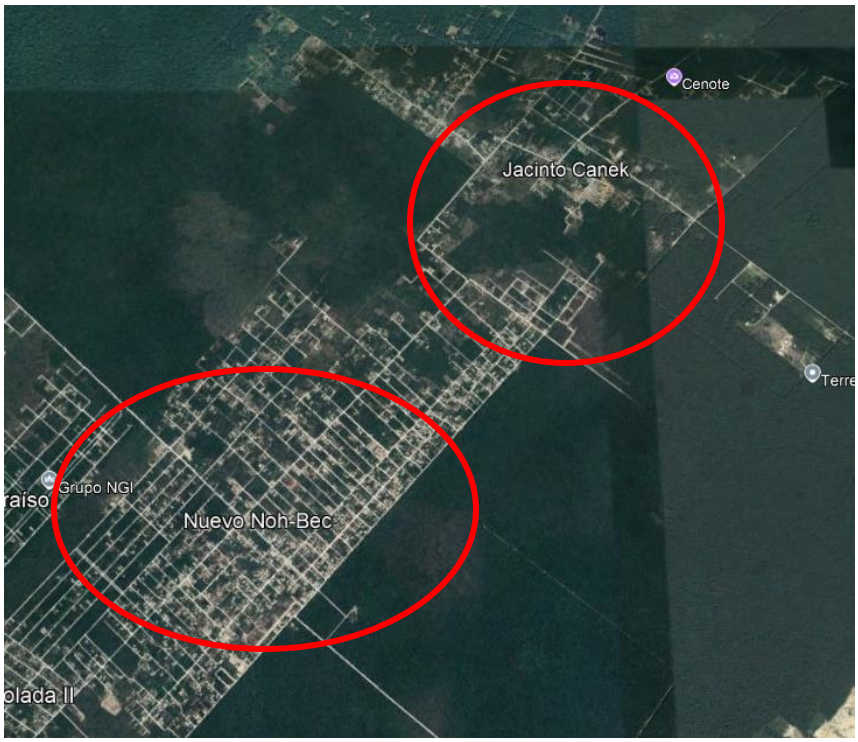


Figura 3. Comunidades de Nuevo Noh-Bec y Jacinto Canek, Quintana Roo.



Figura 4. Bancos de materiales en predios colindantes.

Área de Estudio de Vegetación y Fauna: Como se mencionó anteriormente, se tomará como referencia la capa vectorial de "Uso de Suelo y Vegetación" del INEGI Serie VII, específicamente el polígono de "Selva mediana subperennifolia". Este tipo de vegetación es el que se distribuye en el CUSTF y en el SAR delimitado.

Asimismo, para la delimitación del SAR se tomaron en cuenta otros criterios tales como:

- Delimitación de la Cuenca hidrológica
- Delimitación de regionalizaciones (UGAs del POEL Benito Juárez y ANPs Estatales)

Delimitación de la Cuenca hidrológica: La cuenca se define como un territorio cuyas aguas fluyen todas hacia un mismo río, lago o mar, y a esta clase de cuencas se les llama "cuencas hidrográficas". Una cuenca Hidrográfica se refiere a la definición geográfica de la cuenca, es el contorno o límite de esta que drena agua en un punto común.

Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ellas tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, es decir, es una especie de "embudo" del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado.

La cuenca hidrográfica se distingue por lo general en tres sectores característicos: alto, medio y bajo, los cuales en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos. En una cuenca se tiene: subcuenca, microcuenca y quebradas.

Hay 5 tipos de cuencas: geográficas, de objeto, relieve, por dirección de evaluación de aguas, y por ecosistemas, en esta última se tienen cuencas frías, húmedas y tropicales. Sin embargo, para el caso península de Yucatán, se encuentran las cuencas llamadas "criptorreicas", que influyen subterráneamente, cuyos suelos son cal y permiten una infiltración casi inmediata de la lluvia y la formación de corrientes subterráneas.

De acuerdo con COTLER (2004), el considerar a la microcuenca como unidad básica de atención para el desarrollo regional integral y ejecución de los planes, programas y proyectos de rehabilitación de los recursos naturales, permite lograr un proceso de planeación realmente efectivo al tener un medio agroecológico y social relativamente homogéneo.

La zona donde se desea llevar a cabo el Proyecto se ubica dentro de la Región Hidrológica denominada Yucatán Norte (Yucatán) con clave RH-32, donde no existen subdivisiones de cuencas y subcuencas, al no existir escurrimientos superficiales, por lo que la condición hidrogeológica es de equilibrio en la zona costera de Quintana Roo. Esta cuenca comprende superficie territorial de Cozumel, Isla Mujeres, Benito Juárez, *Solidaridad*, Puerto Morelos, y Lázaro Cárdenas, además se extiende hacia el Oeste dentro del territorio del vecino estado de Yucatán; mientras que hacía el Sur abarca la mayor parte del municipio de Tulum.



Figura 5. Distribución de las regiones y cuencas hidrológicas en el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Código de cuencas y subcuencas de las regiones 31, 32 y 33.

Delimitación de regionalizaciones (UGAs del POEL de y ANPs Estatales): De acuerdo con la ubicación del predio total, y tomando como referencia el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de **Solidaridad**, para la delimitación del SAR se tomaron en cuenta las Unidades de Gestión Ambiental en las que se incluye el proyecto, las cuales son:

- 5. Corredor Kárstico
- 11. Reserva urbana de Solidaridad
- 14. Reserva urbana Norte-Sur de Playa del Carmen

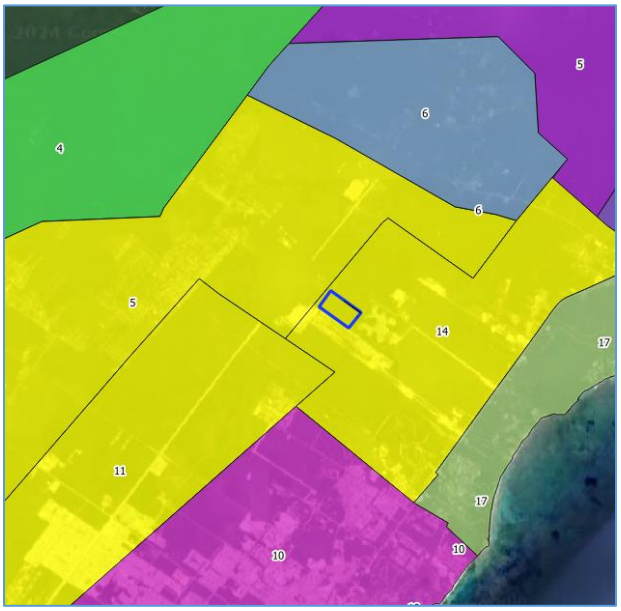


Figura 6. UGAS 5, 11 y 14 del POEL del Municipio de Solidaridad.

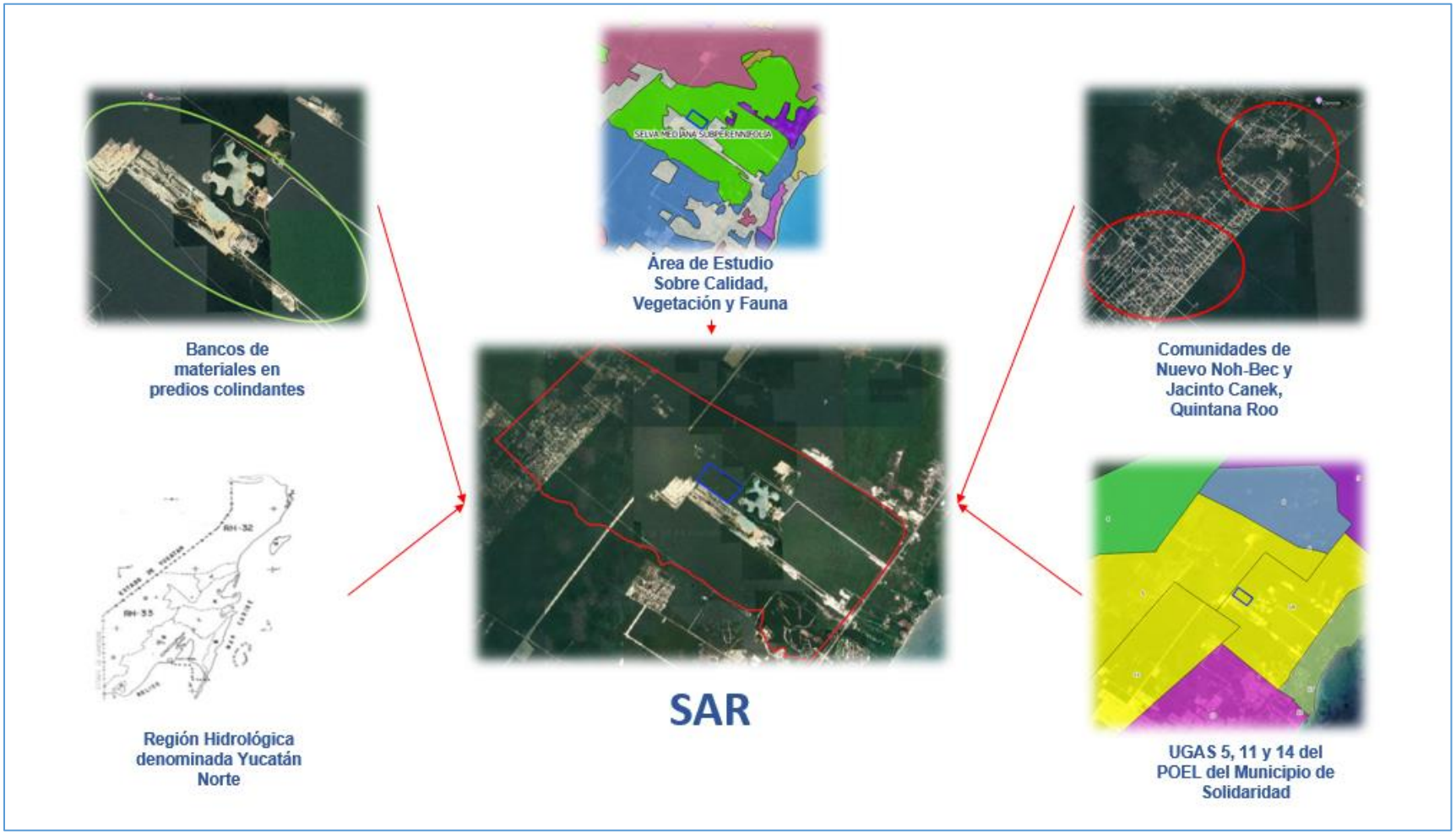


Figura 7. Delimitación del SAR: Selección e interrelación de componentes o procesos ecosistémicos

Es así como el SAR se delimitó y se definió un Área de: **35,795,532.244m²** o **3,579.55 ha**.

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional (SAR)

IV.2.1 Medio abiótico

IV.2.1.1 Clima

Para definir el tipo climático predominante en el SAR donde se establecerá el proyecto, se utilizó información del registro de parámetros meteorológicos de la Estación Meteorológica "PLAYA DEL CARMEN" (23163), la cual es administrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Los datos recopilados de dicha estación son del periodo de 1998-2024 y se encuentra actualmente operando. Además, dicha estación se encuentra en la misma distribución climática que la del área del proyecto reportada por CONABIO[1].

El clima dominante en el SAR es **Aw1(x')**; definido como "cálido subhúmedo", siendo el que presenta una humedad media dentro de los subhúmedos, con un régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm y una temperatura media anual mayor a 22°C.

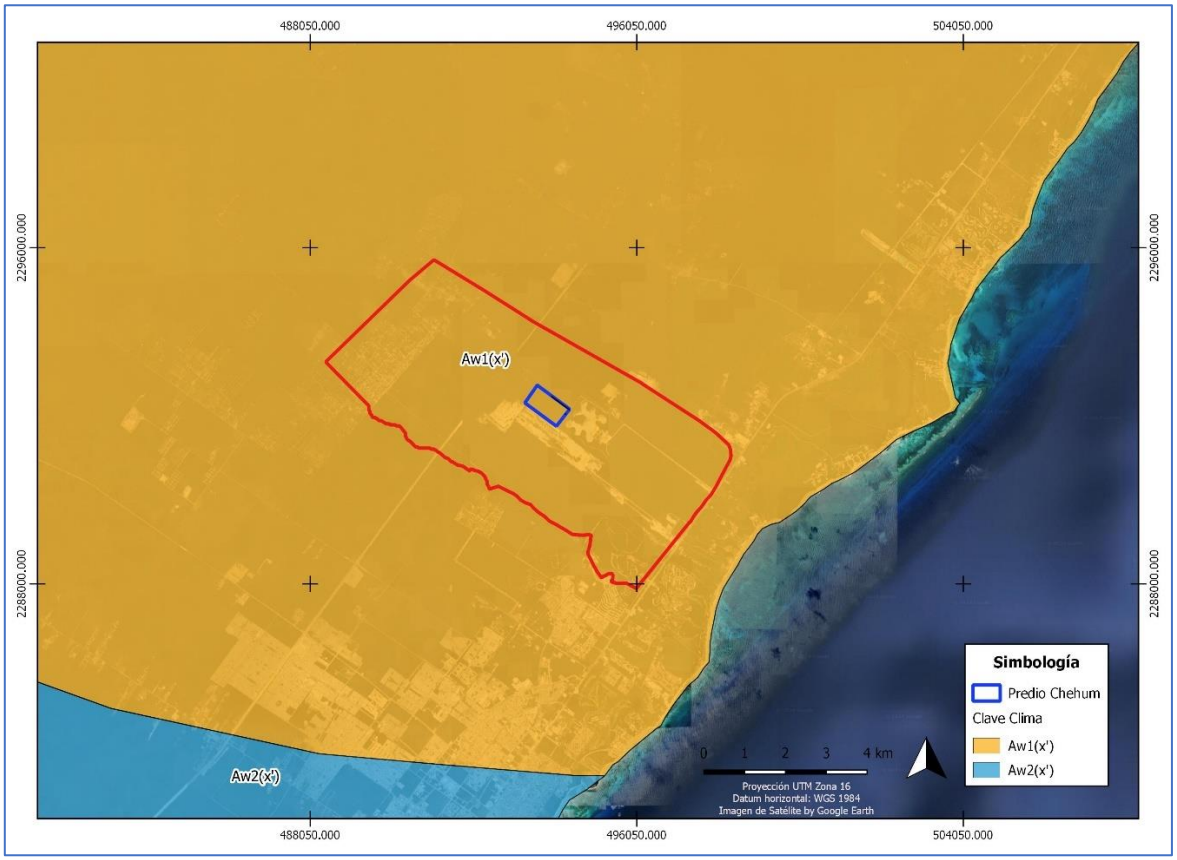


Figura 8. Unidades climáticas en el SAR.

[1]http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

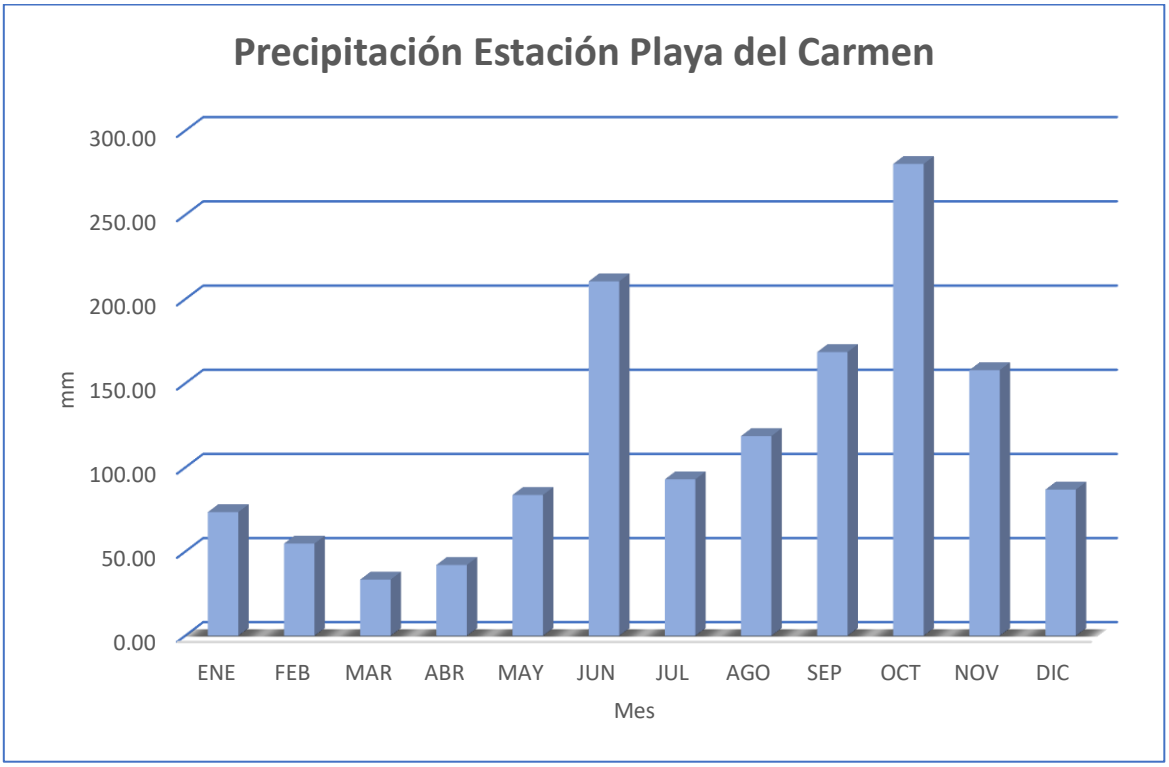


Figura 9. Precipitación promedio mensual en la estación meteorológica Playa del Carmen.
FUENTE: CONAGUA 2023.

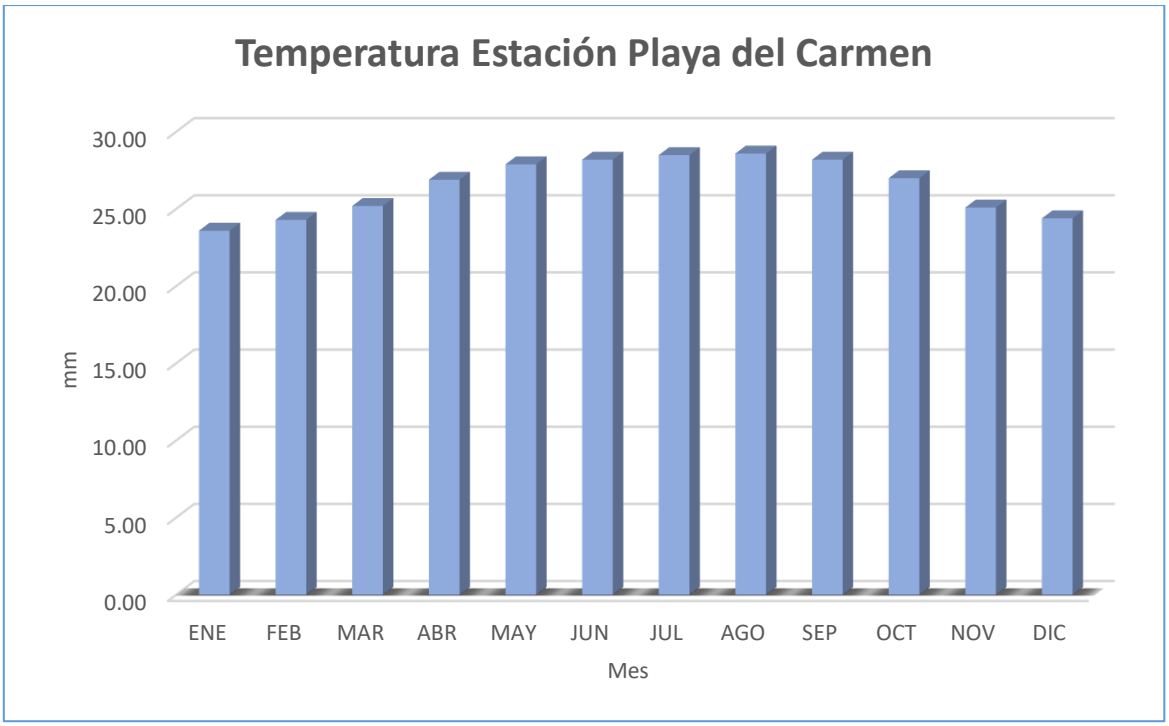


Figura 10. Temperatura promedio mensual en la estación meteorológica Playa del Carmen.
FUENTE: CONAGUA 2023.

Tabla 1. Datos de precipitación de la Estación "Playa del Carmen" del periodo 1998-2024.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM
1998	174.98	2.85	13.70	53.53	218.04	148.05	266.00	117.54	66.54	487.51	130.52	73.71	1752.97
1999	35.45	0.01	51.00	0.10	10.20	228.80	172.60	297.64	235.90	464.31	128.51	119.30	1743.82
2000	30.90	16.80	22.30	36.90	45.20	110.61	7.60	91.10	391.63	147.21	165.00	17.67	1082.92
2001	19.00	18.00	58.01	21.01	104.50	34.40	44.00	78.01	214.51	295.30	149.00	230.01	1265.75
2004	24.50	88.90	7.60	69.40	84.40	556.00	66.40	15.50	94.90	244.20	50.40	16.00	1318.20
2005	31.00	6.50	25.01	21.90	66.80	148.10	219.63	101.50	86.90	538.05	92.00	74.00	1411.39
2006	107.00	133.00	71.00	22.04	59.20	71.70	131.70	388.80	198.50	168.80	213.70	196.60	1762.04
2007	75.30	162.70	18.90	45.00	112.10	62.00	60.50	118.70	126.00	95.02	135.50	9.39	1021.11
2008	98.50	60.50	25.50	2.00	17.50	129.50	68.00	31.00	98.20	478.50	9.00	37.90	1056.10
2009	68.50	16.10	14.00	5.00	42.10	67.30	18.45	56.71	114.00	142.40	275.12	28.11	847.79
2010	8.50	50.50	2.00	286.00	98.83	127.03	335.00	92.74	230.10	66.50	84.50	1.50	1383.20
2011	28.30	45.00	63.04	2.10	45.00	303.91	119.80	45.40	72.10	683.50	80.30	34.32	1522.77
2012	80.00	62.60	7.40	63.11	194.91	267.02	15.80	96.81	36.30	266.01	13.00	45.61	1148.57
2013	43.00	34.60	14.20	1.20	74.30	643.40	121.70	247.20	667.10	173.70	485.80	284.20	2790.40
2014	191.40	41.80	45.00	49.70	200.70	122.80	53.20	75.90	155.60	469.20	50.00	92.10	1547.40
2015	36.60	10.00	31.80	7.30	3.00	312.00	47.00	40.60	175.50	247.00	290.00	86.00	1286.80
2016	25.60	41.30	33.00	29.40	1.00	80.00	16.40	201.70	121.60	231.10	48.40	74.60	904.10
2017	54.10	23.30	23.80	34.30	24.10	106.30	52.10	139.60	223.00	176.60	132.80	81.40	1071.40
2018	99.20	19.70	51.50	93.70	139.20	160.20	66.60	58.10	113.80	118.90	38.40	106.10	1065.40
2019	170.80	263.60	2.80	43.50	51.30	49.60	63.10	70.70	92.50	229.50	341.50	62.40	1441.30
2020	99.00	6.40	37.30	5.00	292.30	308.60	68.80	143.80	121.20	609.90	393.40	144.40	2230.10

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM
2021	42.40	29.90	130.50	1.11	30.50	380.40	59.30	91.80	61.20	99.70	141.90	46.00	1114.71
2022	131.50	132.80	44.00	37.70	103.50	169.40	83.50	107.60	305.90	34.70	144.50	95.30	1390.40
2023	70.60	27.80	12.20	98.50	76.70	98.00	48.50	142.50	44.80	261.10	198.60	132.40	1211.70
2024	94.70	78.90	32.20	24.50	0.00	581.60	122.80	-	-	-	-	-	934.70
MÍNIMA	8.50	0.01	2.00	0.10	0.00	34.40	7.60	15.50	36.30	34.70	9.00	1.50	847.79
MÁXIMA	191.40	263.60	130.50	286.00	292.30	643.40	335.00	388.80	667.10	683.50	485.80	284.20	2790.40
MEDIA	73.60	54.90	33.50	42.20	83.80	210.70	93.10	118.80	168.70	280.40	158.00	87.00	**1372.20**
DESV.ST	51.30	61.40	27.90	58.00	75.20	171.80	80.40	87.50	136.90	182.70	122.40	70.60	437.00

Tabla 2. Datos de temperatura de la Estación "Playa del Carmen" del periodo 1998-2024.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1998	22.40	22.60	23.00	26.40	26.60	28.40	26.80	26.60	28.40	26.60	24.50	22.40	25.40
1999	23.00	22.40	23.60	25.80	27.40	27.00	26.40	27.60	26.60	25.10	22.10	22.40	25.00
2000	22.00	22.30	24.70	24.60	26.60	26.60	26.70	26.80	26.30	24.50	24.60	22.00	24.80
2001	20.30	24.10	23.80	25.70	25.00	26.20	27.40	27.20	26.90	25.90	24.60	24.00	25.10
2004	21.80	22.50	23.50	25.10	27.40	28.20	27.90	28.40	27.60	27.10	25.60	23.30	25.70
2005	22.90	23.50	24.60	25.50	27.00	27.40	28.10	27.80	27.40	25.60	24.40	22.90	25.60
2006	23.10	22.70	24.30	25.90	27.80	28.20	29.00	28.40	29.00	27.90	25.10	25.20	26.40
2007	25.80	25.40	25.90	26.60	27.20	28.60	29.20	28.60	28.30	27.20	24.60	25.60	26.90
2008	24.70	26.00	26.00	27.10	28.40	28.00	28.60	29.30	29.00	25.60	23.20	23.80	26.60
2009	23.40	23.00	25.10	27.00	28.00	29.00	29.70	29.00	28.60	28.10	25.10	25.50	26.80
2010	21.50	22.90	22.70	27.00	28.10	29.20	28.10	29.10	28.20	25.60	24.40	21.50	25.70
2011	23.60	24.70	24.60	28.00	28.60	27.40	27.80	28.80	27.50	25.40	24.80	23.90	26.30

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2012	24.00	25.30	25.90	25.90	27.40	27.40	28.40	28.40	28.70	27.00	23.00	23.90	26.30
2013	24.00	25.10	23.30	27.40	25.90	26.10	26.60	26.40	24.90	27.70	26.40	26.40	25.90
2014	23.90	26.00	27.10	27.00	29.00	29.70	30.00	29.40	28.90	28.00	25.40	25.10	27.50
2015	24.80	24.80	27.40	29.20	29.10	28.70	30.20	30.00	30.00	28.50	28.10	27.80	28.20
2016	-	-	-	-	-	-	28.20	29.40	29.00	27.00	25.10	26.70	27.60
2017	25.00	25.90	25.80	27.20	28.60	29.50	29.40	29.60	28.80	26.90	25.00	24.80	27.20
2018	22.80	26.80	26.10	27.50	27.90	29.00	29.10	29.00	28.20	28.10	27.00	25.00	27.20
2019	24.00	27.00	26.60	27.50	29.60	30.70	30.00	30.90	29.50	29.30	26.70	25.30	28.10
2020	25.70	25.60	26.60	30.10	29.20	28.90	29.90	30.00	30.30	28.40	27.00	24.40	28.00
2021	24.90	22.20		28.90	28.60	28.70	28.50	28.80	28.30	27.50	23.60	24.80	26.80
2022	22.60	24.00	25.60	26.60	27.60	27.30	28.60	28.20	27.50	26.40	26.40	24.90	26.30
2023	24.90	25.40	26.40	27.40	27.60	28.70	29.50	29.00	28.20	28.10	25.90	23.80	27.10
2024	25.10	23.80	27.00	27.00	30.20	29.00	28.40						27.20
MÍNIMA	20.30	22.20	22.70	24.60	25.00	26.10	26.40	26.40	24.90	24.50	22.10	21.50	24.80
MÁXIMA	25.80	27.00	27.40	30.10	30.20	30.70	30.20	30.90	30.30	29.30	28.10	27.80	28.20
MEDIA	23.60	24.30	25.20	26.90	27.90	28.20	28.50	28.60	28.20	27.00	25.10	24.40	26.50
DESV.ST	1.40	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.10	1.10	1.20	1.20	1.40	1.50	1.00

IV.2.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos

El Caribe es el lugar de origen de algunos huracanes del hemisferio occidental. La temporada de huracanes del Caribe se presenta entre los meses de junio a diciembre, y con mayor fuerza entre agosto y septiembre. En promedio anualmente se producen cerca intensidad de huracán. Las corrientes de aire que se desarrollan en la costa oeste de África hacen su recorrido a través del Océano Atlántico, algunas de estas se convierten en tormentas tropicales e incluso puede especialmente en áreas de baja presión del Caribe oriental.

Los ciclones tropicales son típicos de la temporada de verano, y aunque estadísticamente se pueda observar una baja influencia de estos sistemas en el **SAR**, depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes lo afectan directa o indirectamente. Estos sistemas al encontrarse muy cerca de las costas y dependiendo de la amplitud del radio del sistema, favorecen lluvias de fuertes a intensas, así mismo, provocan vientos fuertes y oleaje elevado.

De acuerdo con la información que se tiene en la base de datos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), se han formado más de 731 sistemas en la región del Atlántico Norte, el Caribe y el Golfo de México. De los cuales 41 han impactado a la península de Yucatán y 15 han llegado al nivel de Huracán. La península de Yucatán es muy susceptible al embate de un huracán debido al clima tropical que presenta y a su ubicación entre los mares del Caribe, el Atlántico y el Golfo de México.

La zona del **SAR** se caracteriza por la ausencia de prominencias morfológicas de importancia, por ello, generalmente los sistemas que ingresan a esta zona pierden poca energía, por lo que las afectaciones más importantes se dan por vientos, precipitaciones e inundaciones. De lo expuesto, el **SAR** se encuentra expuesto a fenómenos meteorológicos que lo hace vulnerable a huracanes y tormentas tropicales.

En particular, Quintana Roo es la zona de mayor incidencia de huracanes en la República Mexicana. El 46% de los huracanes que tocaron costas mexicanas en un periodo de 50 años, pasaron por este estado. Las de Quintana Roo han sido tocadas por más de 30 huracanes en los últimos 25 años, principalmente la zona norte y centro del Estado. Los fuertes vientos, el oleaje generado por los mismos y las ondas de tormenta que elevan considerablemente el nivel del mar pueden causar efectos destructivos en la zona costera.

En lo siguiente, se enlistan los principales fenómenos meteorológicos de 1995 a la fecha:

Tabla 3. Principales fenómenos meteorológicos de 1995 a la fecha registrados en la Península de Yucatán.

Año	Huracán	Lugar de entrada a tierra	Etapa y categoría	Periodo	Vientos máximos (Km/hr)
1995	Roxane	Tulum	Huracán Categoría 3	7 al 21 de octubre	185
1996	Dolly	Felipe Carrillo Puerto	Huracán Categoría 1	19 al 25 de agosto	125
2000	Keith	La Unión	Huracán Categoría 1	15 al 28 de octubre	140

Año	Huracán	Lugar de entrada a tierra	Etapa y categoría	Periodo	Vientos máximos (Km/hr)
2005	Emily	Cozumel y Playa del Carmen	Huracán Categoría 5	10 al 21 de julio	269
2005	Wilma	Cozumel y Puerto Morelos	Huracán Categoría 5	15 al 28 de octubre	324
2007	Dean	Mahahual	Huracán Categoría 5	13 al 23 de agosto	270
2008	Arthur	Suroeste de Chetumal	Huracán Categoría 2	31 de mayo a 2 de junio	160
2010	Karl	Al norte del poblado de Calderitas	Huracán Categoría 3	14 al 18 de septiembre	195
2011	Rina	Felipe Carrillo Puerto, Cozumel, Isla Mujeres y Benito Juárez	Huracán Categoría 2	23 al 28 de octubre	174
2011	Harvey	Othón P. Blanco y Bacalar	Tormenta Tropical	19 al 22 de agosto	91
2011	Don	Benito Juárez	Tormenta Tropical	27 al 30 de julio	83
2014	Hanna	José María Morelos	Tormenta Tropical	22 al 28 de octubre	64
2016	Colín	Isla Mujeres, Cozumel, Solidaridad, B. Juárez. Cárdenas, Puerto Morelos	Tormenta Tropical	05 al 07 de junio	83
2016	Earl	Othón P. Blanco	Huracán Categoría 1	02 al 06 de agosto	120
2017	Nate	Cozumel, Benito Juárez, P. Morelos, I. Mujeres, L. Cárdenas, Solidaridad, Tulum	Huracán Categoría 1	04 al 09 de octubre	148
2017	Franklin	Tulum, Felipe C. Puerto, José María Morelos, Bacalar, Othón P. Blanco	Huracán Categoría 1	07 al 10 de agosto	138

IV.2.1.3 Fisiografía

El Municipio de Solidaridad donde se ubica el proyecto, se localiza en el interior de la Provincia Península de Yucatán, corresponde a una fracción que emergió de una estructura de plataforma que corresponde a un basamento del paleozoico con secuencia sedimentaria de origen marino, empezó a emerger desde hace aproximadamente 26 millones de años, la parte norte es la más reciente; se trata de un terreno plano con una delgada alineación de lomas y cerros bajos que se le conoce como Sierrita de Ticul, este grupo de unidades litológicas de edad terciaria, ha desarrollado una red subterránea cavernosa por donde fluyen corrientes de agua, es común la presencia de estructuras colapsadas inundadas a las que se les conoce como cenotes (del maya ts'ono'ot ó d'zonot, "caverna con depósito de agua) y la presencia de hondonadas que se anegan principalmente en la época de lluvias, a las cuales se les conoce localmente como "aguadas".

Estas estructuras suelen representar el antecedente a la formación de cenotes, toda vez que, al acumularse periódicamente agua superficial, se incrementan las condiciones favorables para la disolución de la roca y pueden incluso, ser manifestaciones de colapso en el subsuelo de la roca caliza.

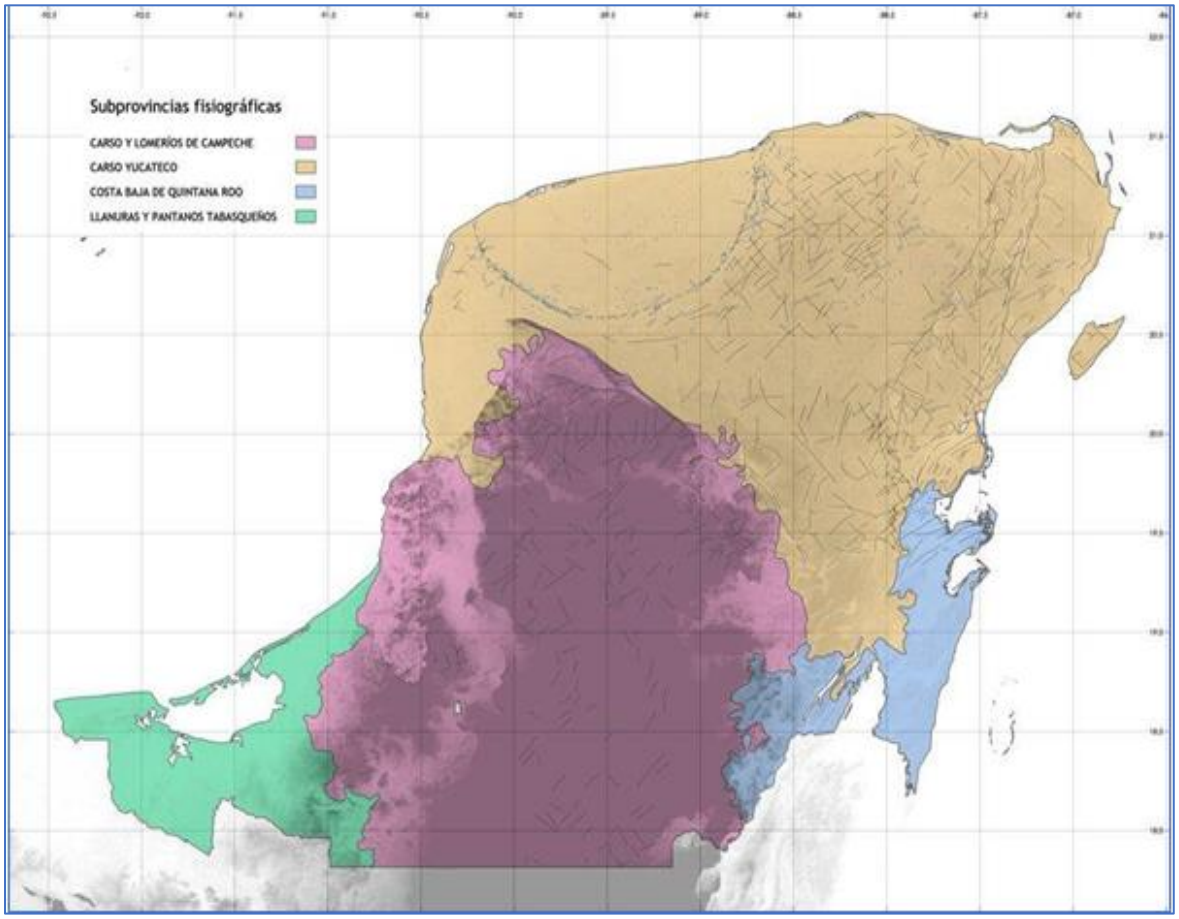


Figura 11. Subprovincias fisiográficas de la Península de Yucatán. Modificado de INEGI (2016).

Esta provincia comprende tres subprovincias: Carso Yucateco, incluida en su totalidad en la zona de estudio y localizada en la parte norte; Carso y Lomeríos de Campeche, ubicada en la porción suroeste y en menor proporción la subprovincia Costa Baja de Quintana Roo, que se localiza al extremo sureste del área de trabajo y de la Península de Yucatán.

El proyecto se encuentra dentro de la subprovincia Carso Yucateco, que se despliega por el norte y centro del Estado, desde los límites con el estado de Yucatán hasta el litoral del Mar Caribe en el oriente; se distingue por su condición de planicie calcárea a nivel, con muy ligeras ondulaciones y casi imperceptible, declive que desciende desde los cinco msnm hacia la costa caribeña, presenta abundantes dolinas (estructuras que se hunden) también llamadas aguadas y otras de colapso inundadas o cenotes que son comunes en la región (INEGI, 2016).

La composición del Carso Yucateco está dominada por cuerpos de caliza, dolmita y evaporitas, dispuestos horizontalmente, cuya edad abarca todo el Cenozoico. Las unidades paleocénicas afloran en una estrecha faja ubicada al sureste de Campeche. Los cuerpos oceánicos cubren en concordancia a los paleocénicos y su área de afloramiento es mayor pues cubre casi todo Campeche, Yucatán y el oriente de Quintana Roo.

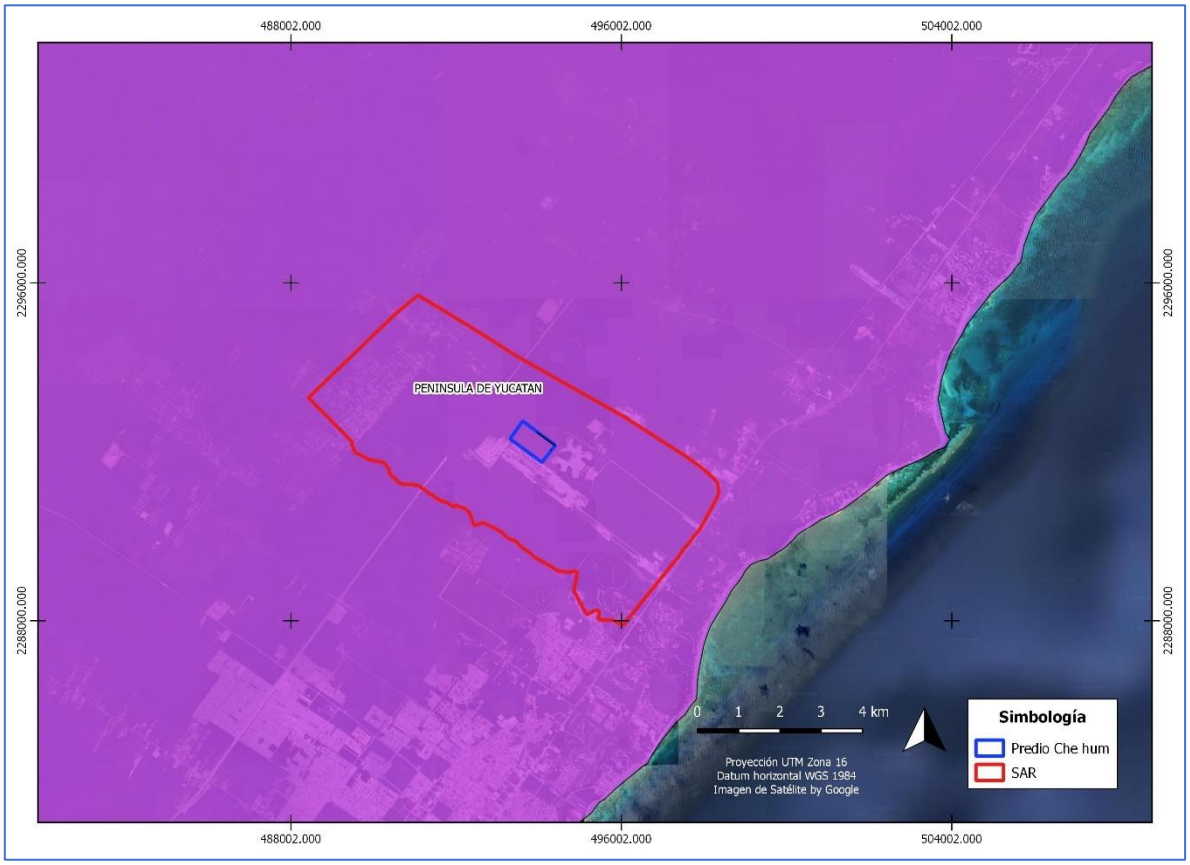


Figura 12. Unidad fisiográfica presente en el SAR.

IV.2.1.4 Zona Kárstica

El término karst (krs en eslavo; karr en alemán, carso en italiano) se aplica a las regiones formadas por rocas compactas y solubles (generalmente calcáreas), donde debido a procesos de disolución (karstificación) se generan formas tanto superficiales como subterráneas con características que las diferencian de otro tipo de regiones (Geoquantics , 2018). Las formas negativas se representan por dolinas y uvalas y las positivas por lomas y montañas, los tamaños van de formas milimétricas por ejemplo los lapiaz, hasta grandes extensiones, por ejemplo, los poljes (Fragoso-Servón et al., 2014).

La karstificación de un sistema se produce por la confluencia diversos factores incluyendo un substrato formado por materiales carbonatados, una morfología del terreno plana que favorece la rápida y abundante infiltración, también por la elevada precipitación sobre superficies cubiertas con abundante vegetación, un nivel freático próximo a la superficie del terreno y la proximidad al mar, con quien coexiste conexión hidráulica.

De igual forma, el proceso de formación del paisaje kárstico está influenciado por otros factores, como el litológico, el estructural, el clima y vegetación de la región y el tiempo de exposición de la roca al intemperismo, que, junto con la disolución, son básicos para la formación del karst (Blair, 1986: Bautista et al., 2011).

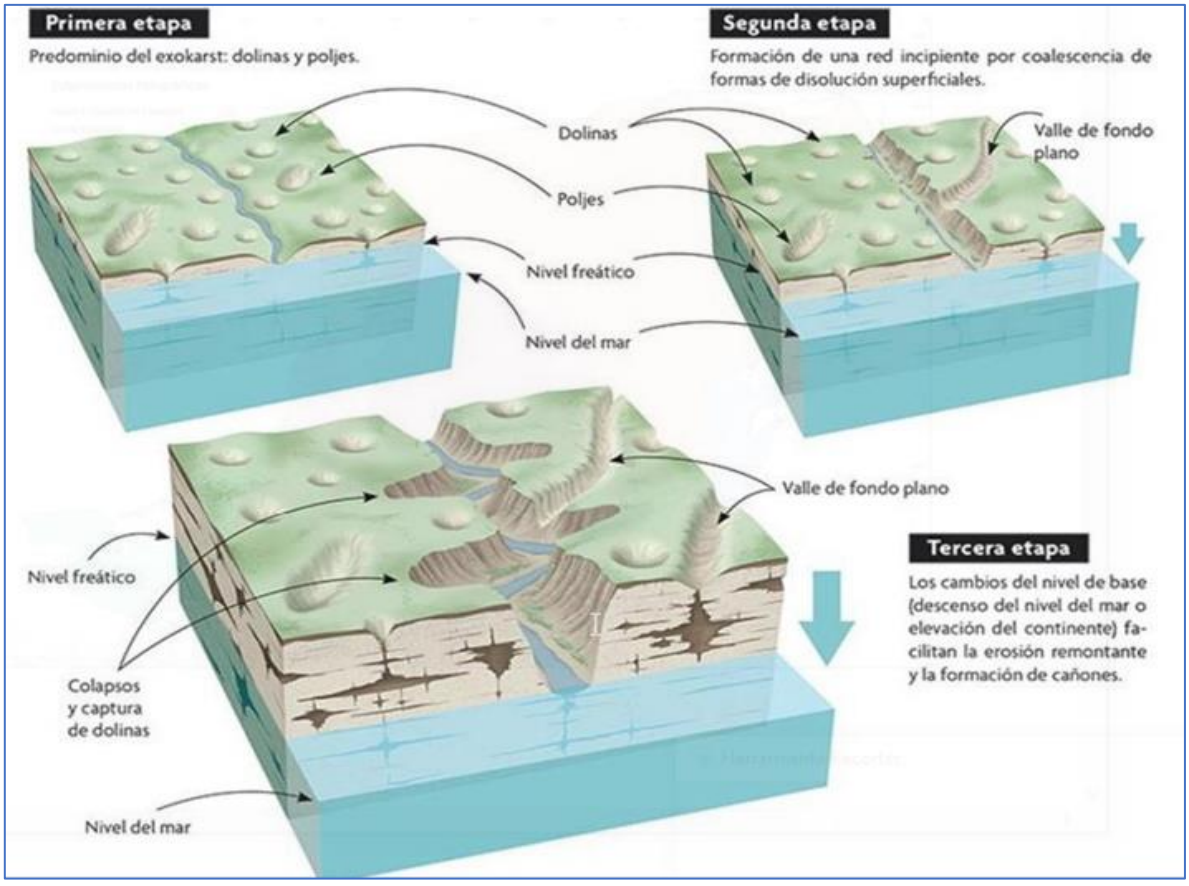


Figura 13. Etapas de formación de la red de drenaje en los sistemas kársticos (modificado de De Monroy, 2016).

Como parte del Kars en la Península de Yucatán se encuentra el "Sistema Sac Aktun" (cueva blanca) es un sistema de cuevas que descargan agua dulce hacia el Mar Caribe, a través de ojos de agua y en caletas como Xel Ha, cuando desciende el nivel del mar, las cuevas antes de agua se llenan de aire, pierde soporte y provoca el colapso del techo en diferentes secciones formando cenotes, de los cuales se tienen registros de 220 en la zona.

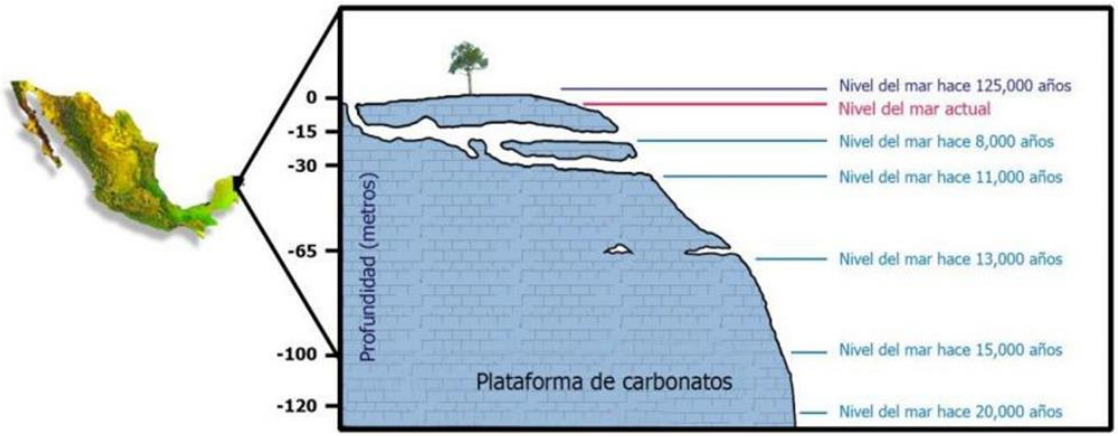


Figura 14. Cronología del nivel del mar en el Caribe durante el Pleistoceno (De Monroy, 2016).

El sistema Sac Aktun se considera la cueva más larga del planeta Tierra y se ubica en el municipio de Tulum en Quintana Roo, México, los registros señalan que tiene más de 368 km a una profundidad media de 21 metros y una máxima de 120 m, tiene dos distintas formas características: las más cercanas a la costa muestran una alta densidad de laberintos rectilíneos paralelos a la línea costera, con una tendencia noreste-suroeste, y que están asociados con los conductos que transportan agua dulce, mientras que las secciones situadas a más de un kilómetro desde la costa presentan una forma controlada por fallas, están anastomosadas y son perpendiculares a la costa en dirección noroeste-sureste, tienen forma elíptica y son más estables que muchos de los segmentos costeros y vadosos, con abundancia de espeleotemas (Kambesis y Coke, 2016).

La poligonal del proyecto fue sobrepuesta sobre el mapa de riesgos geológicos y cartografía espeleológica subacuática a lo largo de décadas. De acuerdo con la cartografía disponible, **la zona del proyecto no presenta riesgo geológico quedando fuera de la delimitación de zonas kársticas, tampoco se ubica en zona de dolina, fractura o falla geológica**.

IV.2.1.5 Hidrología

Quintana Roo se encuentra dividido en Cuencas y Subcuencas Hidrológicas superficiales, redes de drenaje (drenes permanentes y estacionales), surgencias, pérdidas, dolinas inundadas, recurrentes y secas, uvalas, valles ciegos, poljes, zonas de recarga de acuíferos.

En México están establecidas 37 Regiones Hidrológicas (RH) que agrupan a las 731 cuencas hidrológicas del país. Cada región contiene al menos una cuenca, a la vez que ninguna cuenca está incluida en más de una región hidrológica, son porciones territoriales concebidas en función de sus

características morfológicas, orográficas e hidrológicas, por lo que sus límites son, en general, distintos a la división política por estados y municipios. (CONAGUA, 2023).

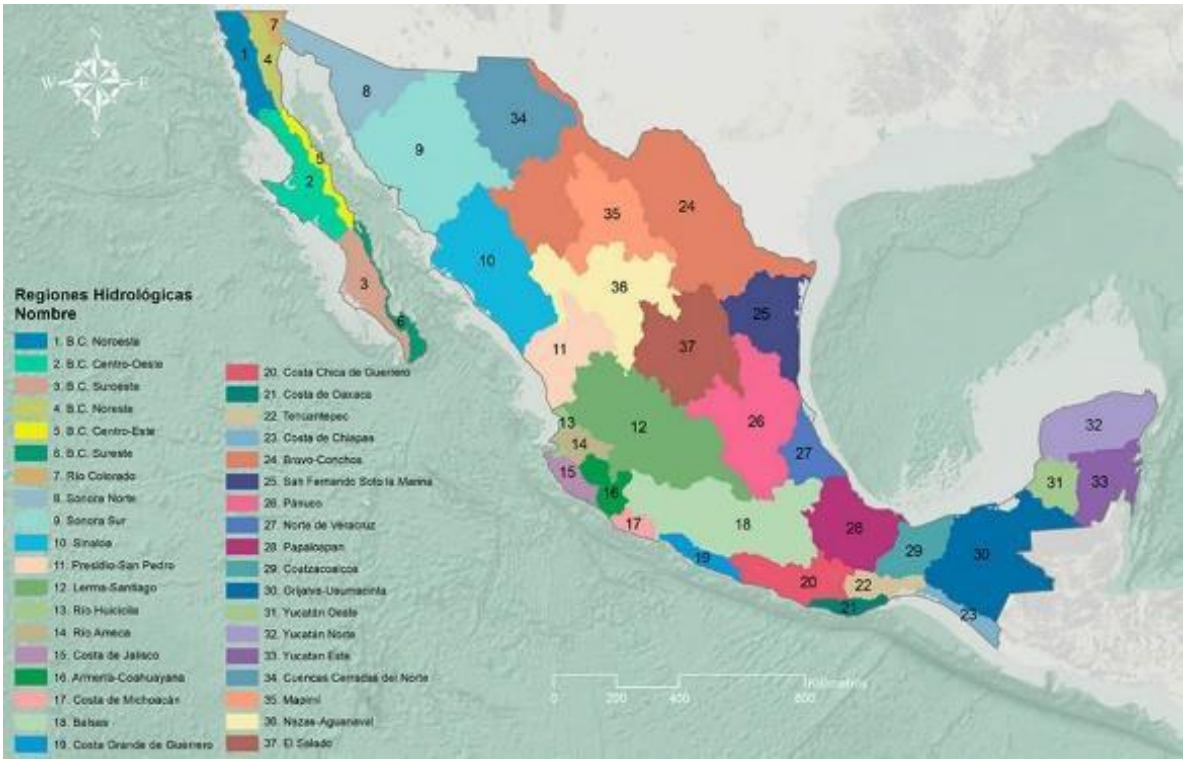


Figura 15. Regiones hidrológicas del país.

En el Estado de Quintana Roo se encuentran dos regiones hidrológicas (RH): la RH32 Yucatán Norte (Yucatán) y la RH33 Yucatán Este (Quintana Roo), esta última es de carácter internacional, ya que se prolonga hasta la república de Guatemala y Belice (Figura 16). En la RH32, como ocurre en casi toda la PY, no existen corrientes superficiales por las características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son la de Conil, Chakmochuk y Nichupté, así como, aguadas.

Para su administración la Comisión Nacional del Agua (Conagua) delimitó trece Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) con la finalidad de facilitar la administración del agua; sus límites se ajustaron a los límites de los municipios y son gestionadas a través de los Organismos de Cuenca.

IV.2.1.6 Suelos

El suelo se forma principalmente por cinco factores (material parental, clima, organismos, relieve y tiempo), los materiales parentales se clasifican en dos grupos: residuales que corresponden a depósitos de rocas, expuestos a la intemperie en un tiempo suficiente para generar el suelo; y los transportados que son aquellos que fueron removidos por acción de viento, agua o gravedad.

En el corredor Cancún Tulum predominan suelos tipo Litosol, Rendzina y Zolonchak (CONABIO, 2023), se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza.

El suelo predominante en la zona del proyecto es el Leptosol (Litosol), aunque es de notarse gran diversidad de suelos en la región. Los suelos tipo Litosol son muy abundantes en la Península de Yucatán y son suelos muy delgados con alta pedregosidad. El nombre maya que se le da a este tipo de suelo es tzek'el o chaltún (cuando está expuesta la coraza calcárea). El color de estos suelos es gris oscuro, aunque también los hay negros, rojos y cafés (Duch 1988). Cuando la profundidad promedio es menor de los 10 cm; son calcáreos, pedregosos de textura franco-arcillosa.

La topografía en la que se encuentra es irregular, con profundidad reducida y con una alta pedregosidad y rocosidad. La variación física, química y morfológica de estos suelos está en función de su localización y de los suelos con lo que se encuentra asociado. Los Litosoles tienen muy limitadas sus capacidades agronómicas dada su baja fertilidad. La condición kárstica de la región que ya se ha mencionado y la prácticamente nula topografía son responsables de que el suelo se acumule en las partes bajas de los lomeríos presentes en la zona.

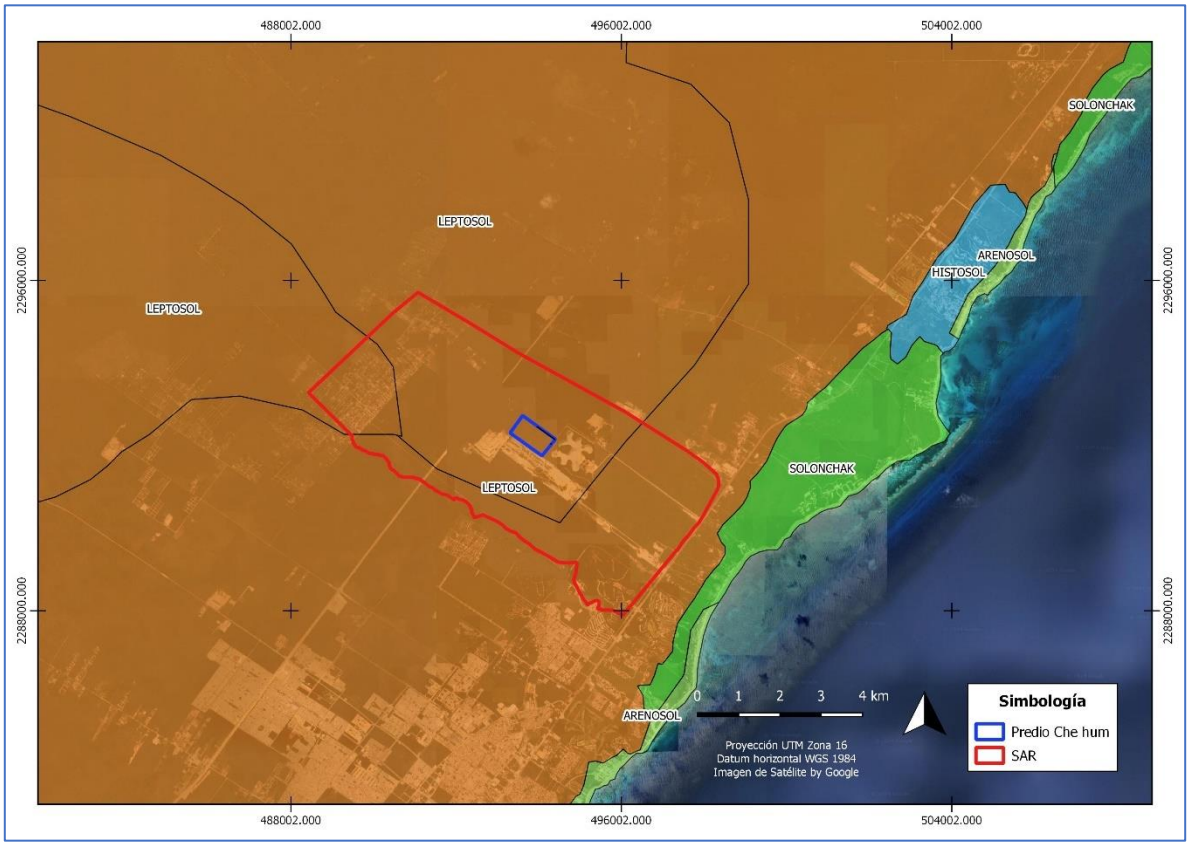


Figura 16. Edafología en el SAR.

IV.2.1.7 Geomorfología

Con base al Atlas de riesgos del Municipio de Solidaridad (SEDATU, 2016), el territorio se constituye por topoformas de llanura rocosa de piso rocoso o cementado (76.4%) llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado (17.32%, llanura rocosa con hondonadas someras de piso rocoso o cementado (5.16% y playa o barra de piso rocoso o cementado, la primera forma corresponde a material consolidado correspondiente a rocas sedimentarias de origen marino, que corresponden a una planicie erosivo acumulativa de un periodo de estabilidad tectónica desde el plioceno.

Por otra parte, Velázquez A. L. (1886) en su estudio "Aplicación de principios geoquímicos en la hidrología kárstica en la Península de Yucatán" considerando imágenes de satélite y observaciones de campo, propuso cuatro provincias geo mórficas: 1) Zona Costera; 2) Planicie Interior; 3) Cerros y Valles y 4) Cuencas escalonadas, está último es donde se ubica el área de estudio.

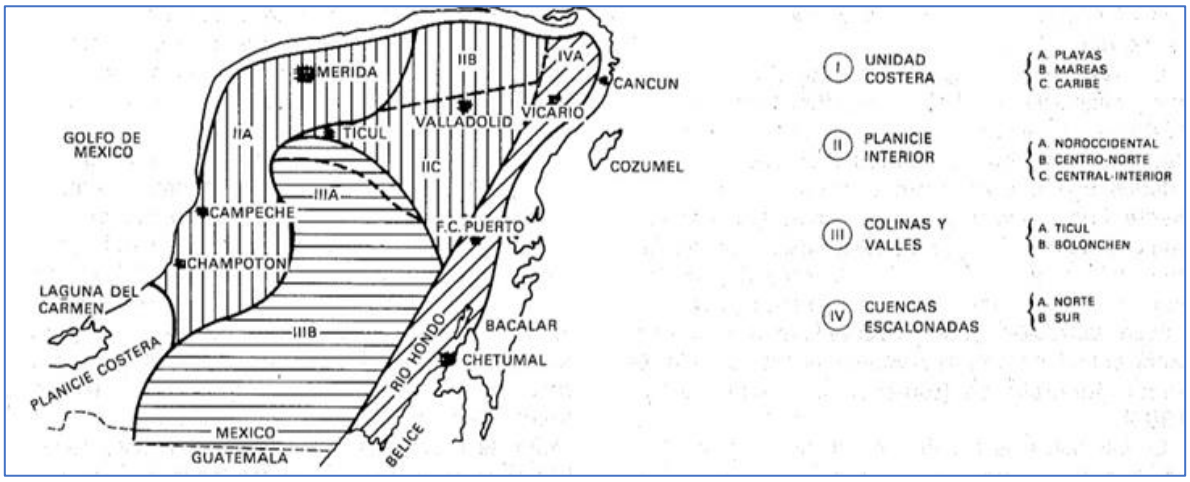


Figura 17. Plano geomorfológico y ubicación de las provincias Tomado de Velázquez (1986).

La provincia cuencas escalonadas se divide en norte y sur, la parte norte donde se ubica el área de estudio presenta geoformas constituidas por cuerpos de agua, cenotes, cúpulas y microdomos cársticos, manifestando poco relieve topográfico.

Tabla 4. Características geomórficas y geológicas de la zona de estudio tomado de Velásquez (1986).

Unidad geomórfica	Subdivisiones	Geoformas	Ubicación	Geología
Cuencas Escalonadas	Norte	Cuerpos de agua, cenotes, cúpulas y microdomos cársticos, poco relieve.	NE de Quintana Roo.	Desarrollo cárstico juvenil, con fracturas NE- SW.

Los rasgos morfológicos de la Península de Yucatán parecen estar íntimamente relacionados con la orientación NNE y SO de la costa oriental que fue formada por una falla y que, a diferencia de las costas norte y oeste, desciende bruscamente a una profundidad de varios centenares de metros. La Laguna de Bacalar, los bloques escalonados entre Sol Laguna y el norte de Belice y la costa occidental de la Bahía de Cozumel, tienen también la misma orientación de esta falla. Las ondulaciones de la Sierrita de Ticul y de la región de Bolonchén en la zona de lomeríos son perpendiculares a esta orientación, dando así la apariencia de ser plegamientos debidos a un movimiento tectónico con la orientación ya mencionada (Villasuso P. y Méndez R., 1996).

El paisaje cárstico relacionado con la zona de proyecto se caracteriza por tener procesos de disolución que han actuado sobre la roca caliza por efecto del intemperismo químico, cuyo agente principal es la elevada precipitación pluvial y la acidez implícita en ella.

El poder de dilución que posee el agua pluvial sobre la roca caliza puede originar una gran variedad de cavidades que difieren en dimensiones, formas y profundidades, las cuales en su conjunto determinan el paisaje cárstico de los terrenos calizos.

El análisis de la geomorfología cárstica juntamente con el conocimiento de la geología estructural permite obtener una clara concepción de su estructura en cuanto a la compactación o fracturamiento y debilidad en sus condiciones físicas.

El desarrollo geomorfológico de esta región se inició durante el Terciario Superior, con la emersión de una secuencia carbonatada, que ha estado sujeta a una intensa disolución. Esto dio origen a un terreno rocoso, suavemente ondulado, caracterizado por la existencia de cenotes.
El área tuvo modificación durante el Cuaternario, debido a la formación de lagunas y áreas pantanosas, la acumulación y litificación de depósitos eólicos, como también por la construcción reciente de dunas y depósitos de litoral.

IV.2.1.7.1 Carso superficial

El Carso superficial se caracteriza por la presencia de dolinas de disolución y microuvalas o depresiones someras del terreno que varían en su morfología y dimensiones (EXYCO, 1989). Las dolinas son de forma ligeramente ovaladas de 1 a 5 m de diámetro y de varios centímetros de profundidad (en la zona llegan a alcanzar hasta dos metros de profundidad). Las microuvalas son depresiones amorfas someras con extensiones de 20 a 30 m y anchuras entre 8 y 15 m. Los procesos de disolución que han operado en su génesis se deben primordialmente a que hay abundante precipitación, esta se almacena temporalmente acelerando la disolución de la roca caliza superficial y facilitando la formación de dolina. Otros rasgos importantes son la presencia de microcúpulas cársticas y llanuras de inundación; éstas últimas con dimensiones de metros hasta kilómetros, generalmente circulares, alargadas e irregulares, asociadas con fracturamiento o fallamiento con dirección SE-NO (EXYCO, 1989).

IV.2.1.7.1 Carso subterráneo

Las expresiones del Carso subterráneo hacia la zona del proyecto están relacionadas con las cavidades por colapso y oquedades de disolución. Las primeras se caracterizan por presentar en

alguna de sus márgenes, roca superficial con huella del colapso, tal como paredes abruptas indicando los planos de la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Otra peculiaridad es que se manifiestan con direcciones preferenciales de desarrollo con rumbos entre N 40° E a N 83° E, con dimensiones sobre su eje de 3 a 27 m y profundidades de 2 a 4 m. Las oquedades por lo general son circulares, con diámetros que varían entre 1 y 3 m, profundidades de menos de 3 m y sin una dirección preferente (Proyectos Color e Imagen, S.A. de C.V., 2000).

IV.2.1.8 Geología

El municipio de solidaridad donde se ubica el área de estudio corresponde a rocas sedimentarias marinas-calizas y derivadas de estas, corresponden del paleoceno al cuaternario. La capa de calizas de superficie forma una coraza calcárea o reblandecida, ambas capas se originan por intemperismo químico que las ha modificado en un grosor de varios metros, la coraza calcárea es conocida como laja o chaltún y es de extrema dureza (SEDATU, 2016).

De acuerdo al catálogo de sismos con registros históricos desde 1469, el estado de Quintana Roo que incluye el área de estudio se ubica fuera de zonas sísmicas de gran magnitud (Suárez, 2021), de igual el Centro Nacional de prevención de desastres (CENAPRED, 2005) con registros a partir de 1950 a la fecha no reporta que en el área de Quintana afectaciones por Tsunamis, ni tienen información de afectaciones por esos fenómenos en fechas anteriores, los registros de Tsunamis son más comunes en las costas del pacifico mexicano. En forma general el Estado de Quintana Roo ha tenido una evolución geológica compleja y ha jugado un papel importante en el desarrollo de la geología del Caribe, se caracteriza por un basamento metamórfico de edad paleozoica, sobre el cual ha evolucionado una secuencia sedimentaria de más de 3,000 m de espesor depositada desde el Jurásico hasta el Reciente. El ciclo sedimentario comienza con un depósito de rocas Jurásicas de origen continental con intercalaciones volcánicas; al parecer la fuente de suministro de los materiales provenía de un basamento paleozoico.

Durante el Cretácico se formaron cuencas de circulación restringida, generando condiciones propicias para el desarrollo de sedimentación evaporítica. En el Cretácico Superior se manifestaron cambios en la sedimentación; por un lado, la porción central comenzó a emerger hasta quedar bien expuesta. Los materiales asociados con este evento son margas y horizontes de bentonita en áreas alejadas de las antiguas costas, y dolomías, areniscas y derrames andesíticos en las zonas poco profundas. En el Terciario y Cuaternario se presentaron facies de plataforma somera en ambientes de supramarea, por la continua oscilación del nivel del mar (CNA, 1997). La secuencia estratigráfica de la PY que se muestra en la Tabla 3, incluye los análisis de los resultados de las perforaciones de PEMEX, descritos por Bonet y Butterlin (1963), Back (1969) y López Ramos (1983).

Tabla 5. Columna geológica de la Península de Yucatán.

Edad	Espesor (m)	Litología
Reciente y Pleistoceno (Del presente a 1.5 Ma)	100	Calizas coquiníferas color crema con abundantes huellas de moluscos.

Edad	Espesor (m)	Litología
Plioceno y Mioceno (1.5 a 23 Ma)	200	Formación Carrillo Puerto, calizas fosilíferas blancas a amarillentas, duras y masivas, con calizas arenosas interestratificadas.
Oligoceno (23 a 36 Ma)	260	Calizas blancas a cremas, con capas de margas arcillosas blancas y bandas silíceas.
Eoceno Superior (36 a 42 Ma)	100	Formación Chichén Itzá (Miembro Chumbec), calizas blancas, cristalinas y masivas. (zona de estudio)
Eoceno medio (43 a 52 Ma)	185	Formación Chichén Itzá (Miembro Pisté), calizas microcristalinas color blanco, de grano fino con horizontes arcillosos, las calizas presentan textura sacaroide.

Las unidades litológicas superficiales en Quintana Roo están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario (Paleoceno) hasta el Cuaternario, aflorando las más antiguas en el suroeste y conforme se avanza rumbo al norte y este se van haciendo más jóvenes. De acuerdo con lo anterior las unidades se describen por tipo de material y ordenadas de la más antigua a la más joven.

IV.2.1.8.1 Eoceno Medio-superior

La litología está formada principalmente por calizas, yesos, margas y dolomías, de una edad que varía del Terciario al Cuaternario, predominan las calizas del Terciario.

PALEOCENO Tpal(cz), en esta unidad quedan comprendidas las rocas del Paleoceno-Eoceno No Diferenciado y las de la formación lcaiché del Paleoceno - Eoceno Inferior. Corresponden al Paleoceno-Eoceno No Diferenciado (66millones-52 millones de años) un grupo de calizas de color blanco o amarillo, dispuestas en capas medianas y delgadas con un echado casi horizontal; macro y microcristalinas, recristalizadas, silicificadas o dolomitizadas con probables moldes de fauna bentónica, contienen en ocasiones nódulos de pedernal y a veces se intercalan con capas de brecha sedimentaria, constituidas por fragmentos calcáreos. Presentan también fragmentos mal conservados de algas calcáreas Amphíroe, moluscos y posiblemente serpúlidos que indican el origen marino. Las relaciones estratigráficas con la formación lcaiché, de la que se distingue únicamente por la presencia de yeso (zona de estudio), y con la formación Chichén ltzá, indican que son de la misma edad o una facie lateral de ellas.

Mioceno-Plioceno (Formación Carrillo Puerto): Constituida por lo general de calizas arcillosas y coquinas de colores amarillo, rojo y blanco, compactas, de estratificación masiva. La unidad de calizas en la zona de estudio, son microcristalinas y oolíticas, de estratificación mediana a gruesa

con echados horizontales. El contenido fosilífero corresponde a foraminíferos, entre ellos: Pyrgo sp., *Textulariela a*ff., *T.augusta* y *Planulina sp*.; algas como *Lithophyllum sp*, gasterópodos y corales. Más hacia la costa, la parte inferior de esta unidad está formada por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada. Presentan diversas texturas: ooespáticas, bioespatíticas y bioesparruditicas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. La parte superior son calizas de textura de ooespatita y biomicrita, dispuestas en capas delgadas y medianas de color blanco con echado horizontal. Contienen diversos foraminíferos del género Archaias sp., y Globigerinoides aff., G. Trilobus; algas verdes, hexacorales e icnofósiles.

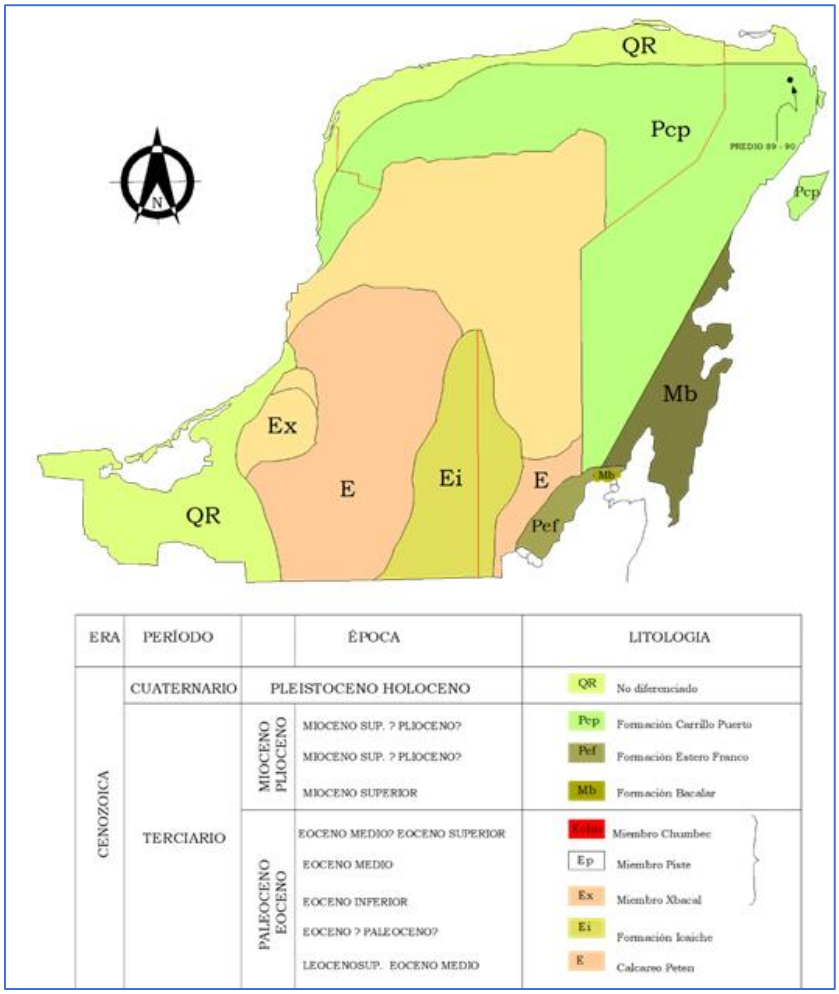


Figura 18. Características geológicas de la región. Modificado de Butterling y Bonet (1963).

IV.2.1.8.2 Geología estructural

De acuerdo con Weide (1985), los principales ejes estructurales de la zona norte de Quintana Roo presentan una orientación ONO-ESE y NNE-SSO, los cuales están asociados con la Sierrita de Ticul y la falla de Holbox respectivamente.

Para explicar esta doble dirección, Bonet y Butterlin (1963) establecieron que la primera orientación que aparece en las series eocénicas y parece unir a Yucatán a las Grandes Antillas estaría ligada a la orogénesis del Eoceno Superior que ha afectado de manera considerable las islas antillanas (Bonet, 1956). Dentro de las determinaciones efectuadas por la empresa EXYCO, S.A., (1989) en la zona de estudio se establecen los sistemas de estructuras siguientes:

Orientación NE-SO. Es la que se presenta con más intensidad en la zona, con una mayor densidad hacia la porción oriental y disminuye hacia el poniente. Su manifestación principal son dolinas, cenotes y uvalas, elongadas en esta dirección, así como también llanuras de inundación de formas similares y paralelas a la línea de costa, las cuales presentan dimensiones muy variables hasta 60 Km de longitud. Cabe señalar, que más del 80 % de las depresiones están alineadas en este sentido.

IV.2.1.8.3 Geología del sitio

El sitio se ubica dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán, se caracteriza por una gran planicie con lomeríos de pendientes suave y poca altitud, estratigráficamente se ubica en la provincia geológica Plataforma de Yucatán, comprende un paquete de rocas carbonatadas que abarcan desde el Cretácico al Reciente, en esta área la unidad más antigua se denomina Formación Carrillo Puerto (TmplCz.Cq), formada por una secuencia de caliza y boundstone (coquina) de edad del Mioceno-Plioceno (SE, 2006), esta formación es la más abundante del área e incluye el área de estudio.

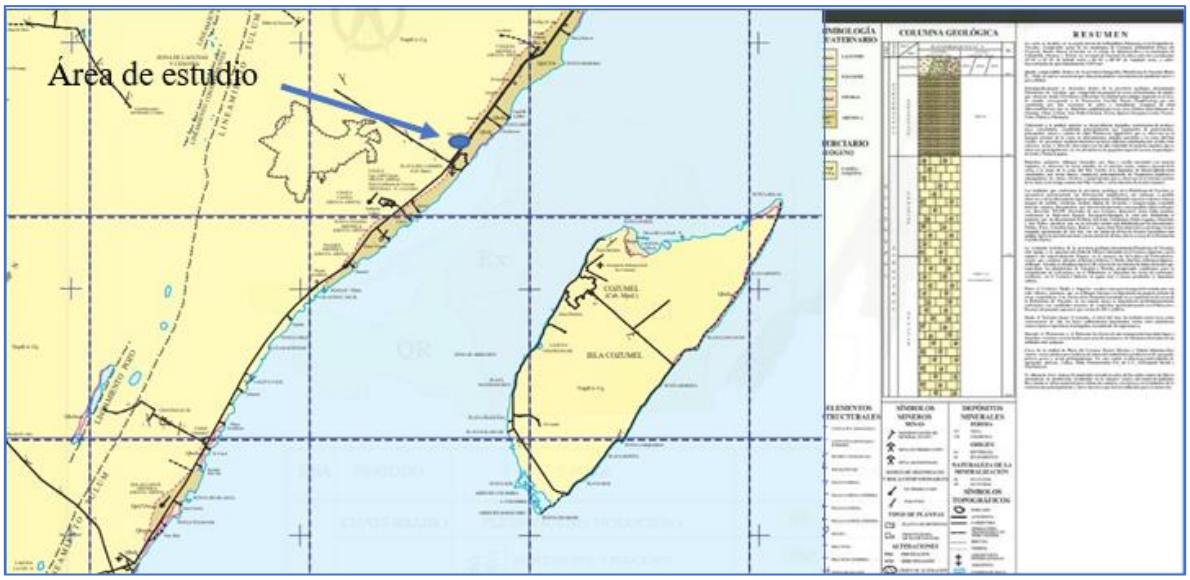


Figura 19. Información de la Carta Geológica Minera Cozumel F16-11 (SE, 2006).

Las unidades que conforman la provincia geológica Plataforma de Yucatán, no presentan deformaciones significativas, presentan a nivel afloramientos con ligeras ondulaciones, empleando sensores remotos como imágenes de satélite, modelos digitales de elevación e imágenes de satélite se detectan algunos lineamientos considerados como posibles fallas normales con dirección NE-SW derivadas de una tectónica distensiva.

Los rasgos estructurales geológicos más notables en esta zona se exhiben en dos direcciones: una que corresponde principalmente a fracturas subterráneas que se alinea de noreste a suroeste, y otra, con una orientación de noreste a sureste, muestra claramente fracturas de dimensiones diversas y estructuras cavernosas normales, además que por regla general los cenotes se encuentran en estos accidentes o en su intersección.

Deposito palustres (Qhopa) formados por limo y arcilla mezclados con materia orgánica, se observan en áreas aisladas en el extremo norte, centro y suroeste de la de la isla, a lo largo de la costa del Mar Caribe. Los depósitos de litoral (Qholi) están construidos por la arena blanca compuesta principalmente de fragmentos angulosos a subangulosos de ostras, bivalvos y gasterópodos que se observan en el extremo oriente en la franja costera del Mar Caribe de los litorales de la isla de Cozumel.

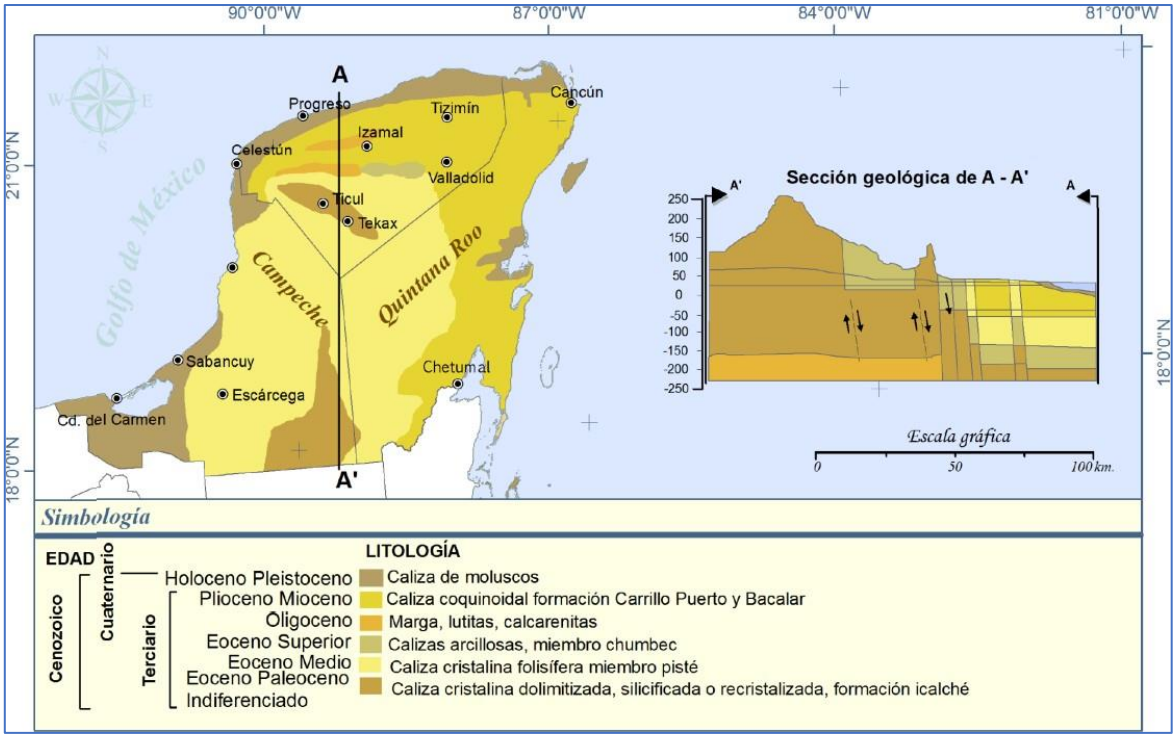


Figura 20. Litología de la Plataforma de Yucatán (Tomado de García y Graniel, 2010).

Las unidades que conforman la provincia geológica de la Plataforma de Yucatán se encuentran prácticamente sin deformación significativa, sin embargo, es posible observar a nivel afloramiento ligeras ondulaciones. Utilizando sensores remotos como la imagen de satélite, ortofotos, modelos digitales de elevación e imágenes de radar, es posible detectar algunos lineamientos que fueron interpretados como posibles fallas normales con dirección NE-SW derivadas de una tectónica distendida.

IV.2.1.8.4 Geología del sitio

Con base en información de pozos de PEMEX y CONAGUA, se estableció la siguiente secuencia de la columna estratigráfica: Un basamento constituido de cuarcita ligeramente metamorfizada, de edad

Silúrico Mississipico, sobreyaciendo discordante a capas rojas del Triásico-Jurásico con un espesor de 41 m, cortadas por los pozos en secuencias delgadas, las cuales se encuentran infrayaciendo a un depósito calcáreo evaporítico del Cretásico con un espesor de 2,100 m, sobreyaciendo a estas rocas se tienen a los depósitos dolomitas principalmente. Los depósitos de Mioceno-plioceno de la Formación Carrillo Puerto afloran como calizas, los niveles inferiores se representan por coquinas, los niveles superiores están representados por calizas blancas, compactas, masivas.

Ward y Wilson (1974) definen para Pleistoceno-Holoceno, una serie de eventos trangresionales y regresionales, que formaron varias terrazas escalonadas localizadas a lo largo de la costa, su espesor fluctúa entre 10 a 140 m debajo del nivel actual del mar Los "cenotes" y "dolinas" son manifestaciones kársticas, típicas de esta región y varían en diámetro desde unos cuantos metros hasta más de 100 m. La formación se ha dado por la acción vertical de la disolución y paso del agua hacia niveles profundos del nivel estático durante los períodos glaciales y revelan que las calizas han estado sujetas a significante disolución vertical, siendo las "cavernas" o "grutas", las expresiones más importantes y se encuentran de diversos tamaños y extensiones en función de la edad de la roca e incidencia de los aspectos geológicos estructurales.

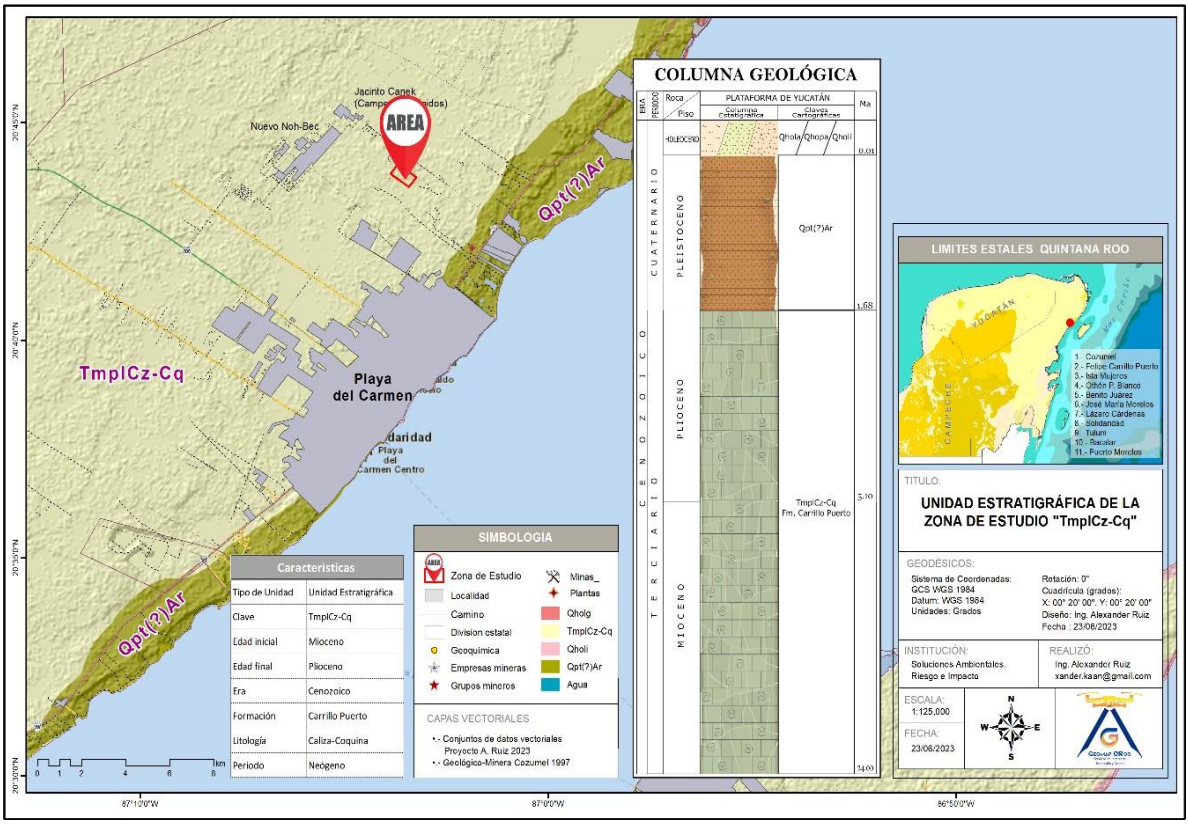


Figura 21. Unidad estratigráfica de la zona de estudio.

IV.2.1.9 Geohidrología

La PY es una unidad geológica constituida por calizas y dolomías de alta permeabilidad, así como de yesos y anhidritas altamente solubles. La elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica favorecen la renovación del agua

subterránea de la península y propician que los escurrimientos superficiales sean nulos o de muy corto recorrido. Al sur de la PY se manifiesta un drenaje incipiente que desaparece en resumideros o en cuerpos de agua superficial. Gran parte de la precipitación pluvial se infiltra al subsuelo a través de fracturas, oquedades y conductos cársticos en las calizas y evaporitas. Posteriormente, es extraída mediante la evapotranspiración y el resto fluye por el subsuelo alcanzando las costas por donde es descargada al mar.

El acuífero es altamente vulnerable a la contaminación debido, a las condiciones geohidrológicas de la zona con una gran densidad de fisuras y conductos de disolución que se encuentran en el subsuelo y permiten la infiltración de todo tipo de aguas con mucha facilidad. Esto permite que se obtenga agua en cantidades considerables.

Por otra parte, la permeabilidad de los estratos de las rocas sedimentarias carbonatadas tiene una variedad muy grande y depende exclusivamente de la fracturación. Dado el escaso relieve del terreno no se encuentran afloramientos o manantiales. Sin embargo, la disolución de los carbonatos frecuentemente forma cavernas que, en caso de derrumbarse sus techos, dan origen a dolinas o cenotes (Merino y Otero, 1991).

En la actualidad los cenotes continúan siendo una de las fuentes más importantes de abastecimiento de agua más importantes de las comunidades de la entidad, por ello comprender el comportamiento y los efectos que tienen en relación con el medio ambiente, al igual que su preservación, es de suma importancia.

Los pocos estudios efectuados en cenotes refieren a la identificación de los organismos que lo habitan, y al estudio de algunos parámetros fisicoquímicos. El conocimiento de los procesos fundamentales que tienen lugar en los ecosistemas de los cenotes, como son el flujo de energía y el ciclo de nutrientes son escasos (Avila et al, 1995).

El contenido de nutrientes de un agua subterránea puede variar dependiendo de la vegetación y de las actividades antropogénicas de la zona. El movimiento del agua y el transporte de contaminantes de la superficie al agua subterránea es un relativamente lento, no obstante, en zonas de alta fracturación este proceso se acelera.

El espesor saturado de agua dulce crece tierra adentro, es menor en una faja de 30 Km desde las costas y, de 30 a 50 m, en el resto de las llanuras. En las partes altas alcanza profundidades mayores a los 100 m. En general, puede establecerse que el acuífero se divide verticalmente en tres partes:

a) La zona de agua dulce resultado de la infiltración del agua de lluvia.
b) La zona de agua salobre o zona de mezcla.
c) La zona de agua salada a profundidad. Hacia las costas esta última zona está compuesta por agua oceánica.

Las rocas aflorantes de la zona corresponden a carbonatos antigénicos de edad Plioceno–Mioceno (formación Carrillo Puerto), y a la edad Holoceno (caliza de grano fino, conchuela y moluscos)

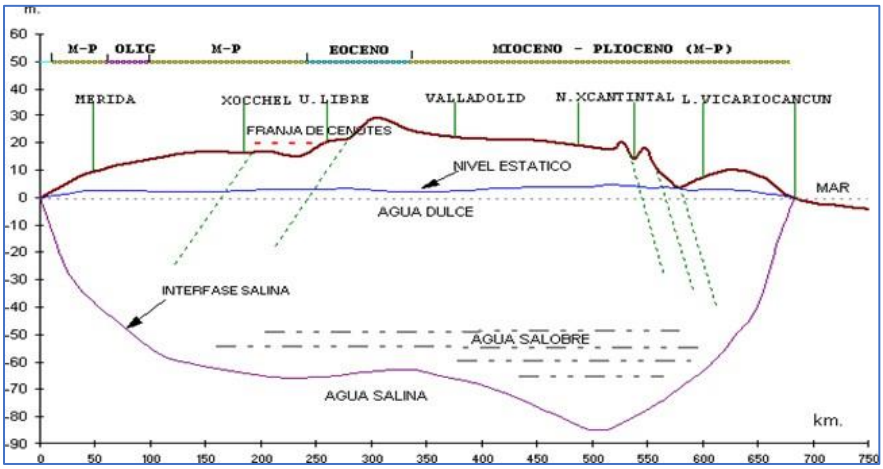


Figura 22. Mapa conceptual hidrogeológico (modificado de Grupo PEOT, UQROO 2000).

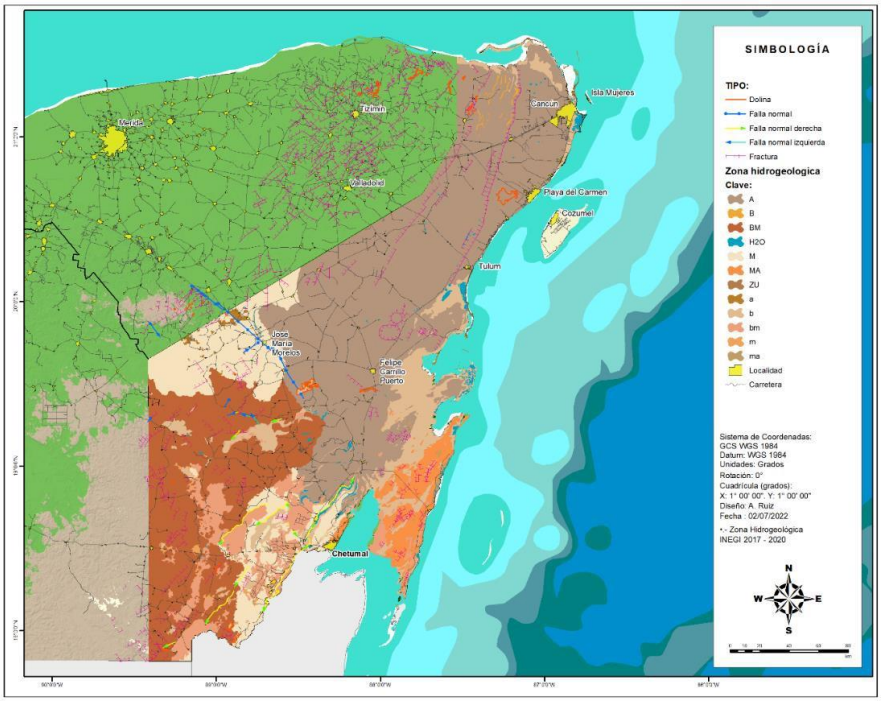


Figura 23. Rasgos, fallas y fracturas del Estado de Quintana Roo.

Hacia la zona del proyecto se tienen materiales consolidados de alta permeabilidad, los cuales lo definen como un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido por un medio kárstico conformado principalmente por rocas calizas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y oquedades de disolución. El manto freático de acuerdo a los estudios se ubica a 5 m aproximadamente.

Se adjunta el "Estudio de Prospección Geohidrológica para el proyecto explotación de roca caliza en predio denominado Che-hum, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo".

IV.2.1.10 Cambio climático

El portal de cambio climático por estado y sector del INECC (SEMARNAT), muestra para Quintana Roo las tendencias de cambio esperadas en temperatura y lluvias para los próximos 60 a 70 años, detectadas a partir de escenarios para los años 2050, 2080 a 2100. Las tendencias no difieren mucho de las esperadas a nivel regional o nacional, las cuales están ya ampliamente documentadas. Como en gran parte del territorio nacional, en el caso de Quintana Roo hay incertidumbre en los cambios que se pudieran presentar en las lluvias particularmente debido al efecto de la zona costera y la influencia de fenómenos como los huracanes o las oscilaciones globales como El Niño y La Niña, pero a largo plazo se identifica una clara tendencia a la disminución de la precipitación total anual y el incremento de la temperatura media anual así como un incremento en la variabilidad de dichos factores.

Por su relativa homogeneidad con el resto de la península de Yucatán, las condiciones climáticas del estado se encuentran fuertemente asociadas con el comportamiento de la península en su conjunto, en gran medida debido al relieve orográfico bajo y la misma condición peninsular que rodea a toda la región con grandes masas de agua. Para establecer las condiciones futuras probables para el estado se usaron varios modelos y escenarios, tomando como base los trabajos de (Orellana, R. et al., 2009), para el Atlas de Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán.

Los efectos que pudiera tener el Cambio Climático en Quintana Roo, se resumen en las amenazas que este representa a la población y al entorno natural. Pudiéndose identificar de dos tipos: a) las que son de carácter global, que representan cambios en el Clima a nivel mundial (huracanes e incrementos en el nivel de mar). b) y las que son propias de las modificaciones del clima local (lluvias torrenciales, sequías, suradas y ondas de calor). Ambas tienen diferentes impactos dentro de los sectores, de manera general se expresan en el siguiente esquema.

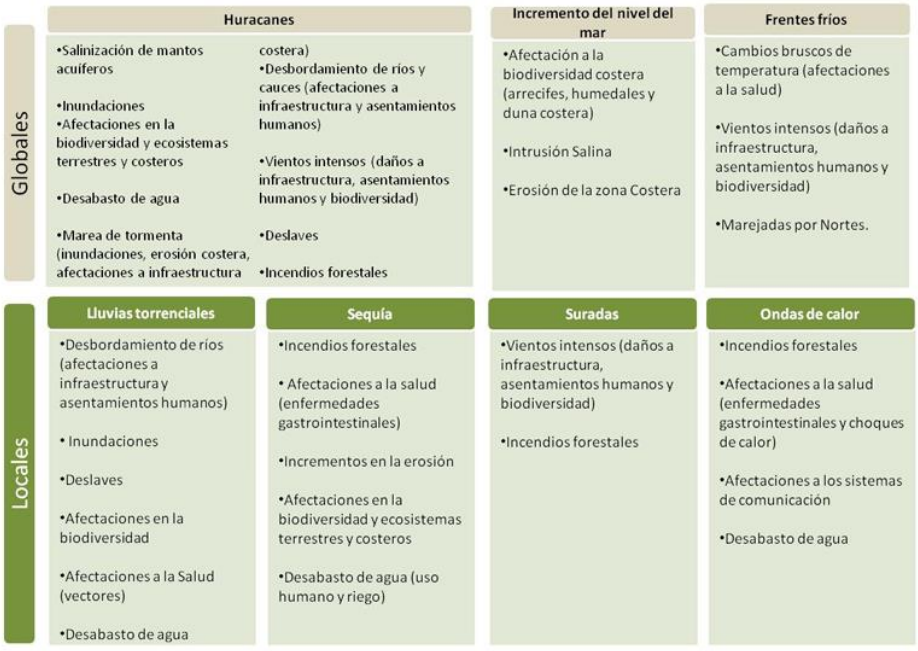


Figura 24. Esquema de impactos a nivel global y local definidos para el Estado de Quintana Roo.

El cambio climático se traducirá en abundancia y escasez de agua, en función de la zona o época. Así, provocara lluvias de gran intensidad en algunos lugares (vgr. zonas costeras o bajas, estribaciones montañosas), mientras que, en otros, periodos de sequias prolongadas. Si bien e Quintana Roo las sequías no son un elemento extraño, por la humedad residual en la cobertura vegetal, el incremento de temperatura si ocasionará en general cambios en la vegetación que, en el largo plazo, pueden conducir hacia cambios en la misma de una cobertura subperennifolia a una subcaducifolia o inclusive caducifolia, disminuyendo la reserva de agua en la vegetación.

Se pronostica que el incremento de la temperatura propiciará una mayor demanda del recurso hídrico para consumo humano, para riego de las zonas agrícolas en particular en la zona sur del estado donde esta actividad tiene su máxima expresión estatal y para otros usos que demanda el crecimiento económico mientras, al mismo tiempo, se reduce la disponibilidad del líquido vital en la mayor parte de las áreas con mayor carsticidad.

Cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible durante un tiempo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad, estamos frente a lo que se denomina estrés hídrico. El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofizaci6n, contaminación por materia orgánica, intrusión salina, etc.).

En la región se identifican los siguientes impactos potenciales genéricos:

- Cambios en el ciclo hidrológico: regímenes de precipitación, intensidad, extremos, humedad en el suelo, escurrimiento; el mayor impacto deriva de la variabilidad o incertidumbre, que afecta más a la actividad agropecuaria no tecnificada que es la dominante en el estado, aunque no la de mayor peso económico
- Impacto de fenómenos extremos en arrastre de suelos, deslaves, etc., en el sur del estado en tanto que se incrementan los efectos de la lixiviación de nutrientes en los suelos del resto del estado
- En zonas costeras, el incremento en el nivel del mar provocará inundación de zonas bajas (en algunas de las cuales se ubica la infraestructura de mayor peso económico del estado) y agudizará la intrusión salina
- Un ciclo hidrológico con menos lluvia, más intensa y periodos sucesivos de precipitación abundante y sequias, puede provocar una mayor demanda de aguas subterráneas en los periodos intermedios, agudizando la sobrexplotación
- Durante los periodos lluviosos, el arrastre de materiales a los cuerpos de agua superficiales incluyendo las lagunas costeras aumentará, mientras que, en los periodos secos, la capacidad de autodepuración disminuirá; en conjunto, la calidad del agua superficial y subterránea puede verse seriamente afectada
- Los sistemas de drenaje combinados se verán afectados con la presencia más frecuente de lluvias intensas; deberán tomarse previsiones efectivas para manejar adecuadamente el retorno de flujos de agua residual durante picos de tormenta.

Hablando particularmente del Municipio de Solidaridad, se consultó al sitio web del INECC visualizando la "Vulnerabilidad al Cambio Climático"[2] y la Ficha climática de Quintana Roo[3], en donde se precisó lo siguiente:

Inundaciones

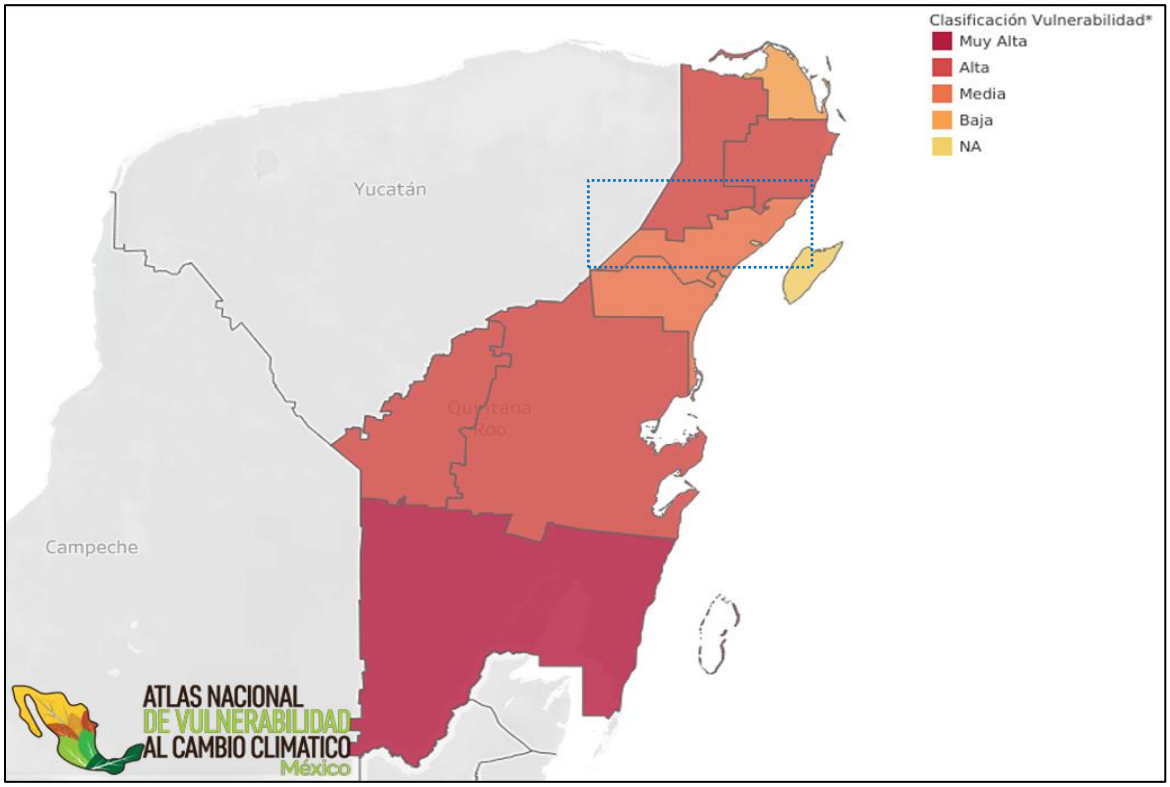


Figura 25. Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones, se observa que el Municipio de Solidaridad se encuentra en la clasificación de vulnerabilidad media.

Incremento Estático del Nivel del Mar en las Costas del Estado de Quintana Roo.

Zonas costeras cubiertas por un aumento de 3.0 m: Terreno cubierto con un nivel de aumento de 3.0 metros mediante combinaciones de aumento del nivel del mar, mareas y marejada ciclónica. Se puede observar que las zonas más afectadas abarcan desde la Reservade la Biosfera de Sian Ka'an hasta Xcalak. En l aparte norte del estado, Holbox quedaría bajo el agua.

[2] https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Vulnerabilidad/V_23.html

[3] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/23_Ficha.pdf

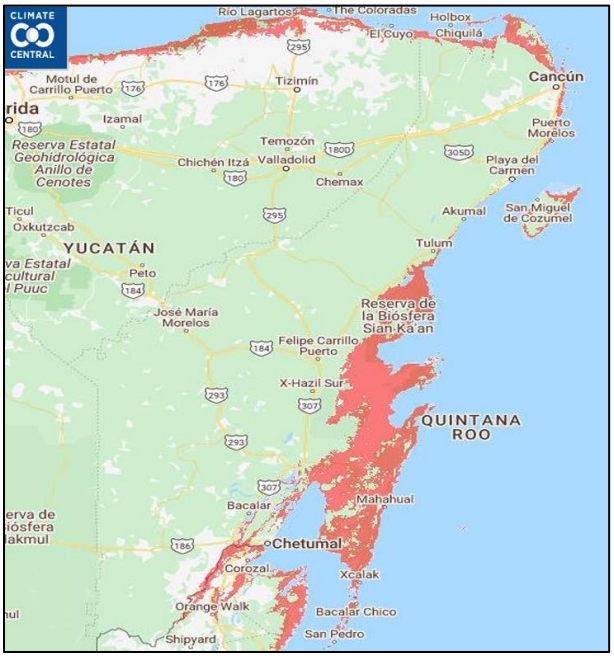


Figura 26. Aumento proyectado de 3.0 m en las costas de Quintana Roo. Se aprecia que Playa del Carmen no se visualiza afectado por dicha modelación con cambio climático.

Proyecciones de precipitación

En las gráficas se observan las proyecciones a futuro de cuatro escenarios de cambio climático en tres periodos de tiempo. Cada uno de ellos muestra una representación plausible de cómo podrían ser las condiciones a futuro si se cumplen ciertas consideraciones. En los mapas se representa el escenario más pesimista (SSP5RCP8.5) a largo plazo (2081-2100).

Incremento Estático del Nivel del Mar en las Costas del Estado de Quintana Roo.

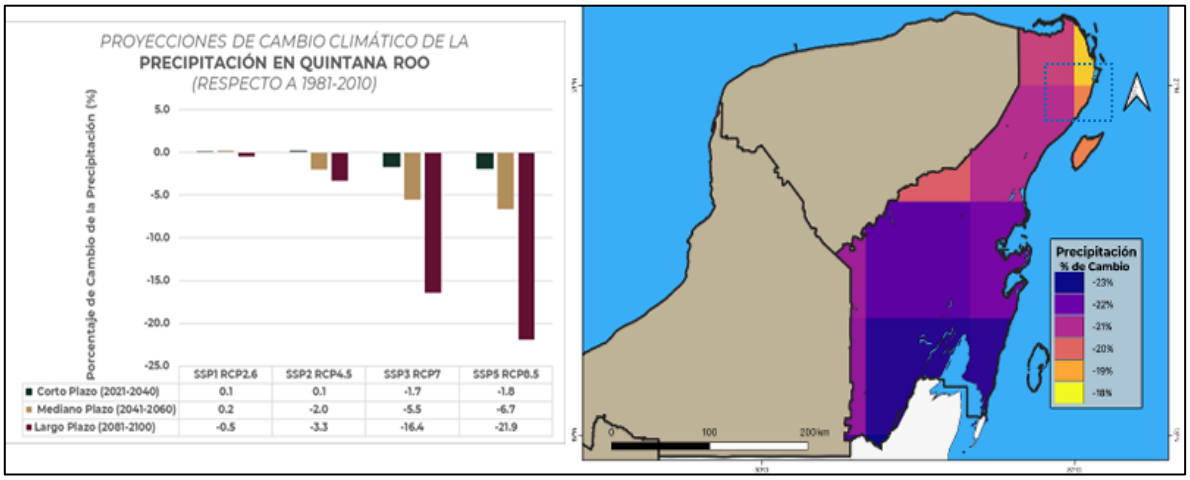


Figura 27. Proyecciones de cambio climático frente a la precipitación. El porcentaje de cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de -20%.

Proyecciones de temperatura

Las proyecciones de la temperatura muestran en todos los escenarios de cambio climático un incremento gradual de la temperatura que va de 0.9 a 1.2ºC en el escenario más favorable (SSP1 RCP2.6), yde1.0a3.8ºCenel escenario más pesimista (SSP5RCP8.5). En el mapa se puede observar el mayor incremento de la temperatura al suroeste del estado de Quintana Roo.

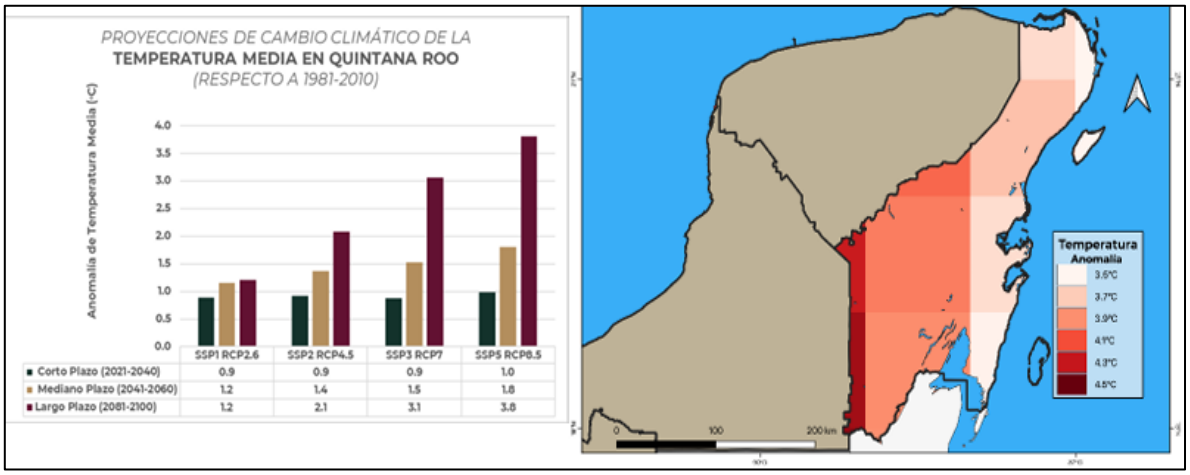


Figura 28. Proyecciones de cambio climático frente a la temperatura. El e cambio en el escenario más pesimista para el área de estudio es de 3.6 °C.

IV.2.2 Medio biótico

En el siguiente apartado, se describen los aspectos bióticos que interactúan en el **SAR** en general, particularmente en el sitio donde se pretenden desarrollar las obras y actividades del presente proyecto.

IV.2.2.1 Caracterización y composición de la vegetación del SAR

En la siguiente Figura se presenta el Uso de Suelo y Vegetación tomado de los datos vectoriales de la serie VII de INEGI, escala: 1:250 000.

Tabla 6. Desglose de áreas y porcentajes que ocupa cada uso de suelo y vegetación en el SAR.

Uso de suelo y vegetación	Área (m)	Área (ha)	%
Desprovisto de vegetación	215,388.96	21.54	0.60
Asentamientos humanos	7,765,444.26	776.54	21.69
Selva mediana subperennifolia	24,939,751.35	2,493.98	69.67
Veg. Sec. Arbustiva Selva mediana subperennifolia	2,654,020.98	265.40	7.41
Veg. Sec. Arbórea Selva mediana subperennifolia	220,926.69	22.09	0.62
Total	35,795,532.24	3,579.55	100.00



Figura 29. so del suelo y vegetación del SAR. Fuente: Serie VII INEGI. Escala 1:250 000.

Selva Mediana Subperennifolia

Como introducción podemos señalar que la selva mediana subperennifolia es el ecosistema más común en el estado de Quintana Roo, este tipo de selva fue definido como de una amplia área de distribución, ya que se extiende desde la zona muy al norte del Municipio de Isla Mujeres hasta Puerto Juárez (Cancún) Municipio de Benito Juárez pasando por atrás del poblado de Leona Vicario. Además de que hacia el sur se prolonga a través del Municipio de Solidaridad y Tulum hasta las cercanías con las poblaciones de Felipe Carrillo Puerto y Chunhuhub incluyendo el límite entre los estados que integran la Península de Yucatán (Gobierno del Estado de Quintana Roo - INEGI, 2002). Este tipo de vegetación se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y CW en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1,000 a 1,600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1,300 metros sobre el nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas, pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas.

Los árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres grupos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los grupos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas. Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum, Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (chicozapote*), Lysiloma spp*. (Tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda* entre otras especies de importancia. En las riberas de los ríos se nota a Pachira aquatica (k'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas.

IV.2.2.1.1 Tipo de vegetación del SAR

Con el objetivo de conocer la riqueza, estructura y composición florísticas de la vegetación se realizaron una serie de muestreos, de la cubierta vegetal presente en el Sistema Ambiental Regional. A continuación, se describe con detalle la metodología aplicada.

IV.2.2.1.2 Muestreo

Para la descripción de las comunidades vegetales presentes dentro del Sistema Ambiental Regional, se aplicó un muestro aleatorio, tomando fotografías para evidenciar la condición general de la vegetación al momento del levantamiento de los datos de campo. Los 12 puntos de muestreo fueron georreferenciados utilizando un Geoposicionador satelital (GPS). El registro de la ubicación de los puntos se realizó en el centro de cada uno de ellos, utilizando unidades UTM con el uso del Datum WGS84.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo para vegetación en el SAR.

Punto	Y	X
1	2,291,660.0	493,147.0
2	2,293,861.0	491,358.0
3	2,291,653.0	493,174.5
4	2,292,827.0	493,659.0
5	2,291,031.0	493,859.0
6	2,291,899.0	495,426.0
7	2,293,916.0	491,263.0
8	2,291,036.0	496,733.0
9	2,293,657.0	490,955.0
10	2,292,760.0	490,311.0
11	2,290,269.0	492,936.0
12	2,291,858.0	490,933.0

Se realizó un inventario en el área del SAR delimitado, para lo cual se utilizaron diversas técnicas de muestreo, así como un GPS MAP para la ubicación de los sitios de muestreo; los equipos de medición forestal utilizados fueron clinómetro, forcípula, cintas diamétricas, flexómetro, brújula; mismos que fueron utilizados en el levantamiento de los sitios de muestreo.

El estrato alto de la vegetación presente se caracterizó con el levantamiento de 12 sitios de muestreo con una superficie de 812.25 m^2 cada uno; para el estrato medio se levantaron 12 sitios anidados con una superficie individual de 406.125 m^2 y en el caso del estrato bajo, fueron utilizados 12 sitios de muestreo anidados con una superficie de 100 m^2 para cada uno de ellos.

Para el registro de los parámetros de interés ecológico y forestal, tales como diámetro, altura, abundancia y cobertura de copa, en cada individuo inventariado, se dio inicio por aquellos ubicados en la zona norte del sitio y se avanzó en dirección a las manecillas del reloj. Los sitios de muestreo, fueron delimitados mediante la utilización de brújula y cinta métrica, también se marcó el centro de cada uno de ellos.

En el estrato arbóreo se contabilizaron todos aquellos ejemplares con un DN (diámetro normal) igual o mayor a 7.5 cm. El registro de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera; de esta manera se procedió a registrar los datos por especie, es decir, en cada individuo se tomaron las variables de DN, altura total, diámetro de copa mayor y diámetro de copa menor, además de género, especie y nombre común.

Para la toma de datos del estrato arbustivo, se incluyeron los individuos con diámetro del tallo igual o mayores a 2.5 cm y menores a 7.5 cm; todos los individuos con esta condición fueron registrados según su especie y recabando las variables de diámetro del tallo, altura total, diámetro de copa mayor, diámetro de copa menor, así como su información de nombre común, género y especie.

En el estrato herbáceo fueron incluimos todos los individuos con diámetros menores a 2.5 cm. También se tomaron datos de nombre común, género, especie, diámetro de copa mayor diámetro de copa menor y número de individuos.

Definición de estratos:

El criterio empleado para clasificar las especies vegetales identificadas según el estrato, fue el siguiente:

Tabla 8. Definición de estratos

Estrato	Alturas	Diámetros	Tallo	Ramificación
ALTO	Mínimo de 3.51 m	≥ 7.5 de diámetro normal (1.30 m)	Leñoso	Presente
MEDIO	De 2.00 a 3.50 m	≥ 2.5 cm hasta menores ≤ 7.4 cm	Leñoso y semileñoso	Ramificado desde la base del tallo
BAJO	Máxima 1.99 m	< 2.5 cm en la base del tallo	Poco resistente, no leñoso	Presente o ausente

Estructura vertical:

La estructura vertical de la vegetación se observa a través de su estratificación. Los estratos son "cada porción de masa vegetal de una comunidad contenida dentro de un límite de altura determinado". La estructura vertical se puede determinar en función de la altura, aunque es recomendable diferenciar los estratos teniendo en cuenta también las formas biológicas, de esta manera, se obtiene información para realizar comparaciones entre comunidades vegetales.

La distinción del número de estratos constituye un problema complejo y existen diversas soluciones alternativas basadas unas en sus límites altitudinales concretos y/o en las formas biológicas. En este caso, se dividió la vegetación considerando su altura.

Información registrada en el muestreo:

Se definieron como criterios de inclusión al presente muestreo de vegetación, los siguientes parámetros:

Numeración y marcado: En cada unidad de muestreo se siguió una numeración continua para todos los individuos incluidos en el muestreo. A cada árbol, arbusto y hierbas le fue asignado un número consecutivo que se presenta en las tablas de resultados.

Identificación taxonómica: Se realizó previamente una revisión bibliográfica para poder realizar la determinación correspondiente. Las especies que pudieron ser identificadas se describieron en el momento del levantamiento de información, sin embargo, de aquellos ejemplares que no se identificaron, se tomó una muestra y fue posteriormente identificada en trabajo de gabinete, empleando información de herbarios de la Península de Yucatán. Los datos presentados son: familia, nombre científico y nombre común.

Datos dendrométricos: Se obtuvieron los siguientes datos dendrométricos para cada uno de los individuos muestreados.

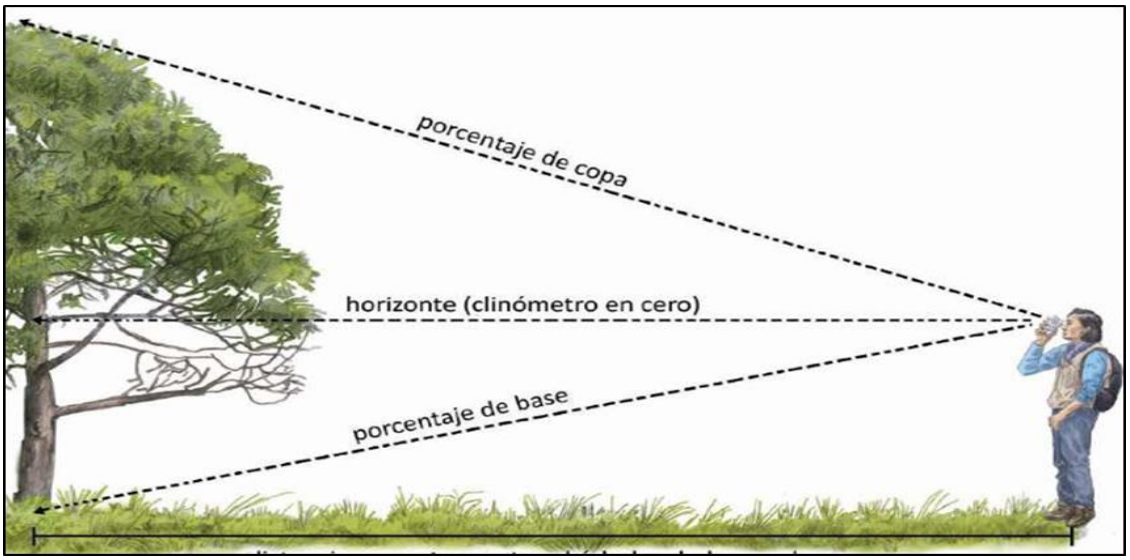


Figura 30. Levantamiento de la altura de los individuos arbóreos y arbustivos

Altura: En el caso de los árboles y arbustos, se midió la altura total considerando una medida en línea recta vertical, del nivel del suelo en la base del árbol hasta la parte más alta del mismo. En el caso de las hierbas, se utilizó un flexómetro del nivel del suelo, a su punto más alto.

Diámetro normal (DN): Se midió con cinta métrica y corresponde al diámetro del tronco a 1.3 m de altura, mientras que el diámetro basal es el diámetro en la base del tronco, inmediatamente arriba del cuello de la raíz. En los árboles cuyo tronco se dividió en dos o más ejes a los 1.30 m de altura, el diámetro normal se midió inmediatamente por debajo de la división, mientras que en aquellos donde la bifurcación de los troncos se presentó por debajo, pudiendo ser desde la base, cada tallo se consideró como un individuo independiente y por lo tanto las medidas se hicieron a la altura del DN.

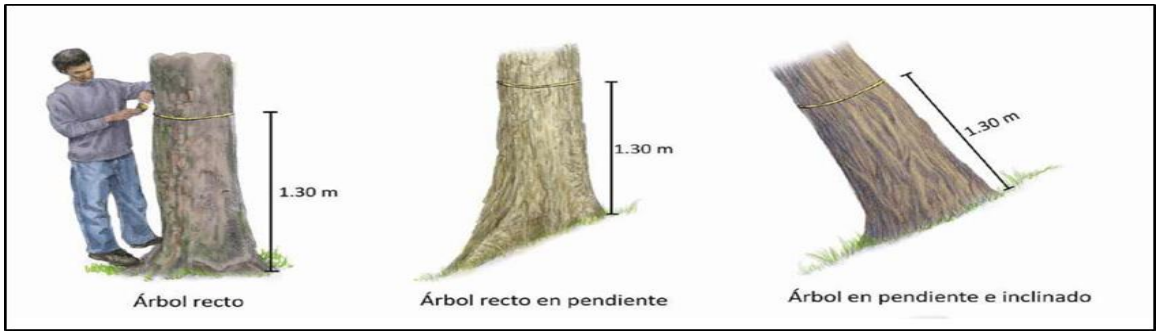
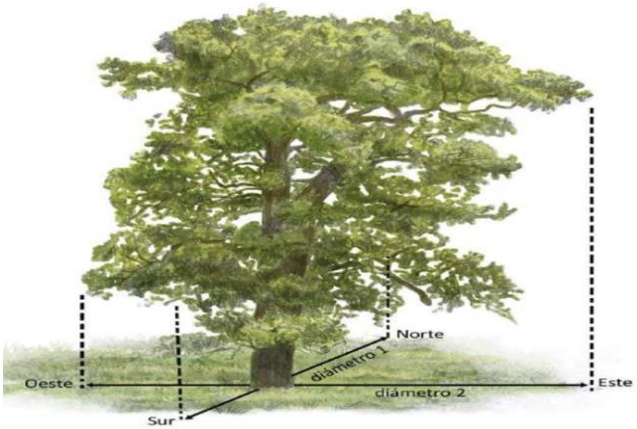


Figura 31. Criterios para el levantamiento del diámetro normal

Diámetro de copa 1, 2 y promedio: El diámetro de copa es el diámetro promedio de la copa que abarca el follaje y las ramas de un individuo.

Para obtenerlo, el equipo técnico se ubicó debajo y observó hacia la copa. Se seleccionó un eje de Norte a Sur que divida la copa a la mitad; entonces se midió su longitud de uno a otro extremo (diámetro 1). A continuación, se seleccionó un segundo eje, de Oeste a Este y perpendicular al que ya medimos –es decir, a 90 grados–, que también divida a la copa en dos, a continuación, se procedió a medir el largo de este nuevo eje (diámetro 2).



$$\text{diámetro de copa} = \frac{\text{diámetro 1} + \text{diámetro 2}}{2}$$

Figura 32. Criterios para la estimación del diámetro mayor y menor de copa

En el caso de los arbustos y hierbas, se realizó el mismo procedimiento, pero las mediciones correspondientes fueron tomadas sobre la copa.

IV.2.2.1.3 Índices de diversidad por estrato

Tabla 9. Especies arbóreas registradas en el estrato alto del SAR.

Nombre científico	Abun-dancia
Acacia dolichostachya	4
Bauhinia divaricata	2
Bunchosia glabra	13
Bursera simaruba	79
Byrsonima bucidaefolia	7
Caesalpinia gaumeri	5
Caesalpinia violacea	2
Caesalpinia yucatanensis	2
Casaeria corymbosa	1
Cascabela gaumeri	2
Casearia corymbosa	1
Ceiba aesculifolia	3
Coccoloba cozumelensis	11
Coccoloba diversifolia	4
Coccoloba Itzeus	4
Coccoloba spicata	14
Crateva tapia	1
Crossopetalum gaumeri	1
Croton reflexifolius	5

Nombre científico	Abun-dancia
Dendropanax arborea	6
Diospyros albens	52
Diospyros anisandra	1
Diospyros cuneata	17
Diphysa carthagenensis	8
Dryapetes brownii	37
Elytraria bromoides	1
Esenbeckia berlandieri	1
Eugenia capuli	14
Exothea diphylla	1
Ficus cotinifolia	27
Ficus pertusa	5
Ficus yucatanensis	1
Guettarda combsii	3
Guettarda elliptica	7
Gymnopodium flobundum	8
Hampea trilobata	1
Hippocratea excelsa	1
Jatropha gaumeri	5
Lonchocarpus rugosus	22
Lonchocarpus yucatanensis	20
Lysiloma latisiliquum	91
Malpighia clavera	9
Malpighia glabra	7
Manilkara achras	12
Metopium brownei	18
Neea psychotrioides	11
Oxandra lanceolata	7
Piscidia piscipula	10
Platymiscium yucatanum	7
Plumeria obtusa	1
Psidium sartorianum	2
Randia longiloba	1
Sabal mexicana	1
Sideroxylon foetidissimum	1
Sideroxylon salicifolium	11
Simarouba glauca	2
Swartzia cubensis	9
Talisia olivaeformis	4
Thouinia paucidentata	24

Nombre científico	Abun-dancia
Trichilia glabra	17
Trichilia havanensis	1
Vitex gaumeri	38
Zuelania guidonia	4
TOTALES	**687**

Con una riqueza de 63 especies y un total de 687 individuos, tenemos que la especie más abundante es *Lysiloma latisiliquum* con 13.25% de los individuos inventariados. La abundancia del resto de las especies presentes en el estrato alto del SAR resulta ser notoriamente menor.

Tabla 10. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Acacia dolichostachya	4	0.00582	-5.1460	-0.0300
Bauhinia divaricata	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Bunchosia glabra	13	0.01892	-3.9674	-0.0751
Bursera simaruba	79	0.11499	-2.1629	-0.2487
Byrsonima bucidaefolia	7	0.01019	-4.5864	-0.0467
Caesalpinia gaumeri	5	0.00728	-4.9229	-0.0358
Caesalpinia violacea	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Caesalpinia yucatanensis	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Casaeria corymbosa	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Cascabela gaumeri	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Casearia corymbosa	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Ceiba aesculifolia	3	0.00437	-5.4337	-0.0237
Coccoloba cozumelensis	11	0.01601	-4.1344	-0.0662
Coccoloba diversifolia	4	0.00582	-5.1460	-0.0300
Coccoloba Itzeus	4	0.00582	-5.1460	-0.0300
Coccoloba spicata	14	0.02038	-3.8933	-0.0793
Crateva tapia	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Crossopetalum gaumeri	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Croton reflexifolius	5	0.00728	-4.9229	-0.0358
Dendropanax arborea	6	0.00873	-4.7406	-0.0414
Diospyros albens	52	0.07569	-2.5811	-0.1954
Diospyros anisandra	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Diospyros cuneata	17	0.02475	-3.6991	-0.0915
Diphysa carthagenensis	8	0.01164	-4.4529	-0.0519
Dryapetes brownii	37	0.05386	-2.9214	-0.1573
Elytraria bromoides	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Esenbeckia berlandieri	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Eugenia capuli	14	0.02038	-3.8933	-0.0793

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Exothea diphylla	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Ficus cotinifolia	27	0.0393	-3.2365	-0.1272
Ficus pertusa	5	0.00728	-4.9229	-0.0358
Ficus yucatanensis	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Guettarda combsii	3	0.00437	-5.4337	-0.0237
Guettarda elliptica	7	0.01019	-4.5864	-0.0467
Gymnopodium flobundum	8	0.01164	-4.4529	-0.0519
Hampea trilobata	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Hippocratea excelsa	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Jatropha gaumeri	5	0.00728	-4.9229	-0.0358
Lonchocarpus rugosus	22	0.03202	-3.4413	-0.1102
Lonchocarpus yucatanensis	20	0.02911	-3.5366	-0.1030
Lysiloma latisiliquum	91	0.13246	-2.0215	-0.2678
Malpighia clavera	9	0.0131	-4.3351	-0.0568
Malpighia glabra	7	0.01019	-4.5864	-0.0467
Manilkara achras	12	0.01747	-4.0474	-0.0707
Metopium brownei	18	0.0262	-3.6420	-0.0954
Neea psychotrioides	11	0.01601	-4.1344	-0.0662
Oxandra lanceolata	7	0.01019	-4.5864	-0.0467
Piscidia piscipula	10	0.01456	-4.2297	-0.0616
Platymiscium yucatanum	7	0.01019	-4.5864	-0.0467
Plumeria obtusa	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Psidium sartorianum	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Randia longiloba	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Sabal mexicana	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Sideroxylon foetidissimum	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Sideroxylon salicifolium	11	0.01601	-4.1344	-0.0662
Simarouba glauca	2	0.00291	-5.8392	-0.0170
Swartzia cubensis	9	0.0131	-4.3351	-0.0568
Talisia olivaeformis	4	0.00582	-5.1460	-0.0300
Thouinia paucidentata	24	0.03493	-3.3543	-0.1172
Trichilia glabra	17	0.02475	-3.6991	-0.0915
Trichilia havanensis	1	0.00146	-6.5323	-0.0095
Vitex gaumeri	38	0.05531	-2.8947	-0.1601
Zuelania guidonia	4	0.00582	-5.1460	-0.0300
63	**687**			
			Índice de Shannon-Wiener (H)	**3.4170**
			Máxima diversidad H' max =	**4.1431**
			Equitatividad (J)	**0.8247**

Se observa una alta uniformidad del conjunto de las especies arbóreas, ya que el coeficiente de equitatividad (J) es de 0.8247. Asimismo, la diversidad biológica puede ser considerada como alta dado que la diferencia entre la máxima diversidad H' y el índice de diversidad de Shannon Wiener (H) es del 17.53% la cual se considera corta. En ese sentido, tanto Margalef con un valor de 9.4942 y Simpson con 0.9468 coinciden en señalar que la diversidad biológica es muy alta.

Tabla 11. Especies vegetales presentes en el estrato medio del SAR.

Nombre científico	Abundancia
Acacia cornigera	7
Amyris sylvatica	12
Bauhinia divaricata	19
Bauhinia jenningsii	70
Bunchosia glabra	8
Capparis cynophallophora	30
Casaeria corymbosa	43
Cascabella thevetia	3
Casearia corymbosa	6
Chiococca alba	31
Chiococca coriacea	9
Chrysophyllum mexicanum	1
Coccoloba acapulcensis	3
Coccoloba diversifolia	38
Coccoloba spicata	21
Coccothrinax readii	12
Colubrina arborecens	1
Croton flavens	2
Croton reflexifolius	20
Dendropanax arborea	3
Diospyros albens	8
Diospyros cuneata	1
Dryapetes brownii	4
Eugenia mayana	13
Gymnopodium flobundum	2
Hampea trilobata	12
Hippocratea excelsa	7
Hybanthus yuctanensis	6
Hyperbaena winzerlingii	12
Jacquinia aurantiaca	6
Lasiacis divaricata	14
Malmea depressa	22
Malvaviscus arboreus	17
Manilkara achras	66

Nombre científico	Abundancia
Myrciaria floribunda	2
Nectandra coriacea	109
Neomillspaughia emarginata	15
Parathesis cubana	6
Pisonia aculeata	2
Pithecellobium campechense	4
Pithecellobium leucospermum	11
Psychotria nervosa	32
Randia abscordata	13
Randia aculeata	43
Rhacoma crossopetalum	3
Sabal yapa	7
Thrinax radiata	2
Trichilia glabra	2
TOTALES	**780**

El número total de especies registradas, es decir, la riqueza específica obtenida fue de 48 especies en el estrato medio del Sistema Ambiental Regional y 780 individuos documentados. La única especie notoriamente más abundante es *Nectandra coriacea* con el 13.97% de los individuos observados en dicho estrato.

Tabla 12. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR.

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Acacia cornigera	7	0.0090	-4.7134	-0.0423
Amyris sylvatica	12	0.0154	-4.1744	-0.0642
Bauhinia divaricata	19	0.0244	-3.7149	-0.0905
Bauhinia jenningsii	70	0.0897	-2.4108	-0.2164
Bunchosia glabra	8	0.0103	-4.5799	-0.0470
Capparis cynophallophora	30	0.0385	-3.2581	-0.1253
Casaeria corymbosa	43	0.0551	-2.8981	-0.1598
Cascabella thevetia	3	0.0038	-5.5607	-0.0214
Casearia corymbosa	6	0.0077	-4.8675	-0.0374
Chiococca alba	31	0.0397	-3.2253	-0.1282
Chiococca coriacea	9	0.0115	-4.4621	-0.0515
Chrysophyllum mexicanum	1	0.0013	-6.6593	-0.0085
Coccoloba acapulcensis	3	0.0038	-5.5607	-0.0214
Coccoloba diversifolia	38	0.0487	-3.0217	-0.1472
Coccoloba spicata	21	0.0269	-3.6148	-0.0973
Coccothrinax readii	12	0.0154	-4.1744	-0.0642

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Colubrina arborecens	1	0.0013	-6.6593	-0.0085
Croton flavens	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
Croton reflexifolius	20	0.0256	-3.6636	-0.0939
Dendropanax arborea	3	0.0038	-5.5607	-0.0214
Diospyros albens	8	0.0103	-4.5799	-0.0470
Diospyros cuneata	1	0.0013	-6.6593	-0.0085
Dryapetes brownii	4	0.0051	-5.2730	-0.0270
Eugenia mayana	13	0.0167	-4.0943	-0.0682
Gymnopodium flobundum	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
Hampea trilobata	12	0.0154	-4.1744	-0.0642
Hippocratea excelsa	7	0.0090	-4.7134	-0.0423
Hybanthus yuctanensis	6	0.0077	-4.8675	-0.0374
Hyperbaena winzerlingii	12	0.0154	-4.1744	-0.0642
Jacquinia aurantiaca	6	0.0077	-4.8675	-0.0374
Lasiacis divaricata	14	0.0179	-4.0202	-0.0722
Malmea depressa	22	0.0282	-3.5683	-0.1006
Malvaviscus arboreus	17	0.0218	-3.8261	-0.0834
Manilkara achras	66	0.0846	-2.4696	-0.2090
Myrciaria floribunda	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
Nectandra coriacea	109	0.1397	-1.9679	-0.2750
Neomillspaughia emarginata	15	0.0192	-3.9512	-0.0760
Parathesis cubana	6	0.0077	-4.8675	-0.0374
Pisonia aculeata	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
Pithecellobium campechense	4	0.0051	-5.2730	-0.0270
Pithecellobium leucospermum	11	0.0141	-4.2614	-0.0601
Psychotria nervosa	32	0.0410	-3.1936	-0.1310
Randia abscordata	13	0.0167	-4.0943	-0.0682
Randia aculeata	43	0.0551	-2.8981	-0.1598
Rhacoma crossopetalum	3	0.0038	-5.5607	-0.0214
Sabal yapa	7	0.0090	-4.7134	-0.0423
Thrinax radiata	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
Trichilia glabra	2	0.0026	-5.9661	-0.0153
48	**780**			
			Índice de Shannon-Wiener (H)	**3.2981**
			Máxima diversidad H' max =	**3.8712**

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
			Equitatividad (J)	**0.8520**

Las especies presentes tienen abundancias que pueden ser consideradas como bajas, de tal forma que el índice de equitatividad (J) es de 0.8520. Asimismo, la diferencia entre la máxima diversidad (H´) y el índice de Shannon Wiener (H) es del 14.80%; por lo cual se puede considerar que la diversidad biológica también es alta. En este sentido, para Margalef y Simpson el índice de diversidad es muy alto, ya que alcanza un valor de 7.0578 y de 0.9454 respectivamente.

Tabla 13. Especies vegetales herbáceas presentes en el estrato bajo en el SAR.

Nombre científico	Abundancia
Aechmea bracteata	1
Agave sp.	1
Amphilophium paniculathum	5
Anturio sp	1
Arrabidaea floribunda	29
Arrabidaea petellifera	3
Arrabidaea podopogon	14
Arrabidaea pubescens	4
Blechum sp.	12
Bromelia pinguin	7
Caladium bicolor	8
Chamaedorea seifrizii	4
Cissampelos pareira	1
Cydista potosina	6
Dryapetes brownii	6
Elytraria imbricada	203
Epiphyllum oxypetalum	2
Helicteres baruensis	8
Henrya insylaris	15
Heteropterys laurifolia	12
Lasiacis divaricata	63
Lasiacis ligulata	34
Lasiacis ruscifolia	6
Morinda yucatanensis	24
Oeceoclades maculata	1
Olyra glaberrima	22
Olyra yucatanensis	59
Passiflora coriacea	4
Passiflora obovata	1
Paulinia cururu	28
Pedilanthus tithimaloides	1

Nombre científico	Abundancia
Rhoeo pallida	4
Sabal yapa	7
Selenicereus testudo	5
Serjania adiantoides	20
Smilax mollis	6
Tragia yucatanensis	1
TOTALES	**628**

El número total de especies registradas en el estrato bajo es de 37 con una abundancia de 628 individuos muestreados en el Sistema Ambiental Regional; de las cuales *Elytraria imbricata* con el 32.32% del total y *Lasiacis divaricata* con un 10.13% son las especies más abundantes, que en conjunto representan el 42.36% del total.

Tabla 14. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Aechmea bracteata	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Agave sp.	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Amphilophium paniculathum	5	0.0080	-4.8331	-0.0385
Anturio sp	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Arrabidaea floribunda	29	0.0462	-3.0752	-0.1420
Arrabidaea petellifera	3	0.0048	-5.3439	-0.0255
Arrabidaea podopogon	14	0.0223	-3.8035	-0.0848
Arrabidaea pubescens	4	0.0064	-5.0562	-0.0322
Blechum sp.	12	0.0191	-3.9576	-0.0756
Bromelia pinguin	7	0.0111	-4.4966	-0.0501
Caladium bicolor	8	0.0127	-4.3631	-0.0556
Chamaedorea seifrizii	4	0.0064	-5.0562	-0.0322
Cissampelos pareira	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Cydista potosina	6	0.0096	-4.6508	-0.0444
Dryapetes brownii	6	0.0096	-4.6508	-0.0444
Elytraria imbricada	203	0.3232	-1.1293	-0.3651
Epiphyllum oxypetalum	2	0.0032	-5.7494	-0.0183
Helicteres baruensis	8	0.0127	-4.3631	-0.0556
Henrya insylaris	15	0.0239	-3.7345	-0.0892
Heteropterys laurifolia	12	0.0191	-3.9576	-0.0756
Lasiacis divaricata	63	0.1003	-2.2994	-0.2307
Lasiacis ligulata	34	0.0541	-2.9162	-0.1579
Lasiacis ruscifolia	6	0.0096	-4.6508	-0.0444
Morinda yucatanensis	24	0.0382	-3.2645	-0.1248
Oeceoclades maculata	1	0.0016	-6.4425	-0.0103

Nombre científico	Abun-dancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Olyra glaberrima	22	0.0350	-3.3515	-0.1174
Olyra yucatanensis	59	0.0939	-2.3650	-0.2222
Passiflora coriacea	4	0.0064	-5.0562	-0.0322
Passiflora obovata	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Paulinia cururu	28	0.0446	-3.1103	-0.1387
Pedilanthus tithimaloides	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
Rhoeo pallida	4	0.0064	-5.0562	-0.0322
Sabal yapa	7	0.0111	-4.4966	-0.0501
Selenicereus testudo	5	0.0080	-4.8331	-0.0385
Serjania adiantoides	20	0.0318	-3.4468	-0.1098
Smilax mollis	6	0.0096	-4.6508	-0.0444
Tragia yucatanensis	1	0.0016	-6.4425	-0.0103
37	**628**			
			Índice de Shannon-Wiener (H)	**2.6545**
			Máxima diversidad H' max =	**3.6109**
			Equitatividad (J)	**0.7351**

Las especies se encuentran en cantidades medianamente uniformes, por lo que el índice de equitatividad (J) es de 0.7351. También se observa que la diferencia entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y la máxima diversidad (H´) alcanza el 26.49%; por lo que puede afirmarse que la diversidad en el estrato bajo es intermedia. En el caso del índice de Margalef y también de Simpson, la diversidad biológica se considera como alta ya que ostenta valores de 5.5879 y de 0.8628 respectivamente.

Tabla 15. Listado florístico del SAR.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
FABACEAE	*Acacia cornigera*	Subin	Arbusto	Nativa	NA
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	sak piche	Árbol	Nativa	NA
BROMELIACEAE	*Aechmea bracteata*	Bon ch'u	Epífita	Nativa	NA
AGAVACEAE	*Agave sp.*	cahum	Hierba	Nativa	NA
BIGNONIACEAE	*Amphilophium paniculathum*	Xnehtolok/ zoh bach	Enredadera	Nativa	NA
RUTACEAE	*Amyris sylvatica*	susu yuk	Arbusto	Nativa	NA
ARACEAE	*Anthurium sp*	Boobtun	Hierba	Nativa	NA
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	Bilimkok	Enredadera	Nativa	NA
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea petellifera*	Anilkaab	Enredadera	Nativa	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*	Ak' xuux	Enredadera	Nativa	NA
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	Sak ak'	Enredadera	Nativa	NA
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	Ts'ulub took' /Pata vaca	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	chak ts'ulub tok'	Arbusto	Nativa	NA
ACANTHACEAE	*Blechum sp.*	Ya'ax ts'akal baak	Hierba	Nativa	NA
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	Ts'ablay / ts'albay	Hierba	Nativa	NA
MALPIGHIACEAE	*Bunchosia glabra*	Siipilche' /sipche'	Arbusto	Nativa	NA
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	chakaj / palo mulato	Árbol	Nativa	NA
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	sak pah / nance blanco	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	Kitamche	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Caesalpinia violacea*	Chakte'	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Caesalpinia yucatanensis*	Tak'inche'/ xpakum	Árbol	Nativa	NA
ARACEAE	*Caladium bicolor*	ta'ab kaani'	Hierba	Introducida	NA
CAPPARIDACEAE	*Capparis cynophallophora*	box che'	Arbusto	Nativa	NA
FABACEAE	*Casaeria corymbosa*	ixi'im che'	Árbol	Nativa	NA
APOCYNACEAE	*Cascabela gaumeri*	Akiits	Árbol	Nativa	NA
APOCYNACEAE	*Cascabela thevetia*	Akiits	Árbol	Nativa	NA
BOMBACACEAE	*Ceiba aesculifolia*	Piim / pochote	Árbol	Nativa	NA
ARECACEAE	*Chamaedorea seifrizii*	xyaat / xiat	Hierba	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	Kan'chak'che/ Tun che	Arbusto	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*	Ya'ax kanchak che'	arbusto	Endémica	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum mexicanum*	Chi' keej/ caimitillo	Árbol	Nativa	NA
MENISPERMACEAE	*Cissampelos pareira*	Petektun	Enredadera	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	xtoh yuub	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Coccoloba cozumelensis*	Boob	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	booy ch'iich'	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	sak bo'oy ch'i'ich'	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	boob	Árbol	Nativa	NA
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	nak'as / nak'ax	Arbusto	Nativa	A
RHAMNACEAE	*Colubrina arborecens*	Chakbuk-lumche'	Árbol	Nativa	NA
CAPPARIDACEAE	*crataevia*	Olomak	Árbol	Nativa	NA
CELASTRACEAE	*Crossopetalum gaumeri*	kabal muk	Arbusto	Nativa	NA
EUPHORBIACEAE	*Croton flavens*	U xikin ch'amak	Arbusto	Nativa	NA
EUPHORBIACEAE	*Croton reflexifolius*	P'eskuts	Arbusto	Nativa	NA
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	Ek' k'iix/ek' kixil	Enredadera	Nativa	NA
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	sak chakaj	Árbol	Nativa	NA
EBENACEAE	*Diospyros albens*	Siliil	Árbol	Nativa	NA
EBENACEAE	*Diospyros anisandra*	Ka'kche'	Árbol	Nativa	NA
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	uchulche	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Diphysa carthagenensis*	Xts'uts'uk	Árbol	Nativa	NA
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	p'ih	Árbol	Nativa	NA
ACANTHACEAE	*Elytraria bromoides*	yak' much / lengua de sapo	Hierba	Nativa	NA
ACANTHACEAE	*Elytraria imbricada*	Kambal xa'an	Hierba	Nativa	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
CACTACEAE	*Epiphyllum oxypetalum*	cola de lagarto	Epífita	Nativa	NA
RUTACEAE	*Esenbeckia berlandieri*	Jok'ob che'	Árbol	Nativa	NA
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	sak loob	Árbol	Nativa	NA
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	Sak look loob	Árbol	Nativa	NA
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	wayam kox	Árbol	Nativa	NA
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	Álamo	Árbol	Nativa	NA
	Ficus pertusa	ju'un ch'iich'	Árbol	Nativa	NA
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	Akum	Árbol	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	Tastaab	Árbol	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Guettarda elliptica*	Kib che'	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	ts'its'il che'	Árbol	Nativa	NA
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	Jool/majahua	Árbol	Nativa	NA
MALVACEAE	*Helicteres baruensis*	Suput	Arbusto	Nativa	NA
ACANTHACEAE	*Henrya insylaris*	Akan xiw	Hierba	Nativa	NA
MALPIGHIACEAE	*Heteropterys laurifolia*	pepen ak'	Hierba	Nativa	NA
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	Sak boob	Árbol	Nativa	NA
OLACACEAE	*Hybanthus yuctanensis*	Sakbakekan	Arbusto	Nativa	NA
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	xchooch kitam	Arbusto	Nativa	NA
THEOPHRASTACEAE	*Jacquinia aurantiaca*	Pincha huevo	Arbusto	Nativa	NA
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	pomol che' / piñoncillo	Árbol	Nativa	NA
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	Siit / bambú	Hierba	Nativa	NA
POACEAE	*Lasiacis ligulata*	Pompom sit	Pasto	Nativa	NA
POACEAE	*Lasiacis ruscifolia*	kambal sit	Bambú	Nativa	NA
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	Xk'analsin	Árbol	Nativa	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*	Ya'ax xu'ul	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	Tsalam	Árbol	Nativa	NA
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	Ele'muy	Arbusto	Nativa	NA
MALPIGHIACEAE	*Malpighia clavera*	Wayak`te	Árbol	Nativa	NA
MALPIGHIACEAE	*Malpighia glabra*	Wayak`te	Arbusto	Nativa	NA
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	Tulipan xiw	Arbusto	Nativa	NA
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	ya' / chico zapote	Árbol	Nativa	NA
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	cheechem	Árbol	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	Piña kaan	Enredadera	Nativa	NA
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	Ki' bok che'	Arbusto	Nativa	NA
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	Laurelillo/ Aguacatillo	Árbol	Nativa	NA
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*	ta' ts'i´/ pinta uña /adnea	Árbol	Nativa	NA
POLYGONACEAE	*Neomillspaughia emarginata*	Sak itsaab	Arbusto	Nativa	NA
ORCHIDACEAE	*Oeceoclades maculata*	Orquidea terrestre	Hierba	Exótica-Invasora	NA
POACEAE	*Olyra glaberrima*	tsapal su'uk	Hierba	Nativa	NA
POACEAE	*Olyra yucatanensis*	Tsapalsu'uk	pasto	Nativa	NA
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	box e'lemuy	Árbol	Nativa	NA
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	chamal che' / pico de paloma	Arbusto	Nativa	NA
PASIFLORACEAE	*Passiflora coriacea*	xick'so'ots'	Hierba	Nativa	NA
PASSIFLORACEAE	*Passiflora obovata*	No reportado	Enredadera	Nativa	NA
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	ch'eem ak'	Hierba	Nativa	NA
EUPHORBIACEAE	*Pedilanthus tithimaloides*	Xay pejelche	Hierba	Nativa	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	Ha`abin	Árbol	Nativa	NA
NYCTAGINACEAE	*Pisonia aculeata*	Be'eb	Arbusto	Nativa	NA
FABACEAE	*Pithecellobium campechense*	Tsiwche´	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Pithecellobium leucospermum*	Ya`axek`	Árbol	Nativa	NA
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	Suubin che'	Árbol	Endémica	NA
APOCYNACEAE	*Plumeria obtusa*	Sak nikte' / nikte' ch'om	Árbol	Nativa	NA
MYRTACEAE	*Psidium sartorianum*	Pichi'che' / guayabillo	Árbol	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	ya'ax k'anan	Arbusto	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Randia abscordata*	Kat och	Arbusto	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	Pech kitam	Árbol	Nativa	NA
RUBIACEAE	*Randia longiloba*	K'ax / ajk'ax	Árbol	Endémica	NA
CELASTRACEAE	*Rhacoma crossopetalum*	Kambal kibche'	Arbusto	Nativa	NA
COMMELINACEAE	*Rhoeo pallida*	Sak lirio	Hierba	Nativa	NA
ARECACEAE	*Sabal mexicana*	bon xa'an / huano	Árbol	Nativa	NA
ARECACEAE	*Sabal yapa*	Sak xa'an / guano	Palma	Nativa	NA
CACTACEAE	*Selenicereus testudo*	Wol pitaya	Hierba	Nativa	NA
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	Boax Aak	Enredadera	Nativa	NA
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*	Tsimin che' / caracoliyo	Árbol	Nativa	NA
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	Ts'its'ilya	Árbol	Nativa	NA
SIMAROUBACEAE	*Simarouba glauca*	xpa' sak' che' / pa' sak'	Árbol	Nativa	NA
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	Kohkeh/ koke	Enredadera	Nativa	NA
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	K'atalox	Árbol	Nativa	NA
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	wayam país	Árbol	Nativa	NA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidentata*	K'anchunub	Árbol	Nativa	NA
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	ch'iit	Arbusto	Nativa	A
EUPHORBIACEAE	*Tragia yucatanensis*	P'op'ox	Enredadera	Nativa	NA
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	chak ch'oben che'	Árbol	Nativa	NA
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	ch'ooben che'	Arbusto	Nativa	NA
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	ya'ax nik	Árbol	Nativa	NA
FLACOURTIACEAE	*Zuelania guidonia*	Xtamay/ Xsabak che'	Árbol	Nativa	NA

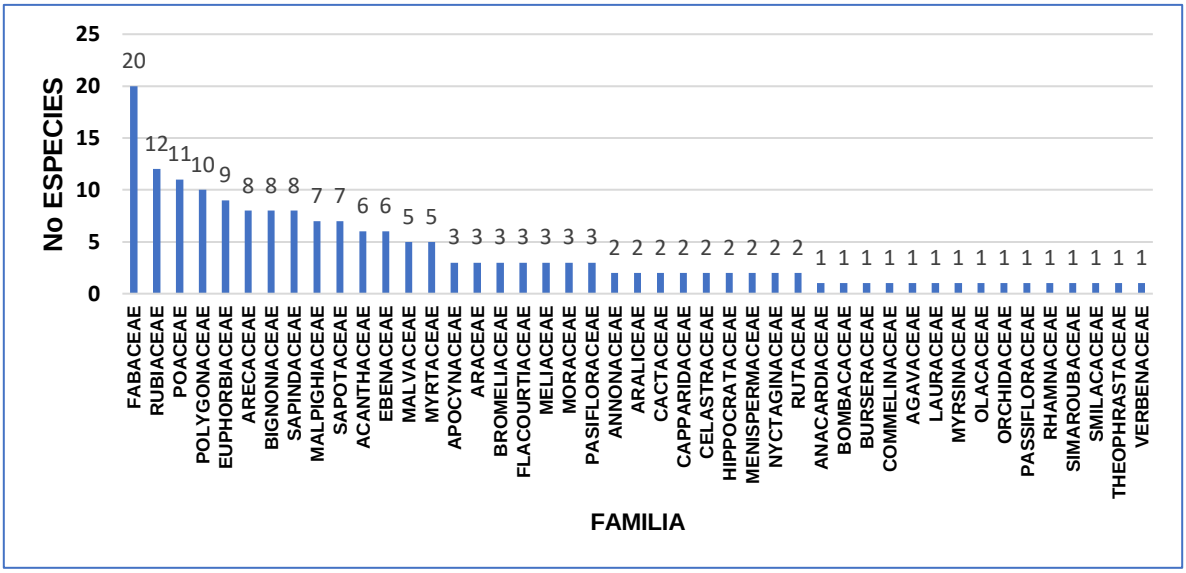


Figura 33. Número de especies por familia botánica en el SAR

De forma conjunta, en los tres estratos del Sistema Ambiental Regional (SAR) o Cuenca Hidrológica Forestal (CHF) se encuentran presentes 45 familias botánicas con un total (riqueza) de 176 especies distintas. Siendo la familia fabaceae la más importante con 20 especies, le siguen las rubiaceae con 12 especies, luego están las poaceae con 11, luego polygonaceae con 10, euphorbiaceae con nueve, le siguen las arecaceae, bignoniaceae y sapindaceae con ocho especies cada una, luego las malpighiaceae y sapotaceae con siete especies respectivamente, le siguen las acanthaceae y ebenaceae con seis cada una, las malvaceae y myrtaceae con cinco especies para cada familia y luego apocynaceae, araceae, bromeliaceae, flacourtiaceae, meliaceae, moraceae y pasifloraceae con tres especies respectivamente. El resto de las familias botánicas están representadas por solo una o dos especies.

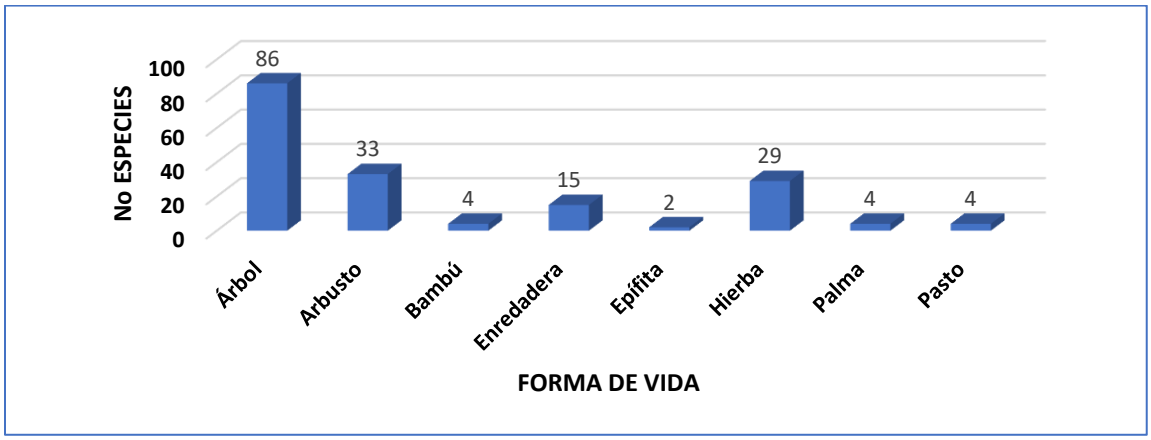


Figura 34. Formas de vida en el SAR

En cuanto a las formas de vida en el SAR, tenemos que la mayor parte son árboles con el 48.59%, arbustos con 18.64%, le siguen las hierbas con un 16.38%, las enredaderas con 8.47%, bambús, palmas y pastos con un 2.26% cada una y finalmente las epífitas con un 1.13% del total.

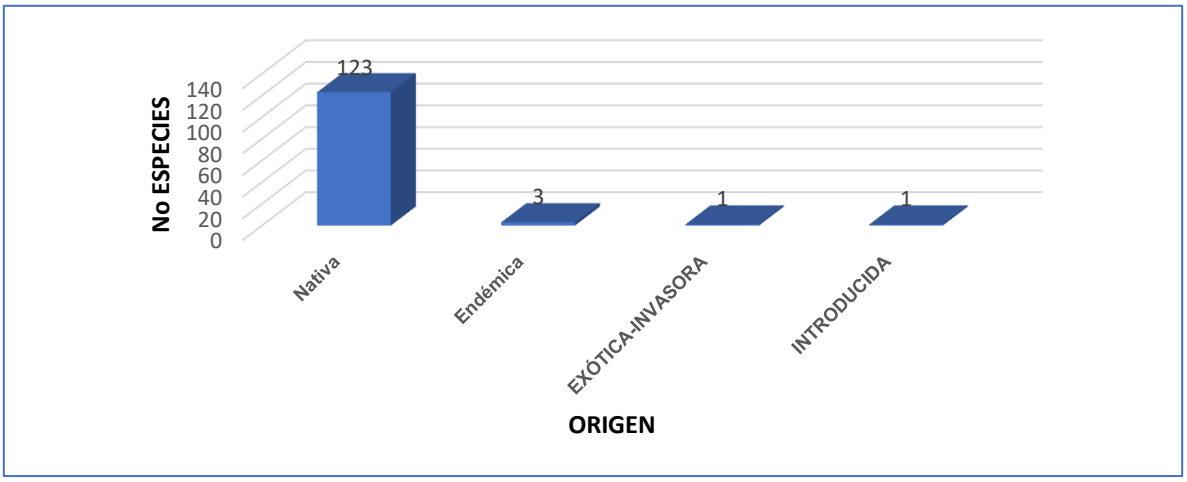


Figura 35. Distribución de especies por su origen en el SAR.

En cuanto a su origen, tenemos que las especies nativas representan el 96.09% de las especies presentes con lo cual resultan ser claramente las más abundantes en el área del Sistema Ambiental Regional, le siguen las especies endémicas con un 2.34%, y finalmente las exóticas-invasoras e introducidas con un 0.78% respectivamente.

IV.2.2.1.4 Especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y endemismo en el SAR.

En el SAR, se registraron dos especies que están enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010 con el estatus de amenazadas (A)., las cuales son *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*.

IV.2.2.2 Caracterización de la vegetación del predio/Área de CUSTF

Se realizó una caracterización ambiental de la flora presente en el predio (CUSTF), obteniendo los siguientes resultados.

IV.2.2.2.1 Muestreo

Para determinar el método de muestreo de la vegetación, se procedió a realizar un recorrido por el predio, con la intención de visualizar la composición florística, diversidad de especies, estructura y distribución espacial, para establecer el mejor procedimiento que permitiera obtener la representatividad de la vegetación. Para el estrato arbóreo se levantaron 9 parcelas de muestreo con una superficie de 812.50 m² cada una, aquí se contabilizaron todos aquellos ejemplares con un DN (diámetro normal) igual o mayor a 7.5 cm. El registro de cada ejemplar al interior de cada sitio de muestreo se llevó a cabo en dirección al sentido de las manecillas del reloj. De esta manera se procedió a registrar los datos por especie, es decir, a cada individuo se le tomaron las variables de DN, altura total, altura de fuste limpio, diámetro de copa mayor y diámetro de copa menor, además de género, especie y nombre común.

Para la toma de datos del estrato arbustivo, se levantaron nueve sitios de muestreo con una superficie de 406.25 m^2 cada uno, los cuales se ubicaron de forma anidada. En los cuales se incluyeron los individuos con diámetro del tallo igual o mayores a 2.5 cm y menores a 7.5 cm; todos los individuos con esta condición fueron registrados según su especie y recabando las variables de diámetro del tallo, altura total, diámetro de copa mayor, diámetro de copa menor, así como su información de nombre común, género y especie. Para el estrato herbáceo, también se levantaron nueve sitios de muestreo anidados, cada uno de los cuales tiene una superficie de 100 m^2. Aquí fueron incluidos todos los individuos con diámetros menores a 2.5 cm. También se tomaron datos de nombre común, género, especie, diámetro de copa mayor diámetro de copa menor y número de individuos. También fueron ubicados de forma anidada con relación a los sitos de mayor superficie (estrato alto).

La vegetación presente en el área del CUSTF en general se encuentra alterada, tal como se consigna en los resultados del presente estudio. Asimismo, debido al método e intensidad utilizados, podemos afirmar que la estimación de los parámetros de interés forestal y ecológico, como son las existencias reales volumétricas, cobertura de copa, abundancia etc. resultan ser confiables.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 16. Coordenadas UTM Z16 de los puntos de muestreo en el CUSTF.

Putos	X	Y
1	493651.55	2292202.11
3	493954.06	2292436.24
4	493554.50	2292615.24
5	493810.87	2291990.93
6	493806.50	2292455.65
7	493921.44	2292076.70
8	493889.35	2292373.91
9	494205.88	2291970.12
10	494208.17	2292111.15

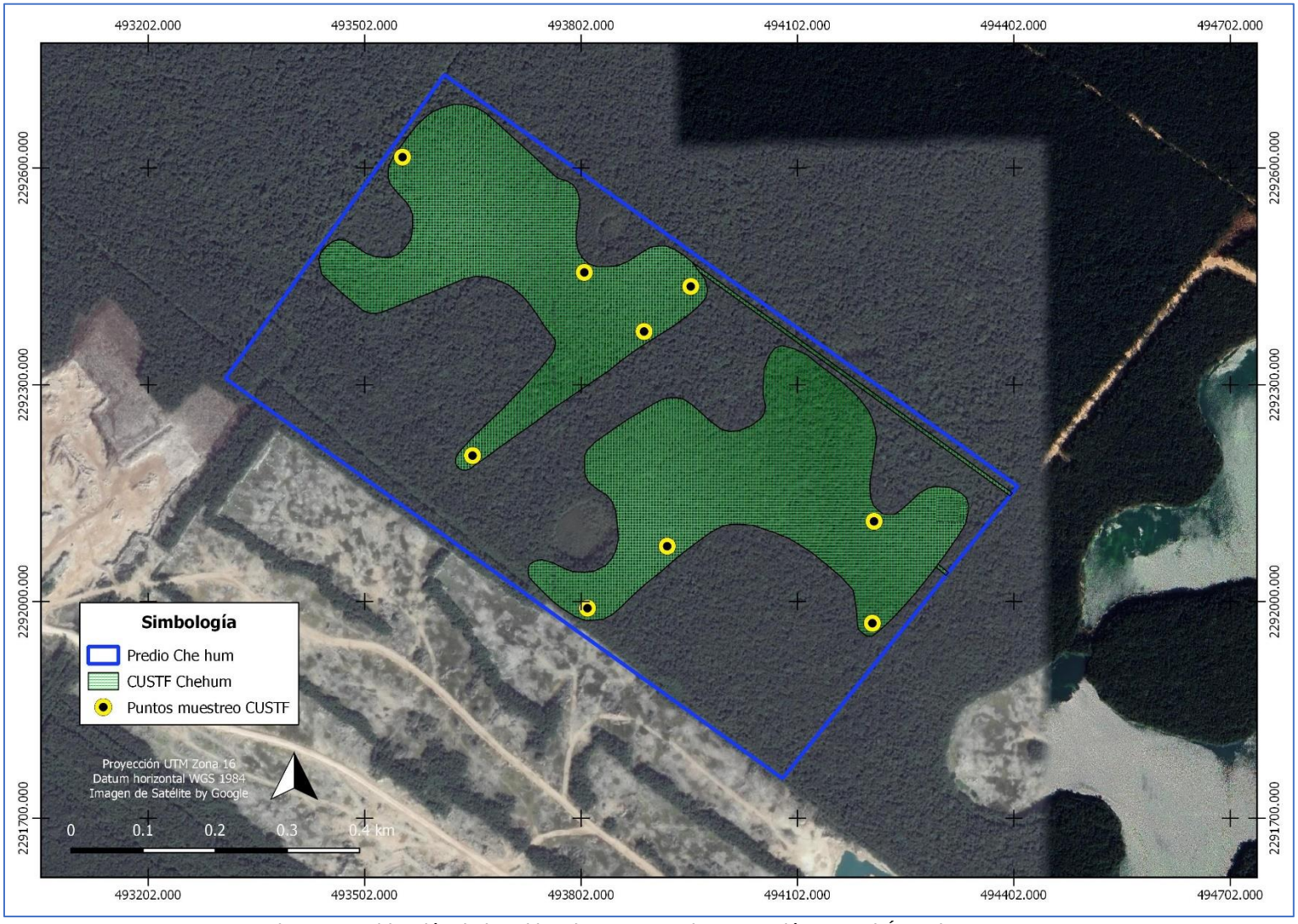


Figura 36. Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación para el Área de CUSTF.

IV.2.2.2.2 Toma de parámetros

Numeración y marcado: A todos los árboles, arbustos y hierbas muestreados le fue asignado un número consecutivo, que se presenta en las tablas de resultados.

Toma de datos: En cada sitio de muestreo se registraron todos los individuos vegetales por especie, vivos y muertos, también se levantaron variables dendrométricas como el diámetro normal, diámetro de copa y altura total.

Identificación taxonómica: Se realizó previamente una revisión bibliográfica para poder determinar las especies de la zona de influencia. Las especies que pudieron ser identificadas se describieron en el momento del levantamiento de información, sin embargo, de aquellos ejemplares que no fue posible conocer la especie a la que pertenecía, se tomó una muestra que fue identificada posteriormente en trabajo de gabinete empleando información de herbarios de vegetación de la Península de Yucatán.

IV.2.2.2.3 Resultados

IV.2.2.2.3.1 Composición y estructura florística de la vegetación presente en el Área del proyecto

Tabla 17. Listado de especies registradas en el estrato alto en el área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Especie	Abundancia
Acacia dolichostachya	1
Bauhinia divaricata	1
Bursera simaruba	119
Byrsonima bucidaefolia	4
Caesalpinia gaumeri	13
Caesalpinia violacea	3
Caesalpinia yucatanensis	1
Cascabela gaumeri	1
Ceiba aesculifolia	5
Chrysophyllum mexicanum	3
Coccoloba acapulcensis	1
Coccoloba cozumelensis	3
Coccoloba diversifolia	4
Coccoloba Itzeus	9
Coccoloba spicata	2
Cordia alliodora	2
Cordia dodecandra	2
Cuphea utriculosa	1
Dendropanax arborea	6
Diospyros albens	16
Diospyros cuneata	15
Diospyros salicifolia	1

Especie	Abundancia
Diphysa carthagenensis	4
Dryapetes brownii	1
Eugenia capuli	2
Exothea diphylla	3
Ficus cotinifolia	26
Ficus obtucifolia	1
Ficus pertusa	11
Gliricidia sepium	2
Guettarda combsii	9
Guettarda elliptica	2
Gymnopodium flobundum	4
Lonchocarpus rugosus	22
Lysiloma latisiliquum	88
Malpighia clavera	11
Malvaviscus arboreus	1
Manilkara achras	12
Metopium brownei	58
Nectandra coriacea	1
Neea psychotrioides	16
Oxandra lanceolata	8
Piscidia piscipula	20
Platymiscium yucatanum	7
Plumeria obtusa	1
Pouteria campechiana	1
Rehdera trinervis	1
Sabal mexicana	3
Sabal yapa	3
Sideroxylon salicifolium	1
Simarouba glauca	5
Swartzia cubensis	5
Talisia olivaeformis	1
Thouinia paucidentata	11
Trichilia glabra	10
Trichilia havanensis	3
Vitex gaumeri	24
Zuelania guidonia	7
TOTALES	**598**

De un total de 54 especies y 598 individuos inventariados; podemos ver que dos de ellas son las más abundantes: *Bursera simaruba* que representa el 19.90% de los individuos y *Lysiloma latisiliquum* con 14.72%. De tal forma que en conjunto representan el 34.62% de los individuos existentes en el estrato alto.

IV.2.2.2.3.1.1 Estrato Alto

Tabla 18. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato alto del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF)

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Acacia dolichostachya	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Bauhinia divaricata	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Bursera simaruba	119	0.1990	-1.6145	-0.3213
Byrsonima bucidaefolia	4	0.0067	-5.0073	-0.0335
Caesalpinia gaumeri	13	0.0217	-3.8286	-0.0832
Caesalpinia violacea	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Cascabela gaumeri	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Ceiba aesculifolia	5	0.0084	-4.7842	-0.0400
Chrysophyllum mexicanum	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Coccoloba acapulcensis	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Coccoloba cozumelensis	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Coccoloba diversifolia	4	0.0067	-5.0073	-0.0335
Coccoloba Itzeus	9	0.0151	-4.1964	-0.0632
Coccoloba spicata	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Cordia alliodora	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Cordia dodecandra	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Cuphea utriculosa	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Dendropanax arborea	6	0.0100	-4.6018	-0.0462
Diospyros albens	16	0.0268	-3.6210	-0.0969
Diospyros cuneata	15	0.0251	-3.6855	-0.0924
Diospyros salicifolia	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Diphysa carthagenensis	4	0.0067	-5.0073	-0.0335
Dryapetes brownii	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Eugenia capuli	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Exothea diphylla	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Ficus cotinifolia	26	0.0435	-3.1355	-0.1363
Ficus obtucifolia	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Ficus pertusa	11	0.0184	-3.9957	-0.0735
Gliricidia sepium	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Guettarda combsii	9	0.0151	-4.1964	-0.0632
Guettarda elliptica	2	0.0033	-5.7004	-0.0191
Gymnopodium flobundum	4	0.0067	-5.0073	-0.0335
Lonchocarpus rugosus	22	0.0368	-3.3025	-0.1215
Lysiloma latisiliquum	88	0.1472	-1.9163	-0.2820
Malpighia clavera	11	0.0184	-3.9957	-0.0735
Malvaviscus arboreus	1	0.0017	-6.3936	-0.0107

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Manilkara achras	12	0.0201	-3.9087	-0.0784
Metopium brownei	58	0.0970	-2.3331	-0.2263
Nectandra coriacea	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Neea psychotrioides	16	0.0268	-3.6210	-0.0969
Oxandra lanceolata	8	0.0134	-4.3141	-0.0577
Piscidia piscipula	20	0.0334	-3.3979	-0.1136
Platymiscium yucatanum	7	0.0117	-4.4477	-0.0521
Plumeria obtusa	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Pouteria campechiana	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Rehdera trinervis	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Sabal mexicana	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Sabal yapa	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Sideroxylon salicifolium	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Simarouba glauca	5	0.0084	-4.7842	-0.0400
Swartzia cubensis	5	0.0084	-4.7842	-0.0400
Talisia olivaeformis	1	0.0017	-6.3936	-0.0107
Thouinia paucidentata	11	0.0184	-3.9957	-0.0735
Trichilia glabra	10	0.0167	-4.0910	-0.0684
Trichilia havanensis	3	0.0050	-5.2950	-0.0266
Vitex gaumeri	24	0.0401	-3.2155	-0.1291
Zuelania guidonia	7	0.0117	-4.4477	-0.0521
54	598			
Índice de Shannon-Wiener (H)				3.1266
Máxima diversidad H' max =				3.9890
Equitatividad (J)				0.7838

Tenemos que la abundancia por especie presenta una uniformidad intermedia, ya que el índice de equitatividad es de 0.7838 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 21.62%, por lo tanto, puede considerarse que la diversidad biológica es media. En cuanto al índice de Margalef, podemos observar un valor de 8.2896 lo que nos dice que se considera una diversidad biológica muy alta; lo cual también es considerado así por Simpson con un valor de 0.9175.

IV.2.2.2.3.1.2 Estrato Medio

Tabla 19. Listado de las especies registradas en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Especie	Abundancia
Acacia cornigera	3
Acaelorraphe wrigthi	10
Amyris sylvatica	15
Bauhinia jenningsii	58

Especie	Abundancia
Bougainvillea buttiana	5
Bunchosia glabra	12
Callicarpa acuminata	1
Capparis cynophallophora	13
Casaeria corymbosa	16
Cascabela gaumeri	4
Cascabella thevetia	4
Casearia corymbosa	25
Chiococca alba	48
Chrysophyllum mexicanum	1
Coccoloba acapulcensis	1
Coccoloba diversifolia	7
Coccoloba spicata	8
Coccothrinax readii	8
Croton reflexifolius	3
Dryapetes brownii	27
Esenbeckia berlandieri	7
Eugenia capuli	12
Eugenia mayana	35
Exothea diphylla	1
Gymnopodium flobundum	6
Hampea trilobata	6
Hippocratea excelsa	4
Hyperbaena winzerlingii	2
Jacquinia aurantiaca	2
Jaquinia macrocarpa	1
Jatropha gaumeri	2
Lonchocarpus rugosus	9
Malvaviscus arboreus	9
Manilkara achras	12
Myrciaria floribunda	6
Nectandra coriacea	64
Neomillspaughia emarginata	6
Oxandra lanceolata	6
Paratesis cubana	4
Paulinia cururu	2
Psychotria nervosa	8
Randia abscordata	6
Randia aculeata	53
Sabal yapa	3

Especie	Abundancia
Samida yucatanensis	3
Sapranthus campechianus	3
Thrinax radiata	8
Zanthoxylum fagara	1
Zantoxylon caribaeum	5
TOTALES	**555**

Con 49 especies registradas y una abundancia de 555 individuos inventariados, tenemos que son dos las especies de mayor importancia, las cuales son *Nectandra coriacea* que representa el 11.53% del total de individuos y *Bauhinia jenningsii* con el 10.45%. Este grupo de especies representan apenas el 21.98% del total de los individuos presentes en el estrato arbustivo del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

Tabla 20. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Acacia cornigera	3	0.0054	-5.2204	-0.0282
Acaelorraphe wrigthi	10	0.0180	-4.0164	-0.0724
Amyris sylvatica	15	0.0270	-3.6109	-0.0976
Bauhinia jenningsii	58	0.1045	-2.2585	-0.2360
Bougainvillea buttiana	5	0.0090	-4.7095	-0.0424
Bunchosia glabra	12	0.0216	-3.8341	-0.0829
Callicarpa acuminata	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Capparis cynophallophora	13	0.0234	-3.7540	-0.0879
Casaeria corymbosa	16	0.0288	-3.5464	-0.1022
Cascabela gaumeri	4	0.0072	-4.9327	-0.0356
Cascabella thevetia	4	0.0072	-4.9327	-0.0356
Casearia corymbosa	25	0.0450	-3.1001	-0.1396
Chiococca alba	48	0.0865	-2.4478	-0.2117
Chrysophyllum mexicanum	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Coccoloba acapulcensis	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Coccoloba diversifolia	7	0.0126	-4.3731	-0.0552
Coccoloba spicata	8	0.0144	-4.2395	-0.0611
Coccothrinax readii	8	0.0144	-4.2395	-0.0611
Croton reflexifolius	3	0.0054	-5.2204	-0.0282
Dryapetes brownii	27	0.0486	-3.0231	-0.1471
Esenbeckia berlandieri	7	0.0126	-4.3731	-0.0552
Eugenia capuli	12	0.0216	-3.8341	-0.0829
Eugenia mayana	35	0.0631	-2.7636	-0.1743
Exothea diphylla	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Gymnopodium flobundum	6	0.0108	-4.5272	-0.0489

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Hampea trilobata	6	0.0108	-4.5272	-0.0489
Hippocratea excelsa	4	0.0072	-4.9327	-0.0356
Hyperbaena winzerlingii	2	0.0036	-5.6258	-0.0203
Jacquinia aurantiaca	2	0.0036	-5.6258	-0.0203
Jaquinia macrocarpa	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Jatropha gaumeri	2	0.0036	-5.6258	-0.0203
Lonchocarpus rugosus	9	0.0162	-4.1217	-0.0668
Malvaviscus arboreus	9	0.0162	-4.1217	-0.0668
Manilkara achras	12	0.0216	-3.8341	-0.0829
Myrciaria floribunda	6	0.0108	-4.5272	-0.0489
Nectandra coriacea	64	0.1153	-2.1601	-0.2491
Neomillspaughia emarginata	6	0.0108	-4.5272	-0.0489
Oxandra lanceolata	6	0.0108	-4.5272	-0.0489
Paratesis cubana	4	0.0072	-4.9327	-0.0356
Paulinia cururu	2	0.0036	-5.6258	-0.0203
Psychotria nervosa	8	0.0144	-4.2395	-0.0611
Randia abscordata	6	0.0108	-4.5272	-0.0489
Randia aculeata	53	0.0955	-2.3487	-0.2243
Sabal yapa	3	0.0054	-5.2204	-0.0282
Samida yucatanensis	3	0.0054	-5.2204	-0.0282
Sapranthus campechianus	3	0.0054	-5.2204	-0.0282
Thrinax radiata	8	0.0144	-4.2395	-0.0611
Zanthoxylum fagara	1	0.0018	-6.3190	-0.0114
Zantoxylon caribaeum	5	0.0090	-4.7095	-0.0424
49	**555**			
Índice de Shannon-Wiener (H)				**3.2906**
Máxima diversidad H' max =				**3.8918**
Equitatividad (J)				**0.8455**

Por otro lado, tenemos que la abundancia por especie presenta una notable uniformidad, ya que el índice de equitatividad es de 0.8455 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 15.45%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica es alta. También tenemos que, de acuerdo con el índice de diversidad de Margalef, cuyo es 7.5962 la biodiversidad se considera como alta; sin embargo, Simpson considera una diversidad muy alta, con un valor de 0.9440.

IV.2.2.2.3.1.3 Estrato Bajo

Tabla 21. Listado de las especies registradas en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Especie	Abundancia
Acrostichum danaeifolium	1

Amphilophium paniculathum	3
Anturio schlechtendalii	1
Anturio sp	6
Arrabidaea floribunda	46
Arrabidaea petellifera	8
Arrabidaea podopogon	6
Blechum sp.	20
Bromelia pinguin	3
Bromelia sp	1
Caladium bicolor	9
Chamaedorea seifrizii	7
Cnidoscolus aconitifolius	2
Coccothrinax readii	2
Croton malvaviciifolius	32
Cydista potosina	4
Diospyros albens	22
Elytraria imbricada	138
Galactica striata	5
Henrya insularis	12
Heteropterys laurifolia	3
Lasiacis divaricata	1
Lasiacis ligulata	32
Morinda yucatanensis	25
Oeceoclades maculata	5
Olyra glaberrima	3
Olyra yucatanensis	43
Oncidium luridium	12
Passiflora coriacea	1
Paulinia cururu	21
Petrea volubilis	1
Polypodium macrophyllum	12
Scleria lithosperma	11
Serjania adiantoides	7
Smilax mollis	8
Tillandsia brachycaulos	30
Zamia loddigesii	3
TOTALES	546

Con un total de 37 especies en el caso del estrato bajo y 546 individuos documentados, tenemos que solo una de ellas es la más importante: *Elytraria imbricata* con el 25.27% del número total de individuos presentes en dicho estrato.

Tabla 22. Índice de diversidad de Shannon-Wiener en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
Acrostichum danaeifolium	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Amphilophium paniculathum	3	0.0055	-5.2040	-0.0286
Anturio schlechtendalii	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Anturio sp	6	0.0110	-4.5109	-0.0496
Arrabidaea floribunda	46	0.0842	-2.4740	-0.2084
Arrabidaea petellifera	8	0.0147	-4.2232	-0.0619
Arrabidaea podopogon	6	0.0110	-4.5109	-0.0496
Blechum sp.	20	0.0366	-3.3069	-0.1211
Bromelia pinguin	3	0.0055	-5.2040	-0.0286
Bromelia sp	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Caladium bicolor	9	0.0165	-4.1054	-0.0677
Chamaedorea seifrizii	7	0.0128	-4.3567	-0.0559
Cnidoscolus aconitifolius	2	0.0037	-5.6095	-0.0205
Coccothrinax readii	2	0.0037	-5.6095	-0.0205
Croton malvaviciifolius	32	0.0586	-2.8369	-0.1663
Cydista potosina	4	0.0073	-4.9163	-0.0360
Diospyros albens	22	0.0403	-3.2116	-0.1294
Elytraria imbricada	138	0.2527	-1.3754	-0.3476
Galactica striata	5	0.0092	-4.6932	-0.0430
Henrya insularis	12	0.0220	-3.8177	-0.0839
Heteropterys laurifolia	3	0.0055	-5.2040	-0.0286
Lasiacis divaricata	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Lasiacis ligulata	32	0.0586	-2.8369	-0.1663
Morinda yucatanensis	25	0.0458	-3.0837	-0.1412
Oeceoclades maculata	5	0.0092	-4.6932	-0.0430
Olyra glaberrima	3	0.0055	-5.2040	-0.0286
Olyra yucatanensis	43	0.0788	-2.5414	-0.2001
Oncidium luridium	12	0.0220	-3.8177	-0.0839
Passiflora coriacea	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Paulinia cururu	21	0.0385	-3.2581	-0.1253
Petrea volubilis	1	0.0018	-6.3026	-0.0115
Polypodium macrophyllum	12	0.0220	-3.8177	-0.0839
Scleria lithosperma	11	0.0201	-3.9047	-0.0787
Serjania adiantoides	7	0.0128	-4.3567	-0.0559
Smilax mollis	8	0.0147	-4.2232	-0.0619
Tillandsia brachycaulos	30	0.0549	-2.9014	-0.1594
Zamia loddigesii	3	0.0055	-5.2040	-0.0286

Especie	Abundancia	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
37	546			
			Índice de Shannon-Wiener (H)	**2.8731**
			Máxima diversidad H' max =	**3.6109**
			Equitatividad (J)	**0.7957**

Se puede observar que la abundancia por especie presenta una regularidad intermedia, ya que el índice de equitatividad alcanza un valor de 0.7957 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 20.43%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica se encuentra en término medio tendiendo a ser alta. Asimismo, el índice de Simpson con 0.9028 nos dice que se trata de una diversidad biológica alta; al igual que para Margalef, con un valor de 5.7119 se considera que la biodiversidad es también alta.

IV.2.2.2.3.2 Composición de la vegetación del predio/Área de CUSTF

Tabla 23. Listado florístico presente en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
FABACEAE	*Acacia cornigera*	Subin	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	sak piche'	árbol	nativo	NA	madera
ARECACEAE	*Acaelorraphe wrigthi*	tasiste	palma	nativo	A	construcción
PTERIDACEAE	*Acrostichum danaeifolium*	babain	Hierba	nativo	NA	Sin uso
BIGNONIACEAE	*Amphilophium paniculathum*	sak ak'	Bejuco	nativo	NA	Sin uso
RUTACEAE	*Amyris sylvatica*	sak yuk	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
ARACEAE	*Anturium schlechtendalii*	boob tun	Hierba	nativo	NA	ceremonial
ARACEAE	*Anturium sp*	mimbre	Hierba	nativo	NA	ceremonial
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	bilin kook	Bejuco	nativo	NA	artesanal
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea petellifera*	anil kaab	Bejuco	nativo	NA	artesanal
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*	ak' xu'ux	Bejjuco	nativo	NA	artesanal
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	pata de vaca	Arbusto	Nativo	NA	construcción

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	chak ts'ulub tok'	Arbusto	Nativo	NA	Sin uso
ACANTHACEAE	*Blechum brownii*	ts'akalbak	Hierba	nativo	NA	Sin uso
NYCTAGINACEAE	*Bougainvillea buttiana*	carolina	Bejuco	nativo	NA	ornamental
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	Ts'ablay	Hierba	nativo	NA	Sin uso
BROMELIACEAE	*Bromelia sp*	Ch'u	epífita	nativo	NA	Sin uso
MALPIGHIACEAE	*Bunchosia glabra*	siipi che'	Arbusto	nativo	NA	Ritual
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	Cahakaj	árbol	endemico	NA	medicinal
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	Sak pah	árbol	nativo	NA	comestible
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	Kitamche'	árbol	nativo	NA	madera
FABACEAE	*Caesalpinia violacea*	chakte'	árbol	nativo	NA	madera
FABACEAE	*Caesalpinia yucatanensis*	xpakum	árbol	nativo	NA	combustible
ARACEAE	*Caladium bicolor*	taab kaanil	Hierba	nativo	NA	ornamental
LAMIACEAE	*Callicarpa acuminata*	xpuikim	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
CAPPARIDACEAE	*Capparis cynophallophora*	Box che'	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
FABACEAE	*Casaeria corymbosa*	ixiimche'	árbol	nativo	NA	construcción
APOCYNACEAE	*Cascabela gaumeri*	akiits	Arbusto	nativo	NA	medicinal
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	akiits	Arbusto	nativo	NA	ornamental
APOCYNACEAE	*Casearia corymbosa*	ixiimche'	Arbusto	nativo	NA	construcción
BOMBACACEAE	*Ceiba aesculifolia*	piim	árbol	nativo	NA	Sin uso

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
ARECACEAE	*Chamaedorea seifrizii*	xyaat	palma	nativo	NA	ornamental
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	Kanchaak-che'	Arbusto	nativo	NA	artesanal
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum mexicanum*	chi' keh	árbol	nativo	NA	comestible
EUPHORBIACEAE	*Cnidoscolus aconitifolius*	xtsah	Hierba	nativo	NA	medicinal
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	xtohyub	Arbusto	nativo	NA	artesanal
POLYGONACEAE	*Coccoloba cozumelensis*	boob	árbol	nativo	NA	madera
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	bo'oy ch'iich'	árbol	nativo	NA	madera
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	sak bo'oy ch'iich'	árbol	nativo	NA	madera
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	boob	árbol	nativo	NA	madera
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	nak'as	palma	nativo	A	construcción
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	Bojom	árbol	nativo	NA	madera
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	ciricote	árbol	nativo	NA	madera
EUPHORBIACEAE	*Croton malvaviciifolius*	susub yuk	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
EUPHORBIACEAE	*Croton reflexifolius*	p'e'es kuts	árbol	nativo	NA	medicinal
LYTHRACEAE	*Cuphea utriculosa*	k'u ch'el	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	ek' k'iix	Bejuco	nativo	NA	amarre
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	sak chakah	árbol	nativo	NA	resina
EBENACEAE	*Diospyros albens*	Silil	árbol	nativo	NA	combustible
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	uchulche'	árbol	nativo	NA	construcción

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
EBENACEAE	*Diospyros salicifolia*	box uchulche'	árbol	nativo	NA	construcción
FABACEAE	*Diphysa carthagenensis*	ts'uts'uk	árbol	nativo	NA	madera
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	p'i'ih	árbol	nativo	NA	madera
ACANTHACEAE	*Elytraria imbricada*	kambal xa'an	Hierba	nativo	NA	Sin uso
RUTACEAE	*Esenbeckia berlandieri*	jok'ob	Arbusto	nativo	NA	artesanal
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	sak loob	árbol	nativo	NA	construcción
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	sak ok loob	árbol	nativo	NA	construcción
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	sabak che'	árbol	nativo	NA	construcción
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	kopo'	árbol	nativo	NA	forrajera
MORACEAE	*Ficus obtucifolia*	sak awuah	árbol	nativo	NA	forrajera
MORACEAE	*Ficus pertusa*	ju'un ch'iich'	árbol	nativo	NA	forrajera
FABACEAE	*Galactica striata*	k'axab yuk	Bejuco	Nativo	NA	forrajera
FABACEAE	*Gliricidia sepium*	sak ya'ab	árbol	Nativo	NA	cerca viva
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	tastaab	árbol	nativo	NA	cerca viva
RUBIACEAE	*Guettarda elliptica*	Subin	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	Ts'its'ilche'	árbol	nativo	NA	melífera
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	hool	Arbusto	nativo	NA	fibra
ACANTHACEAE	*Henrya insularis*	akan xiw	Hierba	nativo	NA	Sin uso
MALPIGHIACEAE	*Heteropterys laurifolia*	pepen ak'	Bejuco	nativo	NA	Sin uso
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	sak boob	árbol	nativo	NA	construcción
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	chooch kitam	Arbusto	nativo	NA	Sin uso

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
THEOPHRASTACEAE	*Jacquinia aurantiaca*	pincha huevo	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
THEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	yaak' t'eel	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	pomolche'	Arbusto	nativo	NA	medicinal
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	siit	pasto	nativo	NA	utensilio
POACEAE	*Lasiacis ligulata*	kambal siit	pasto	nativo	NA	Sin uso
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	k'analsin	árbol	nativo	NA	construcción
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	tsalam	árbol	nativo	NA	madera
MALPIGHIACEAE	*Malpighia clavera*	capulincillo	árbol	nativo	NA	Sin uso
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	bisi' che'	Arbusto	nativo	NA	melífera
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	Ya'	árbol	endemico	NA	madera
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	cheechem	árbol	nativo	NA	madera
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	piña kan	Hierba	nativo	NA	Sin uso
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	ki'bok che'	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	laurelillo	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*	pinta uña	árbol	nativo	NA	Sin uso
POLYGONACEAE	*Neomillspaughia emarginata*	sak itsab	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
ORCHIDACEAE	*Oeceoclades maculata*	archidea tierra	Hierba	nativo	NA	Sin uso
POACEAE	*Olyra glaberrima*	tsapal su'uk	pasto	nativo	NA	Sin uso

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
POACEAE	*Olyra yucatanensis*	tok' su'uk	pasto	nativo	NA	Sin uso
ORCHIDACEAE	*Oncidium luridium*	aojo che'	epifita	nativo	NA	Sin uso
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	box ele'muy	árbol	nativo	NA	madera
MYRSINACEAE	*Paratesis cubana*	chamalche'	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
PASSIFLORACEAE	*Passiflora coriacea*	xiik' so'ots'	Hierba	nativo	NA	Sin uso
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	ch'em ak'	Bejuco	nativo	NA	Sin uso
	Petrea volubilis	op tsimin	Bejuco	nativo	NA	forrajera
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	ja'abin	árbol	nativo	NA	madera
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	subin che'	árbol	endemico	NA	madera
APOCYNACEAE	*Plumeria obtusa*	sak nikte'	árbol	nativo	NA	cerca viva
POLYPODIACEAE	*Polypodium macrophyllum*	sisah ch'en	Hierba	nativo	NA	Sin uso
SAPOTACEAE	*Pouteria campechiana*	k'aniste'	árbol	nativo	NA	comestible
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	ya'ax k'anan	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
RUBIACEAE	*Randia abscordata*	kat och	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	peech kitam	Arbusto	nativo	NA	tinta
VERBENACEAE	*Rehdera trinervis*	sak wisil che'	árbol	nativo	NA	construcción
ARECACEAE	*Sabal mexicana*	bon xaán	palma	nativo	NA	construcción
ARECACEAE	*Sabal yapa*	xa'an	palma	nativo	NA	construcción
SALICACEAE	*Samida yucatanensis*	mukuyche'	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
ANNONACEAE	*Sapranthus campechianus*	sak ele'muy	Arbusto	nativo	NA	Sin uso

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Vida	ORIGEN	NOM 059	USOS
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	ok nom	pasto	nativo	NA	Sin uso
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	p'ak ak'	Bejuco	nativo	NA	melífera
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	box puts' mukuy	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
SIMAROUBACEAE	*Simarouba glauca*	pa' sak che'	árbol	nativo	NA	madera
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	koh kej	Bejuco	nativo	NA	medicinal
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	k'atal oox	árbol	nativo	NA	madera
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	Waya país	árbol	nativo	NA	comestible
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidentata*	k'anchunub	árbol	nativo	NA	melífera
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	´ch'iit	palma	nativo	A	escobas
BROMELIACEAE	*Tillandsia brachycaulos*	ch'u'	epífita	nativo	NA	Sin uso
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	ch'oben che'	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	chak ch'oben	Arbusto	nativo	NA	Sin uso
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	ya'ax nik	árbol	nativo	NA	madera
ZAMIACEAE	*Zamia lodigesii*	chak wah	palma	nativo	A	Sin uso
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*	tankas che'	Arbusto	nativo	NA	medicinal
RUTACEAE	*Zantoxylon caribaeum*	sina'an che'	Arbusto	nativo	NA	medicinal
FLACOURTIACEAE	*Zuelania guidonia*	tamay	árbol	nativo	NA	madera

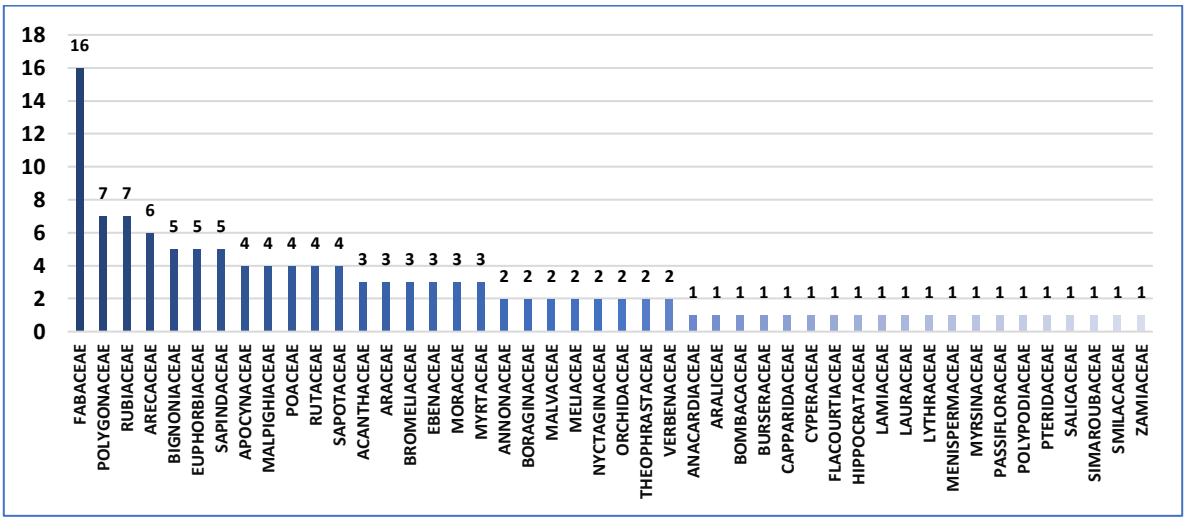


Figura 37. Número de especies por familia botánica en el CUSTF

La vegetación presente en el área del CUSTF, comprende en conjunto 46 familias botánicas y 125 especies, de las cuales, aquella con mayor riqueza es la fabaceae con 16 especies, le siguen las polygonaceae y rubiaceae con siete cada una, luego están las arecaceae con seis, después están las bignoniaceae, euphorbiaceae y sapindaceae con tres especies respectivamente, le siguen las apocynaceae, malpighiaceae, poaceae, rutaceae y sapotaceae con cuatro especies cada una y luego están las familias acanthaceae, araceae, bromeliaceae, ebenaceae, moraceae y myrtaceae con tres especies cada una de ellas. El resto de las familias se encuentra representada por una o dos especies.

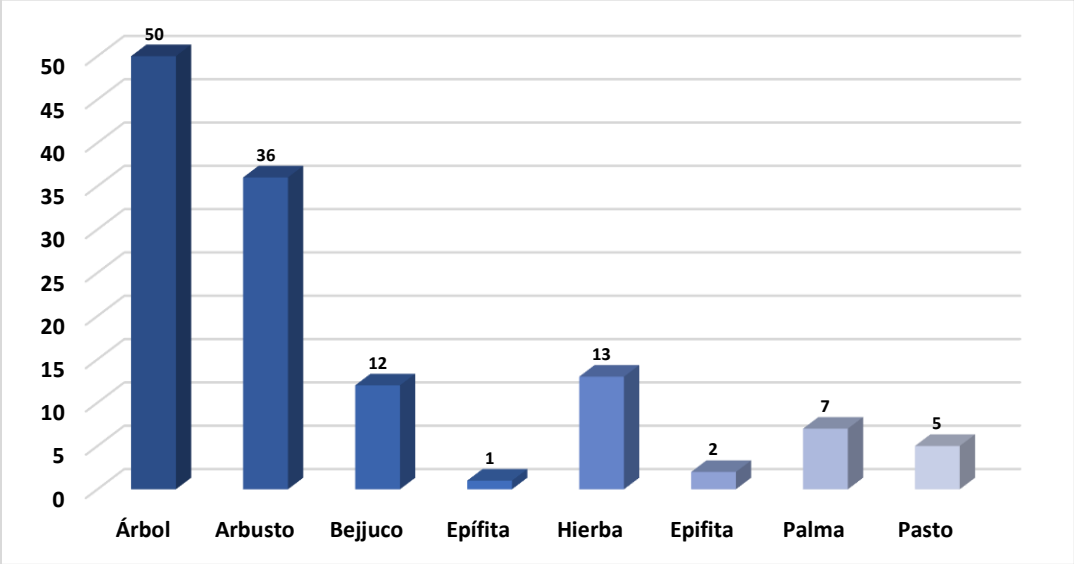


Tabla 24. Riqueza específica por forma de vida en el área propuesta para el proyecto (CUSTF)

Con un 39.68% del total de las especies que fueron documentadas, la forma de vida más común son los árboles, le siguen los arbustos con un 28.57%, luego están las hierbas con el 10.32%, le siguen los bejucos con 9.52%, le siguen las palmas con 5.56% de las especies, luego están los pastos con

un 3.97% y finalmente las epífitas que comprende el 1.59% de la riqueza total en el área propuesta para el cambio de uso de suelo.

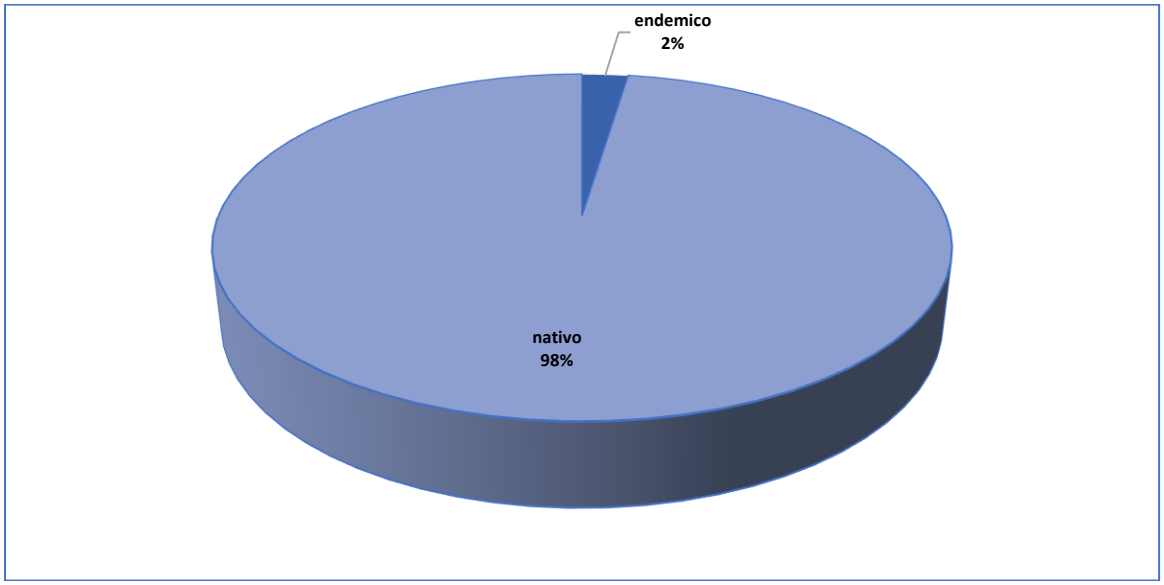


Figura 38. Distribución de especies por origen en el área propuesta para el proyecto (CUSTF).

Del total de las especies presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), podemos observar que el 98% son nativas y el restante 2% son endémicas.

IV.2.2.2.3.3 Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 presentes en el CUSTF

En total fueron documentadas, tres especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010** las cuales son *Acaelorraphe wrigthi, Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata,* todas consideradas como **amenazadas (A).**

IV.2.2.3 Caracterización de la fauna del SAR

IV.2.2.3.1 Distribución potencial

El estado de Quintana Roo alberga una gran biodiversidad, tanto animal como vegetal, también es la región del país con mayor crecimiento poblacional, lo que representa una presión constante sobre sus recursos naturales, debido al desarrollo urbano. En el estado existen 23 áreas naturales protegidas bajo distintas categorías y adscripciones, que ocupan cerca de 25.3 % del territorio.

Aves

Las aves son uno de los grupos de vertebrados más exitosos y diversos del mundo. Gracias a su gran capacidad de adaptación ocupan prácticamente todos los ambientes de nuestro planeta, desde el ecuador hasta los polos, desde el mar abierto hasta las altas montañas y desde las selvas húmedas hasta los desiertos. México es privilegiado en cuanto a ornitofauna, ocupa el undécimo lugar en número de especies, con 1,124 que representa el 10.6% del total de especies del mundo, de las cuales 109 son endémicas (CONABIO, 2021b).

Quintana Roo cuenta con el registro de 483 especies de aves –incluidas dos especies introducidas– de 71 familias que representan 88 % de las especies de aves en la Península de Yucatán (MacKinnon H., 2005), 44 % de las aves en México y 4.8 % de las aves en el mundo. Entre ellas, 124 son acuáticas y 359 terrestres.

Por lo que respecta a las aves acuáticas, en el estado existen importantes colonias reproductivas de pelícano café, cormoranes, fragatas, garzas y el galletán, entre otros. De las aves terrestres, la familia de los mosqueros (Tyrannidae) es la que tiene más especies, 43, y la de gusaneros (Parulidae), en su mayoría aves migratorias, tiene 40. Es importante notar que el principal alimento de las dos familias son los insectos, por lo que adquieren importancia para el control de plagas. Por la ubicación de la Península de Yucatán, entre dos mares, pasan aproximadamente mil millones de aves migratorias cada otoño y primavera entre Norte y Sudamérica (Greenberg, 1990); de las cuales, 110 especies pasan el invierno en el estado y 44 siguen su viaje más al sur. Aparte, unas 61 especies de aves han llegado como vagos u ocasionales, por estar afuera de su distribución normal. En la primavera llegan cinco especies de Sudamérica y otras cinco del Caribe para anidar en el estado; en otoño regresan a sus "casas" de invierno. Por su aislamiento, el estado de Quintana Roo cuenta con 13 especies de aves endémicas de la región de la península, el norte de Belice y el Petén de Guatemala.

De igual manera, se registran 43 especies de aves en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, como el halcón selvático de collar (*Micrastur semitorquatus*) y el loro frente blanca (*Amazona albifrons*), ambas Sujetas a protección especial; el tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*) y el guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*), catalogadas como Amenazadas; todas las anteriores observadas durante las visitas de campo de la propuesta de ANP; así como el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*) y el mosquero real (*Onychorhynchus coronatus*), catalogadas En peligro de extinción conforme a dicha Norma (Anexo 2; DOF, 2019).

Reptiles

En México se registran 864 especies de reptiles, por lo que es el segundo país con más especies después de Australia (880 especies). La proporción de los reptiles que habitan en el país es sobresaliente, ya que se distribuye el 45% de las familias de reptiles del mundo, y el 14% de los géneros. Adicionalmente, más de la mitad de estas especies son endémicas a nuestro territorio (57%) (Flores-Villela, 1993; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014, CONABIO, 2020a).

A la fecha, Quintana Roo cuenta con 23 familias, 72 géneros y 106 especies de las 140 reportadas para la Península de Yucatán (75 %), lo cual representa cerca del 13 % de la riqueza nacional y 1.3 % de la riqueza mundial (Calderón Mandujano y Mo raTembre,2004; Cedeño Vázquez y colaboradores, 2003; Lee, 1996). Dos especies de cocodrilos, 14 de tortugas, 39 de lagartijas y 51 de serpientes componen la riqueza de este grupo en el estado. De ellas, 17 son endémicas de la Península de Yucatán.

En relación con su estado de protección a nivel nacional (Semarnat, 2019), encontramos 28 especies sujetas a protección especial (Pr), 10 amenazadas (A) y seis en peligro de extinción (P). Algunas especies que se encuentran en la categoría de Sujeta a protección especial de la NOM-059-

SEMARNAT-2010 son, la tortuga pecho quebrado labios blancos (*Kinosternon leucostomum*), el lemacto coronado (*Laemanctus serratus*), la víbora de cascabel (*Crotalus durissus*) y la culebra labios blancos maya (*Symphimus mayae*). En la categoría de Amenazada se registran especies como la cuija yucateca (*Coleonyx elegans*), la culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*) y la iguana espinosa rayada (*Ctenosaura similis*)

En el plano internacional, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera 43 especies en sus diferentes categorías, ocho de las cuales también se encuentran en alguno de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

Mamíferos

Los mamíferos son uno de los grupos más conspicuos de las comunidades terrestres de vertebrados y poseen una serie de características internas y externas que los han llevado a ser exitosos en prácticamente todos los ecosistemas del mundo. En México los mamíferos forman un grupo altamente diverso, ubicando al país en el tercer lugar mundial con 564 especies silvestres, alcanzando aproximadamente el 10% de la diversidad total (Sánchez-Cordero et al., 2014; CONABIO, 2020a).

En Quintana Roo habitan 114 especies (spp) de mamíferos terrestres, 96.6 % de los registrados en la Península de Yucatán (118 spp), 23.5 % de México (485 spp) 2.5 % del mundo (4 509 spp).
Las familias más diversas del es t ad o pertenecen a los murciélagos (Phyllostomidae, Vespertilionidae, Molossidae, con 31, 10 y 9 especies respectivamente) y a los roedores (Muridae con 10 spp). También los géneros con mayor número de especies pertenecen a los murciélagos (Molossus, 4 spp; Artibeus, Pteronotus, Eumops y Lasiurus, 3 spp cadauno). De las 114 especies, 34 (30.1%) están incluidas en la Norma Oficial Mexicana de Protección al Ambiente NOM 059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2019): 11 en peligro de extinción, 15 amenazadas, y ocho sujetas a protección especial. Quintana Roo tiene tres especies endémicas, el tejón de Cozumel, el mapache enano y el ratón de Cozumel.

Aunque la mastofauna de la región es menos diversa que la de otras regiones del centro y occidente de México, sus atributos taxonómicos y filogenéticos la diferencian de la de otras zonas de Centro y Sur América. Por ejemplo, presenta pocas especies endémicas, baja riqueza de especies restringidas y un mayor número de especies con intervalos de distribución amplios, por lo que la probabilidad de que se registren los mismos mamíferos en dos sitios es elevada.

IV.2.2.3.2 Metodología de muestreo

Para el presente DTU-B, se caracterizó la fauna en el área del SAR utilizando un muestreo dirigido mediante el establecimiento de 5 transectos en banda a caminata libre, recorriendo una distancia de 500 metros en línea recta, con un buffer de 5 metros de cada lado del transecto, dando una superficie recorrida en cada transecto de 5000 metros cuadrados (0.5 ha), donde se llevó a cabo la siguiente metodología:

Durante el recorrido en los transectos, se registraron todos los individuos observados directamente y que se encontraran dentro del buffer del transecto establecido.

Para el caso de las aves, adicionalmente, el conteo se realizó mediante los cantos o vocalizaciones que se escucharan durante el recorrido, además, mediante el uso de binoculares, se hicieron pausas cada 50 metros para poder ubicar mediante los binoculares y toma de fotografía cuando fuera posible de las aves que se encontraran en las ramas de los árboles, llevando un registro de los ejemplares observados y el método como fueron detectados (observación directa, vocalización, fotografía etc). Estas actividades se realizaron en un horario de 6:00 a 11:00 horas por ser el horario de mayor actividad de este grupo de fauna, así como de 17:00 a 19:00 h.

En el caso de anfibios y reptiles, durante el recorrido se hizo la revisión de cada hábitat potencial, tales como: piedras, grietas, cuerpos de agua y madrigueras o cualquier otro sitio que pudiera funcionar como refugio para este grupo. La búsqueda y en su caso contención para identificación de la especie se realizó directamente a mano utilizando guantes de seguridad y con ayuda de gancho herpetológico, posteriormente se liberaron en el mismo sitio donde fueron localizados, en los casos que no fue posible su captura, se observaron y fotografiaron a la distancia, siendo el tiempo de manipulación no mayor a 5 minutos para evitar tensión en los individuos. Los recorridos se realizaron durante el día en un horario de 11:00 a 14:00 h y de 16:00 a 18:00.

Para mamíferos se llevaron a cabo los recorridos buscando zonas potenciales con presencia de mamíferos grandes, medianos y pequeños mediante el reconocimiento de rastros de fauna silvestre (heces, madrigueras, cadáveres, huellas y pelaje).

Se realizó el registro fotográfico de todas las evidencias directas e indirectas encontradas que permitieran elaborar los listados de fauna correspondientes por especie.
Estas actividades se realizaron en un horario de 6:00 a 11:00 horas por ser el horario de mayor actividad de este grupo de fauna, así como de 17:00 a 19:00 h.

Tabla 25. Coordenadas UTM Z16 de los transectos empleados para fauna en el SAR.

Transecto	X	Y
1 inicio	494733.01	2292440.06
1 fin	495123.93	2292126.99
2 inicio	496601.02	2291170.88
2 fin	497007.04	2290878.15
3 inicio	490494.00	2293216.91
3 final	490827.07	2293592.08
4 inicio	491049.01	2291666.01
4 final	491438.13	2291352.86
5 inicio	493536.71	2291295.97
5 final	493877.00	2290933.10



Figura 39. Transectos de muestreo para fauna en el SAR.

IV.2.2.3.3 Riqueza y curva de acumulación de especies

Como resultado se obtuvo el registro de 43 especies de fauna silvestre con 218 individuos, pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 181 individuos registrados pertenecientes a 31 especies, 09 órdenes, 17 familias y 29 géneros; seguido en orden de importancia está el grupo de los mamíferos con 32 individuos registrados, pertenecientes a 08 especies distribuidas en 04 órdenes, 06 familias y 08 géneros; y finalmente los reptiles con 05 individuos registrados, pertenecientes a 04 especies, 03 órdenes, 04 familias y 04 géneros. No se encontraron anfibios.

Tabla 26. Tabla de abundancia de los diferentes grupos faunísticos en el SAR.

Grupo	Ordenes	Familias	Especies	Organismos	Organismos (%)	Especies (%)
Aves	9	17	31	181	83.02	72
Mamíferos	4	6	8	32	14.6	18.6
Reptiles	3	4	4	5	2.4	9.4
Total	**16**	**27**	**43**	**218**	**100**	**100**

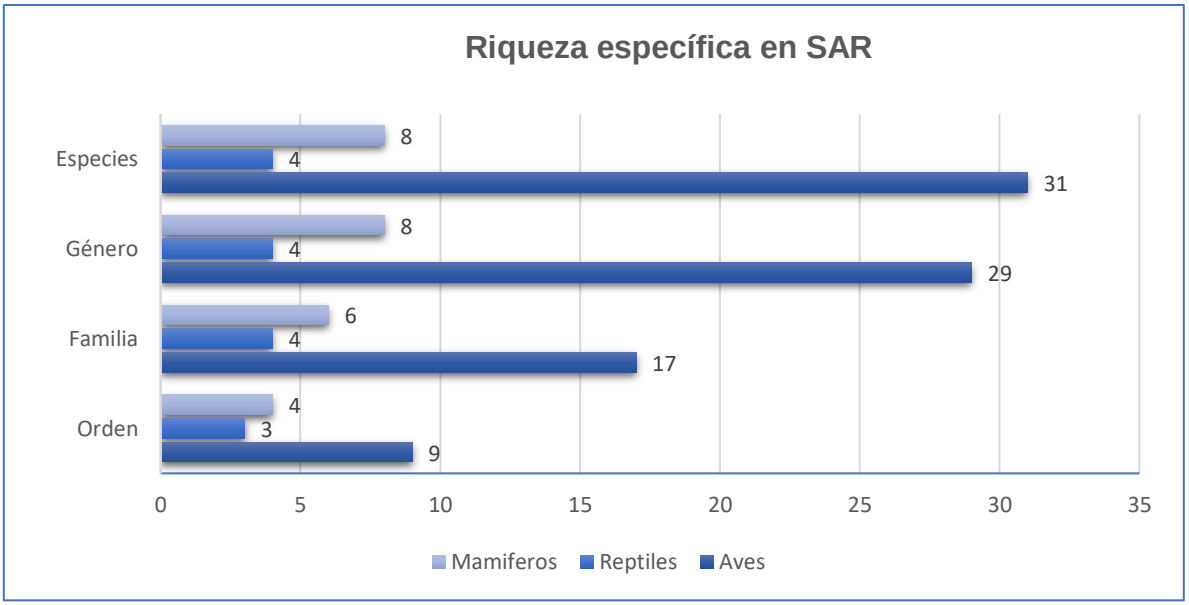


Figura 40. Número de órdenes, familias géneros y especies encontrados en el SAR.

Tabla 27. Listado de especies de fauna silvestre encontradas en el SAR.

No	Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Gavilán caminero
2	Aves	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra
3	Aves	Columbiformes	Columbidae	*Columba livia*	Paloma común
4	Aves	Columbiformes	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela
5	Aves	Columbiformes	Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma

No	Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
6	Aves	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar
7	Aves	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Tórtola aliblanca
8	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde
9	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca
10	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea
11	Aves	Galliformes	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca
12	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Pijuy
13	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	golondrina pueblera
14	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Amblycercus holosericeus*	Cacique piquiclaro
15	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor
16	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor
17	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor
18	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate
19	Aves	Passeriformes	Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle
20	Aves	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo
21	Aves	Passeriformes	Parulidae	*Parkesia sp*	Chipe arroyero
22	Aves	Piciformes	Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco
23	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca
24	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio
25	Aves	Passeriformes	Thraupidae	*Saltator atricep*	Saltador cabeza negra
26	Aves	Passeriformes	Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo
27	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso
28	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero
29	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
30	Aves	Strigiformes	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de Campanario
31	Aves	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero
32	Reptiles	Squamata	Colubridae	*Leptophis ahaetulla*	Culebra perico
33	Reptiles	Squamata	Dactyloidae	*Anolis sagrei*	Lagartija común
34	Reptiles	Testudines	Emydidae	*Trachemys venusta*	tortuga jicotea
35	Reptiles	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada
36	Mamiferos	Primates	Atelidae	*Ateles geoffroyi*	Mono araña
37	Mamiferos	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	zorra gris
38	Mamiferos	Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca

No	Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
39	Mamiferos	Artiodactyla	Cervidae	*Mazama americana*	venado temazate
40	Mamiferos	Rodentia	Dasyproctidae	*Dasyprocta punctata*	Sereque
41	Mamiferos	Carnivora	Procyonidae	*Nasua narica*	Coati
42	Mamiferos	Carnivora	Procyonidae	*Procyon lotor*	mapache
43	Mamiferos	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla

Representatividad y suficiencia de muestreo

Para determinar la suficiencia del muestreo se obtuvieron las curvas de acumulación de especies (Jiménez-Valverde y Hortal-Ramírez, 2003), debido a que los resultados de las curvas proveen información sobre la eficiencia de muestreo y dan certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna en la microcuenca.

Para evaluar la eficiencia del muestreo y estimar la riqueza máxima de especies presentes en el sistema ambiental, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa StimateS V. 9.1.0 (Colwell, 2013). El programa utiliza varios estimadores, de los cuales se utilizaron 2 de ellos, que son Chao 1 y Boostrap, los cuales se describen a continuación.

Chao 1. Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra.

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

S= número de especies en una muestra.
a= es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de "singletons").
b= es el número de especies representadas por exactamente 2 individuos en la muestra (número de "doubletons").
Boostrap. Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en pj, la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

$$B = S + \sum (1 - pj)^n$$

Como resultado de esto, se presentan la curva de acumulación del sistema ambiental para dar certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna.

SAR	S Obs	Chao 1	Bootstrap
Todos los grupos	43	52.39	50.24

Certeza de muestreo para las especies de vertebrados registrados a nivel de SAR.

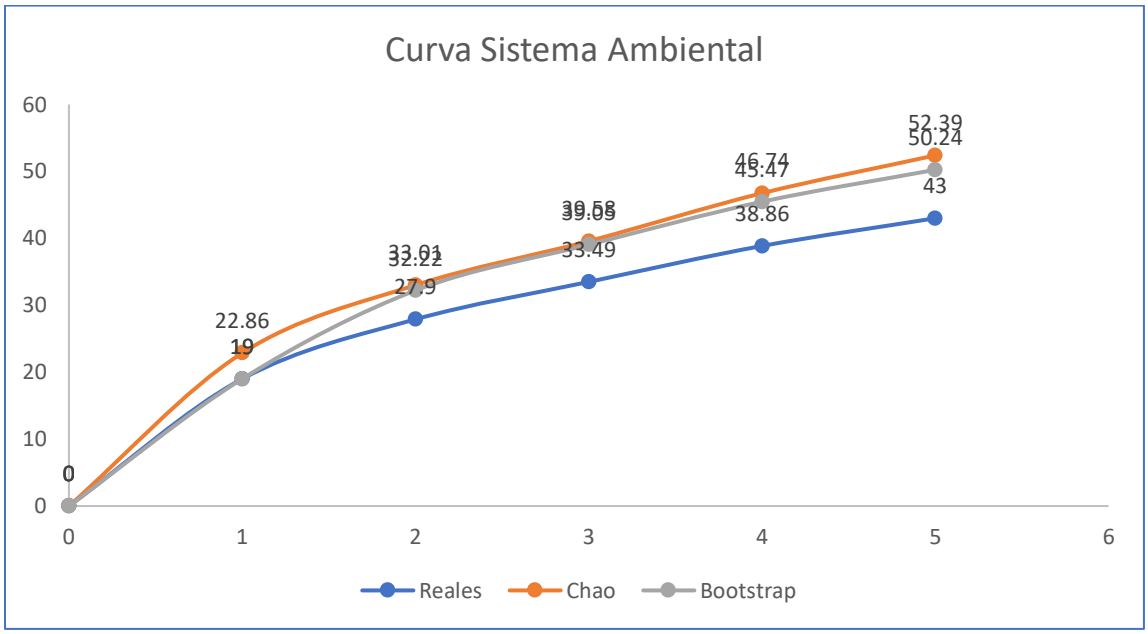


Figura 41. Curva de acumulación de especies para el caso del Sistema Ambiental

IV.2.2.3.3.1 Ornitofauna

Para las aves, estas fueron identificadas mediante las guías de MacKinnon, H. (2013) y Edwards, E. P. (1998)., la taxonomía y nombres actuales fueron consultadas a través de la página enciclovida, la cual es una plataforma de consulta creada por la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 181 organismos, de 31 especies pertenecientes a 29 familias y 17 órdenes ornitológicos, la familia más representada fue Columbidae e Icteridae, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 28. Listado de aves encontradas en el SAR.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Gavilán caminero	1
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra	6
Columbidae	*Columba livia*	Paloma común	4
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	8
Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma	3
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar	1
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Tórtola aliblanca	1
Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	2
Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	18

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea	10
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	12
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Pijuy	2
Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	golondrina pueblera	34
Icteridae	*Amblycercus holosericeus*	Cacique piquiclaro	5
Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor	1
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor	4
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor	3
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	1
Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle	5
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2
Parulidae	*Parkesia sp*	Chipe arroyero	1
Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco	13
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	6
Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio	7
Thraupidae	*Saltator atricep*	Saltador cabeza negra	4
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo	1
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	7
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero	9
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	6
Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de Campanario	1
Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	3
TOTAL			**181**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de aves encontradas en el Sistema Ambiental, resumiéndose en la siguiente gráfica.

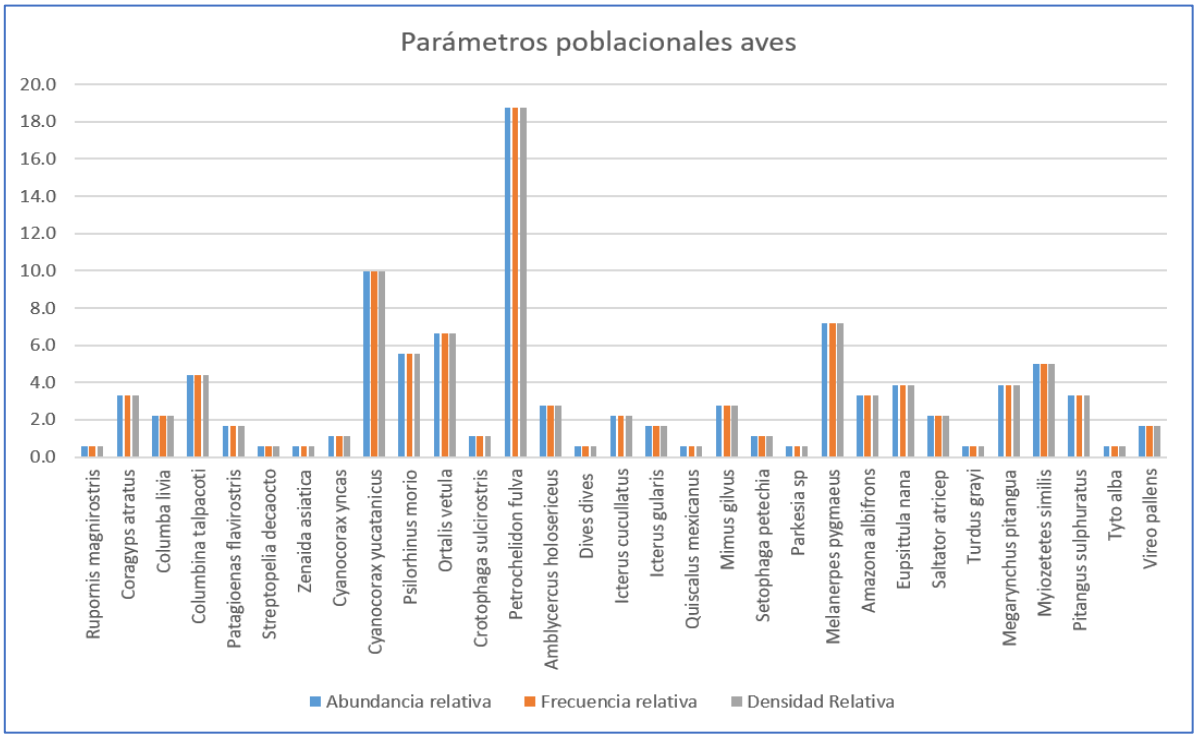


Figura 42. Parámetros poblacionales de las aves en el Sistema Ambiental

IV.2.2.3.3.2 Herpetofauna

Una vez hecha la búsqueda sobre y debajo de rocas, en troncos y hojarasca, así como dentro de grietas donde pueden habitar especies de anfibios y reptiles; registrando: observación directa, huellas, rastro, excretas y/o madrigueras. Para la identificación de las especies se utilizaron: i) fotografías tomadas en campo, ii) guías de campo para la identificación de reptiles, iii) claves para anfibios y reptiles de Casas Andreu y McCoy (1979), Calderón-Mandujano, R. (2008). Asimismo, en las unidades de muestreo empleadas para la vegetación se recorrieron a una velocidad baja, y se registraron los ejemplares observados directamente. En ambas técnicas se emplearon ganchos herpetológicos y uso de protección como polainas para la seguridad del equipo técnico. Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 5 organismos, de 4 especies pertenecientes a 4 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 29. Reptiles registrados en el SAR

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Colubridae	Culebra perico	*Leptophis ahaetulla*	1
Dactyloidae	Lagartija comun	*Anolis sagrei*	2
Emydidae	tortuga jicotea	*Trachemys venusta*	1
Iguanidae	Iguana rayada	*Ctenosaura similis*	1
TOTAL			**5**

No se encontraron ejemplares de anfibios durante los muestreos.

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de reptiles encontradas en el Sistema Ambiental, resumiéndose en la siguiente gráfica.

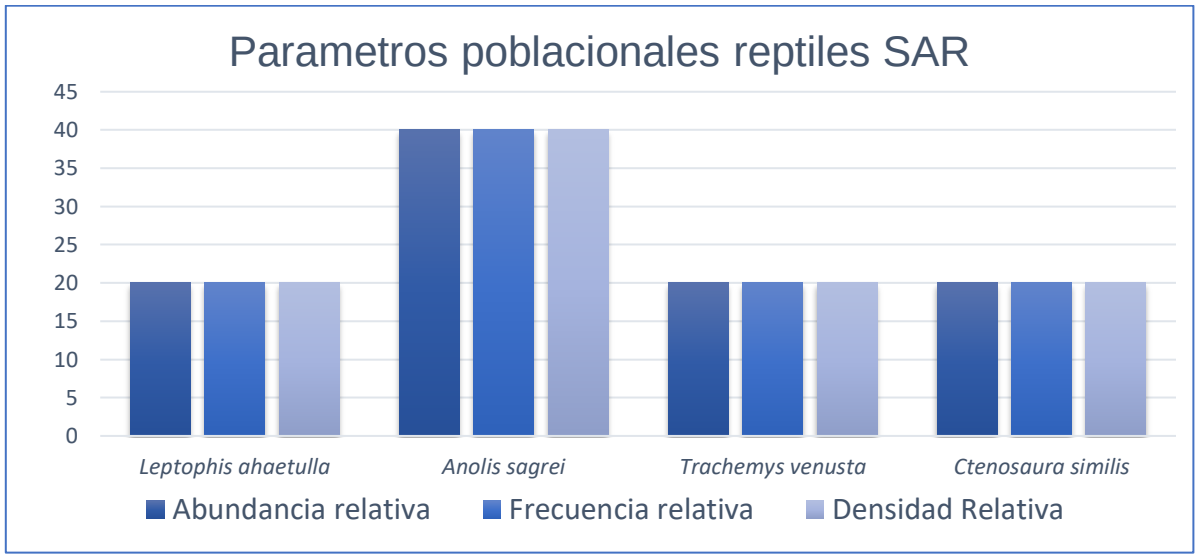


Figura 43. Parámetros poblacionales de los reptiles en el SAR.

IV.2.2.3.3.3 Mastofauna

Para el registro de los mamíferos presentes en el área del SAR, se realizaron observaciones directas e indirectas (excretas, huellas, rastros y en su caso madrigueras), método que se utiliza para contabilizar los individuos de cada especie en un área determinada (Alcérreca Aguirre, et al 2009).

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 19 organismos, de 8 especies pertenecientes a 7 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 30. Mamíferos registrados en el SAR

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Atelidae	Mono araña	*Ateles geoffroyi*	3
Canidae	zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	4
Cervidae	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	4
Cervidae	venado temazate	*Mazama americana*	2
Dasyproctidae	Sereque	*Dasyprocta punctata*	1
Procyonidae	Coati	*Nasua narica*	3
Procyonidae	mapache	*Procyon lotor*	2
Sciuridae	Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	13
TOTAL			**32**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de mamíferos encontrados en el Sistema Ambiental, resumiéndose en la siguiente gráfica.

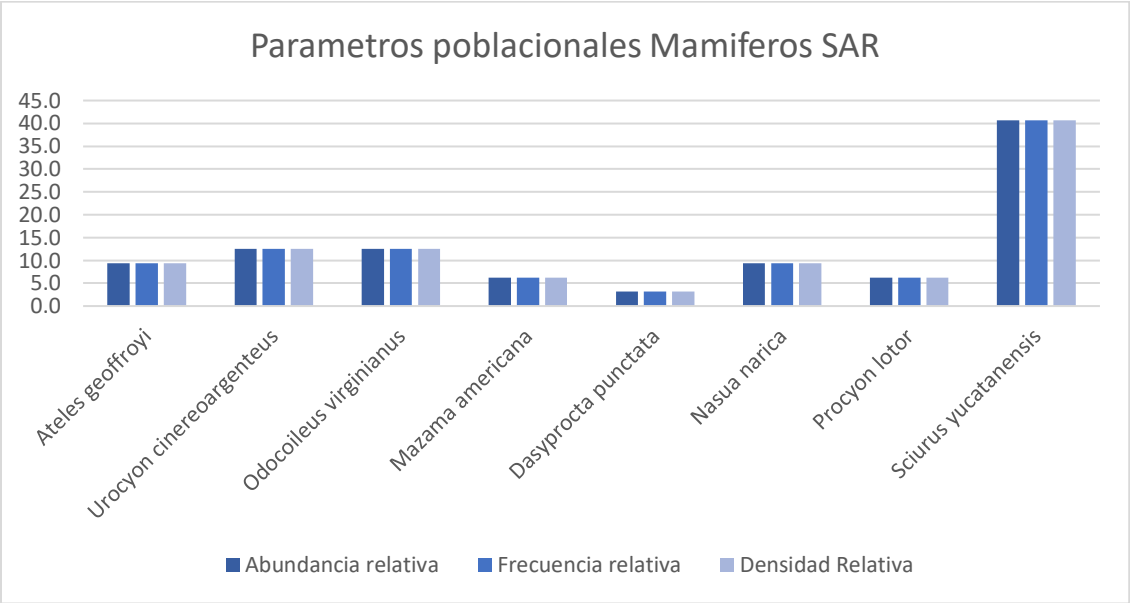


Figura 44. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el Sistema Ambiental

IV.2.2.3.4 Especies amenazadas

Del total de especies de vertebrados reportados para el sistema ambiental , el perico pecho sucio (*Eupsittula nana*) y el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) se encuentran listadas en esta Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de Especie Sujeta a Protección Especial (Pr), mientras que la iguana rayada (*Ctenosaura similis*), se encuentra listada en esta Norma Oficial Mexicana como especies Amenazada (A) y el mono arana (*Ateles geoffroyi*), se encuentra listada como especie En Peligro de Extinción (P).

IV.2.2.3.5 Índices de diversidad

Índice de Shannon-Wiener y Simpson

Para estimar la diversidad de la fauna presente en el Sistema Ambiental, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que los individuos fueron seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra de determinado número de especies y un número de individuos conocido (Moreno 2001). Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando toda la comunidad tenga una distribución de abundancia perfectamente equitativa.

Los ecosistemas con valores menores a 2 muestran una biodiversidad baja, mientras que los hábitats con valores superiores a 3 presentan una diversidad alta, por lo que los valores entre 2.1 a 2.9 se consideran como moderados (Moreno, 2001).

Este índice se basa en el supuesto de que a medida que incrementa el número de especies, el índice se incrementa también; en teoría puede alcanzar altos valores, sin embargo, en la práctica el valor más alto que se ha encontrado para las comunidades biológicas es de 5 (Kreebs 1998), y se calcula como:

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

Donde:

H= Índice de Shannon-Wiener
S = número total de especies.
∑i =1 = número total de individuos.
Pi = abundancia relativa de la especie i.
ln Pi = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

A la vez, se lleva a cabo el cálculo del índice de Simpson, el cual, considera el número de parejas de individuos escogidos al azar que deberíamos tomar hasta conseguir una pareja de la misma especie, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^{S} Pi2}$$

Donde:

D = Diversidad de Simpson
S = número total de especies.
∑i =1 = número total de individuos.
Pi = abundancia relativa de la especie i.

En relación a los índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson, por grupo faunístico son los siguientes:

Tabla 31. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de aves en el SAR.

Aves					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*LnPi**	**Pi^2**
Gavilán caminero	*Rupornis magnirostris*	1	0.006	-0.029	0.000
Zopilote cabeza negra	*Coragyps atratus*	6	0.033	-0.113	0.001
Paloma común	*Columba livia*	4	0.022	-0.084	0.000

Aves					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*LnPi**	**Pi^2**
Tortolita canela	*Columbina talpacoti*	8	0.044	-0.138	0.002
Paloma	*Patagioenas flavirostris*	3	0.017	-0.068	0.000
Paloma de collar	*Streptopelia decaocto*	1	0.006	-0.029	0.000
Tórtola aliblanca	*Zenaida asiatica*	1	0.006	-0.029	0.000
Chara verde	*Cyanocorax yncas*	2	0.011	-0.050	0.000
Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	18	0.099	-0.230	0.010
Chara pea	*Psilorhinus morio*	10	0.055	-0.160	0.003
Chachalaca	*Ortalis vetula*	12	0.066	-0.180	0.004
Pijuy	*Crotophaga sulcirostris*	2	0.011	-0.050	0.000
golondrina pueblera	*Petrochelidon fulva*	34	0.188	-0.314	0.035
Cacique piquiclaro	*Amblycercus holosericeus*	5	0.028	-0.099	0.001
Tordito cantor	*Dives dives*	1	0.006	-0.029	0.000
Calandria menor	*Icterus cucullatus*	4	0.022	-0.084	0.000
Calandria mayor	*Icterus gularis*	3	0.017	-0.068	0.000
Zanate	*Quiscalus mexicanus*	1	0.006	-0.029	0.000
Cenzontle	*Mimus gilvus*	5	0.028	-0.099	0.001
Chipe amarillo	*Setophaga petechia*	2	0.011	-0.050	0.000
Chipe arroyero	*Parkesia sp*	1	0.006	-0.029	0.000
Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	13	0.072	-0.189	0.005
Loro frente blanca	*Amazona albifrons*	6	0.033	-0.113	0.001
Loro pecho sucio	*Eupsittula nana*	7	0.039	-0.126	0.001
Saltador cabeza negra	*Saltator atricep*	4	0.022	-0.084	0.000
Mirlo pardo	*Turdus grayi*	1	0.006	-0.029	0.000
Luis pico grueso	*Megarynchus pitangua*	7	0.039	-0.126	0.001
Luis común mosquero	*Myiozetetes similis*	9	0.050	-0.149	0.002
Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	6	0.033	-0.113	0.001
Lechuza de Campanario	*Tyto alba*	1	0.006	-0.029	0.000
Vireo manglero	*Vireo pallens*	3	0.017	-0.068	0.000
	TOTAL	181	**1.000**	**-2.984**	**0.073**
	H (Shannon)=	**2.984**			
	D (Dominancia)=	**0.073**			
	1-D (Simpson)=	**0.927**			

Tabla 32. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de reptiles en el SAR.

Reptiles					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*Ln Pi**	**Pi^2**
Culebra perico	*Leptophis ahaetulla*	1	0.200	-0.322	0.0400
Lagartija común	*Anolis sagrei*	2	0.400	-0.367	0.1600
tortuga jicotea	*Trachemys venusta*	1	0.200	-0.322	0.0400
Iguana rayada	*Ctenosaura similis*	1	0.200	-0.322	0.0400
	Total	5	**1.000**	**-1.332**	**0.2800**
	H (Shannon)=	**1.332**			
	D (Dominancia)=	**0.28**			
	1-D (Simpson)=	**0.72**			

Tabla 33. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de mamíferos en el SAR.

Mamíferos					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*LnPi**	**Pi^2**
Mono araña	*Ateles geoffroyi*	3	0.094	-0.222	0.0088
zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	4	0.125	-0.260	0.0156
Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	4	0.125	-0.260	0.0156
venado temazate	*Mazama americana*	2	0.063	-0.173	0.0039
Sereque	*Dasyprocta punctata*	1	0.031	-0.108	0.0010
Coati	*Nasua narica*	3	0.094	-0.222	0.0088
mapache	*Procyon lotor*	2	0.063	-0.173	0.0039
Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	13	0.406	-0.366	0.1650
	TOTAL	32	**1.000**	**-1.785**	**0.2227**
	H (Shannon)=	**1.785**			
	D (Dominancia)=	**0.2227**			
	1-D (Simpson)=	**0.7773**			

Tabla 34. Resumen de los índices de diversidad por grupo faunístico en el SAR.

Índices de diversidad en el SAR			
Índice	**Grupos faunísticos**		
	Aves	**Reptiles**	**Mamíferos**
H (Shannon)	2.984	1.332	1.785
D (Dominancia)	0.073	0.28	0.2227
1-D (Simpson)	0.927	0.72	0.7773
Pielou (J')	**0.869**	**0.961**	**0.858**

Como se puede observar en los resultados presentados anteriormente, el índice de Shannon-Wiener observado para Aves fue de 2.984, siendo este un nivel medio de biodiversidad mientras que en el caso de reptiles fue de 1.332 y en mamíferos 1.785, los cuales corresponden a niveles bajos de biodiversidad.

Por otra parte, el índice de dominancia obtenido en aves fue de 0.073, en reptiles de 0.28 y en mamíferos de 0.2227, lo cual indica en el caso de las aves, la dominancia de especies es baja, es

decir, su probabilidad de encontrar dos individuos escogidos al azar y que pertenezcan a la misma especie es baja, mientras que en el caso de mamíferos y aves. la dominancia es un poco mayor.

Para el caso de los respectivos índices de Simpson, en aves fue de 0.927, en reptiles de 0.72, mientras que en mamíferos fue de 0.7773, mostrando para el caso de las aves, una diversidad mayor que en el caso de los reptiles y mamíferos, cuya diversidad es menor a la de las aves.

IV.2.2.4 Caracterización de la fauna del predio/Área de CUSTF

IV.2.2.3.4.1 Metodología de muestreo

Para el presente DTU-B, se caracterizó la fauna en el área del área de CUSTF utilizando, al igual que se llevó a cabo en el SAR, un muestreo dirigido mediante el establecimiento de 4 transectos en banda a caminata libre, recorriendo una distancia de 300 metros en línea recta, con un buffer de 5 metros de cada lado del transecto, dando una superficie recorrida en cada transecto de 3000 metros cuadrados (0.3 ha), donde se llevó a cabo la siguiente metodología:

Durante el recorrido en los transectos, se registraron todos los individuos observados directamente y que se encontraran dentro del buffer del transecto establecido.
Para el caso de las aves, adicionalmente, el conteo se realizó mediante los cantos o vocalizaciones que se escucharan durante el recorrido, además, mediante el uso de binoculares, se hicieron pausas cada 50 metros para poder ubicar mediante los binoculares y toma de fotografía cuando fuera posible de las aves que se encontraran en las ramas de los árboles, llevando un registro de los ejemplares observados y el método como fueron detectados (observación directa, vocalización, fotografía etc). Estas actividades se realizaron en un horario de 6:00 a 11:00 horas por ser el horario de mayor actividad de este grupo de fauna, así como de 17:00 a 19:00 h.

En el caso de anfibios y reptiles, durante el recorrido se hizo la revisión de cada hábitat potencial, tales como: piedras, grietas, cuerpos de agua y madrigueras o cualquier otro sitio que pudiera funcionar como refugio para este grupo. La búsqueda y en su caso contención para identificación de la especie se realizó directamente a mano utilizando guantes de seguridad y con ayuda de gancho herpetológico, posteriormente se liberaron en el mismo sitio donde fueron localizados, en los casos que no fue posible su captura, se observaron y fotografiaron a la distancia, siendo el tiempo de manipulación no mayor a 5 minutos para evitar tensión en los individuos. Los recorridos se realizaron durante el día en un horario de 11:00 a 14:00 h y de 16:00 a 18:00.

Para mamíferos se llevaron a cabo los recorridos buscando zonas potenciales con presencia de mamíferos grandes, medianos y pequeños mediante el reconocimiento de rastros de fauna silvestre (heces, madrigueras, cadáveres, huellas y pelaje).

Se realizó el registro fotográfico de todas las evidencias directas e indirectas encontradas que permitieran elaborar los listados de fauna correspondientes por especie.
Estas actividades se realizaron en un horario de 6:00 a 11:00 horas por ser el horario de mayor actividad de este grupo de fauna, así como de 17:00 a 19:00 h.

IV.2.2.3.4.2 Riqueza y curva de acumulación de especies

Como resultado se obtuvo el registro de 24 especies de fauna silvestre con 65 individuos, pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 50 individuos registrados pertenecientes a 17 especies, 05 órdenes, 10 familias y 15 géneros; seguido en orden de importancia está el grupo de los mamíferos con 14 individuos registrados, pertenecientes a 06 especies distribuidas en 03 órdenes, 04 familias y 06 géneros; y finalmente los reptiles con 01 individuo registrado, perteneciente a 01 especies, 01 orden, 01 familia y 01 género. No se encontraron anfibios.

Tabla 35. Abundancia y riqueza de los diferentes grupos faunísticos en el SAR.

Grupo	Ordenes	Familias	Especies	Organismos	Organismos (%)	Especies (%)
Aves	5	10	17	50	76.9	70.8
Mamíferos	3	4	6	14	21.5	25
Reptiles	1	1	1	1	1.6	4.2
TOTAL	**9**	**15**	**24**	**65**	**100**	**100**

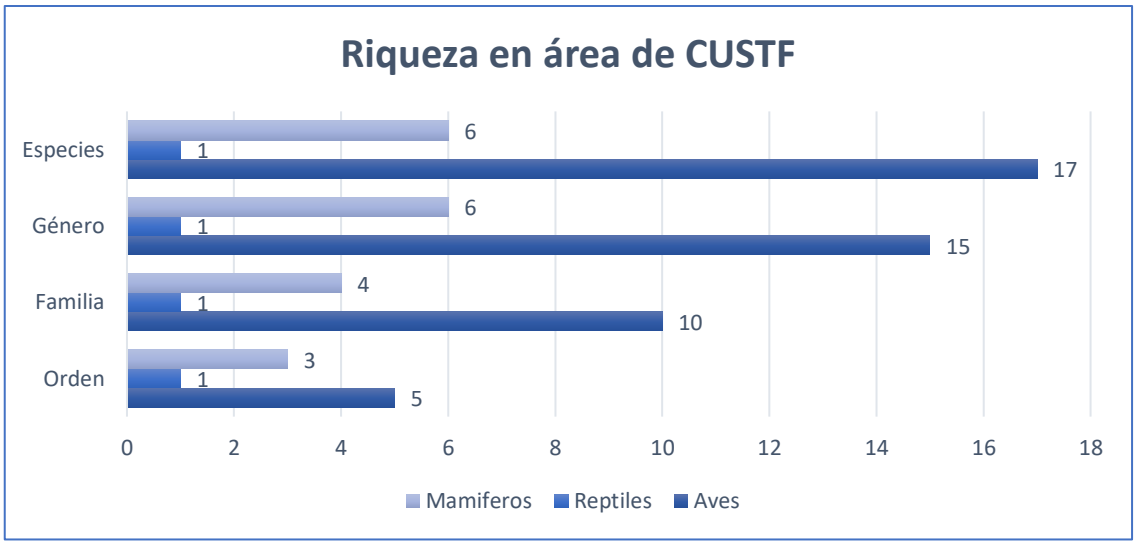


Figura 45. Número de órdenes, familias géneros y especies encontrados a nivel de área de CUSTF.

En el siguiente cuadro, se presenta el listado de vertebrados registrados para el área de CUSTF.

Tabla 36. Listado de especies de fauna silvestre encontradas en el área de CUSTF.

No	Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Aves	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra
2	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde
3	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca
4	Aves	Passeriformes	Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea
5	Aves	Galliformes	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca

No	Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
6	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	Golondrina pueblera
7	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor
8	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor
9	Aves	Passeriformes	Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor
10	Aves	Passeriformes	Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle
11	Aves	Piciformes	Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco
12	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca
13	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio
14	Aves	Passeriformes	Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo
15	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso
16	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero
17	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
18	Reptiles	Squamata	Colubridae	*Pseudelaphe phaescens*	Ratonera yucateca
19	Mamíferos	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris
20	Mamíferos	Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca
21	Mamíferos	Artiodactyla	Cervidae	*Mazama americana*	Venado temazate
22	Mamíferos	Carnivora	Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí
23	Mamíferos	Carnivora	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache
24	Mamíferos	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla

Representatividad y suficiencia de muestreo

Para determinar la suficiencia del muestreo se obtuvieron las curvas de acumulación de especies (Jiménez-Valverde y Hortal-Ramírez, 2003), debido a que los resultados de las curvas proveen información sobre la eficiencia de muestreo y dan certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna en la microcuenca.

Para evaluar la eficiencia del muestreo y estimar la riqueza máxima de especies presentes en el sistema ambiental, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa StimateS V. 9.1.0 (Colwell, 2013). El programa utiliza varios estimadores, de los cuales se utilizaron 2 de ellos, que son Chao 1 y Boostrap, los cuales se describen a continuación.
Chao 1. Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra.

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:
S= número de especies en una muestra.
a= es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de "singletons").

b= es el número de especies representadas por exactamente 2 individuos en la muestra (número de "doubletons").

Boostrap. Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en pj, la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

$$B = S + \sum (1 - pj)^n$$

Como resultado de esto, se presentan la curva de acumulación del área de CUSTF para dar certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna.

Área de CUSTF	S Obs	Chao 1	Bootstrap
Todos los grupos	24	25.09	28.5

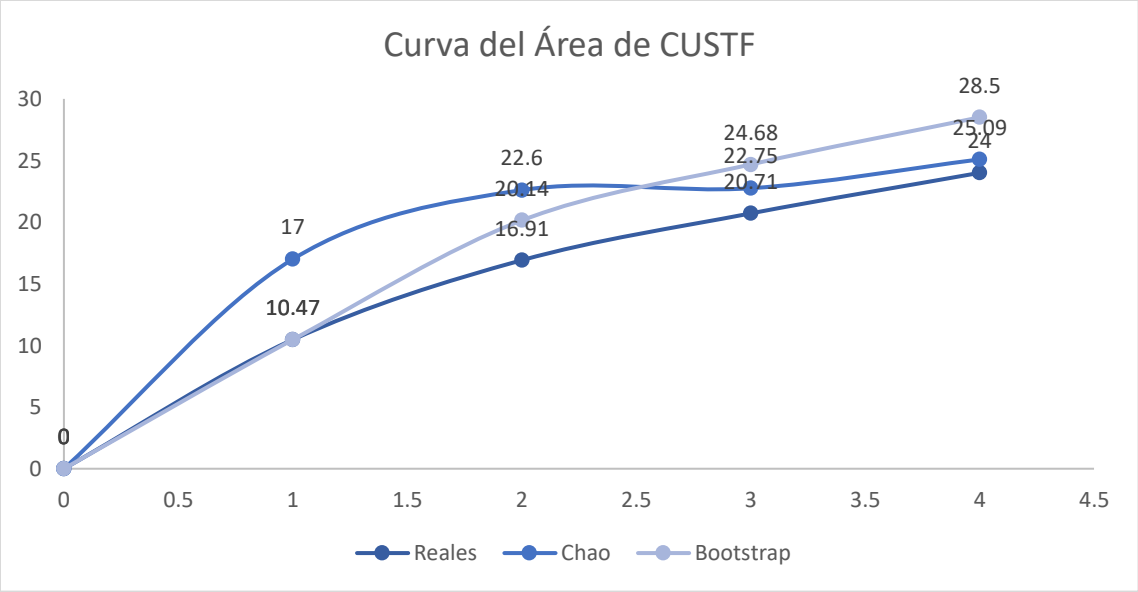


Figura 46. Curva de acumulación de especies para el caso del Área de CUSTF.

IV.2.2.3.4.2.1 Ornitofauna

Para las aves, estas fueron identificadas mediante las guías de MacKinnon, H. (2013) y Edwards, E. P. (1998)., la taxonomía y nombres actuales fueron consultadas a través de la página enciclovida, la cual es una plataforma de consulta creada por la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 50 organismos, de 17 especies pertenecientes a 10 familias y 5 órdenes ornitológicos, las familias más representadas fueron Corvidae, Icteridae y Tyrannidae, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 37. Listado de aves encontradas en el Área de CUSTF

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ORGANISMOS REGISTRADOS
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra	1
Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	2
Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	3
Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea	4
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	4
Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	Golondrina pueblera	8
Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor	1
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor	2
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor	2
Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle	3
Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco	2
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	3
Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio	3
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo	2
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	4
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero	3
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	3
TOTAL			**50**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de aves encontradas en el Área de CUSTF, resumiéndose en la siguiente gráfica.

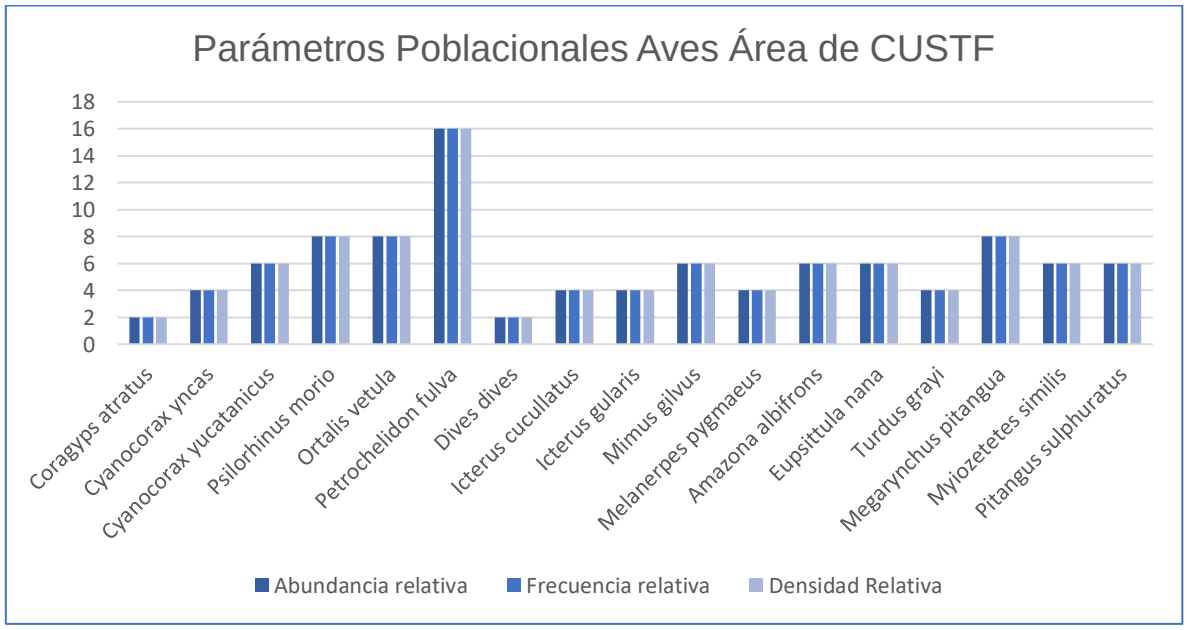


Figura 47. Parámetros poblacionales de las aves en el Área de CUSTF

IV.2.2.3.4.2.2 Herpetofauna

Una vez hecha la búsqueda sobre y debajo de rocas, en troncos y hojarasca, así como dentro de grietas donde pueden habitar especies de anfibios y reptiles; registrando: observación directa, huellas, rastro, excretas y/o madrigueras. Para la identificación de las especies se utilizaron: i) fotografías tomadas en campo, ii) guías de campo para la identificación de reptiles, iii) claves para anfibios y reptiles de Casas Andreu y McCoy (1979), Calderón-Mandujano, R. (2008). Asimismo, en las unidades de muestreo empleadas para la vegetación se recorrieron a una velocidad baja, y se registraron los ejemplares observados directamente. En ambas técnicas se emplearon ganchos herpetológicos y uso de protección como polainas para la seguridad del equipo técnico.

Con este esfuerzo de muestreo, se registró 1 organismo, de 1 especie perteneciente a 1 familia zoológica, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 38. Reptiles registrados en el SAR

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Colubridae	*Pseudelaphe phaescens*	Ratonera yucateca	1
TOTAL			**1**

No se encontraron ejemplares de anfibios durante los muestreos ni fue posible realizar parámetros debido a que únicamente fue encontrado un ejemplar durante los muestreos.

IV.2.2.3.4.2.3 Mastofauna

Para el registro de los mamíferos presentes en el área de CUSTF, se realizaron observaciones directas e indirectas (excretas, huellas, rastros y en su caso madrigueras), método que se utiliza para contabilizar los individuos de cada especie en un área determinada (Alcérreca Aguirre, et al 2009).

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 19 organismos, de 8 especies pertenecientes a 7 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 39. Mamíferos registrados en el Área de CUSTF.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	**1**
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	**1**
Cervidae	*Mazama americana*	Venado temazate	**2**
Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	**2**
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	**2**
Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	**6**
TOTAL			**14**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de mamíferos encontrados en el Área de CUSTF, resumiéndose en la siguiente gráfica.

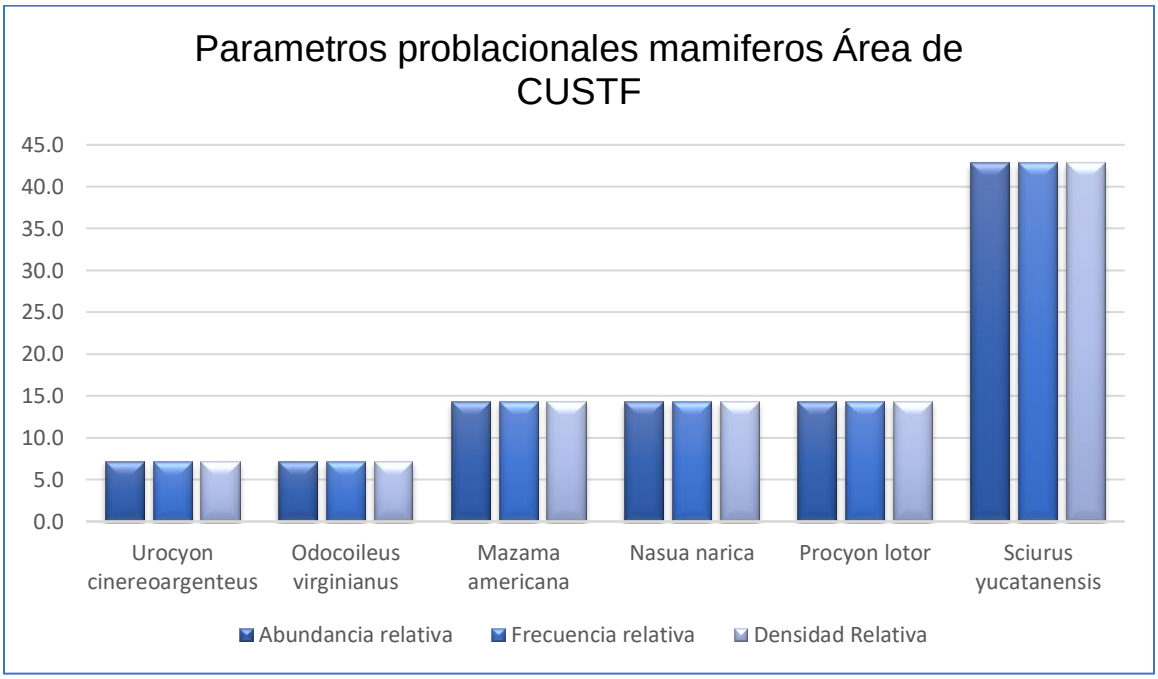


Tabla 40. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el Sistema Ambiental

IV.2.2.3.4.3 Especies amenazadas

Del total de especies de vertebrados reportados para el Área de CUSTF, el perico pecho sucio (*Eupsittula nana*) y el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) únicamente se encuentran listadas en esta Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de Especie Sujeta a Protección Especial (Pr).

IV.2.2.3.4.4 Índices de diversidad

Índice de Shannon-Wiener y Simpson

Para estimar la diversidad de la fauna presente en el Área de CUSTF, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que los individuos fueron seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra de determinado número de especies y un número de individuos conocido (Moreno 2001). Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando toda la comunidad tenga una distribución de abundancia perfectamente equitativa.

Los ecosistemas con valores menores a 2 muestran una biodiversidad baja, mientras que los hábitats con valores superiores a 3 presentan una diversidad alta, por lo que los valores entre 2.1 a 2.9 se consideran como moderados (Moreno, 2001).

Este índice se basa en el supuesto de que a medida que incrementa el número de especies, el índice se incrementa también; en teoría puede alcanzar altos valores, sin embargo, en la práctica el valor más alto que se ha encontrado para las comunidades biológicas es de 5 (Kreebs 1998), y se calcula como:

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

Donde:
H= Índice de Shannon-Wiener
S = número total de especies.
∑i =1 = número total de individuos.
Pi = abundancia relativa de la especie i.
ln Pi = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

A la vez, se lleva a cabo el cálculo del índice de Simpson, el cual, considera el número de parejas de individuos escogidos al azar que deberíamos tomar hasta conseguir una pareja de la misma especie, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^{S} Pi2}$$

Donde:
D = Diversidad de Simpson
S = número total de especies.
∑i =1 = número total de individuos.
Pi = abundancia relativa de la especie i.

En relación con los índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson, por grupo faunístico son los siguientes:

Tabla 41. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de aves en el CUSTF.

Aves					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi***lnpi	**Pi^2**
Zopilote cabeza negra	*Coragyps atratus*	1	0.020	-0.078	0.000
Chara verde	*Cyanocorax yncas*	2	0.040	-0.129	0.002
Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	3	0.060	-0.169	0.004
Chara pea	*Psilorhinus morio*	4	0.080	-0.202	0.006
Chachalaca	*Ortalis vetula*	4	0.080	-0.202	0.006

Aves					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*lnpi**	**Pi^2**
Golondrina pueblera	*Petrochelidon fulva*	8	0.160	-0.293	0.026
Tordito cantor	*Dives dives*	1	0.020	-0.078	0.000
Calandria menor	*Icterus cucullatus*	2	0.040	-0.129	0.002
Calandria mayor	*Icterus gularis*	2	0.040	-0.129	0.002
Cenzontle	*Mimus gilvus*	3	0.060	-0.169	0.004
Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	2	0.040	-0.129	0.002
Loro frente blanca	*Amazona albifrons*	3	0.060	-0.169	0.004
Loro pecho sucio	*Eupsittula nana*	3	0.060	-0.169	0.004
Mirlo pardo	*Turdus grayi*	2	0.040	-0.129	0.002
Luis pico grueso	*Megarynchus pitangua*	4	0.080	-0.202	0.006
Luis común mosquero	*Myiozetetes similis*	3	0.060	-0.169	0.004
Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	3	0.060	-0.169	0.004
	TOTAL	50	1.000	-2.712	0.075
	H (Shannon)=	2.712			
	D (Dominancia)=	0.075			
	1-D (Simpson)=	0.925			

Tabla 42. Índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson de mamíferos en el CUSTF.

Mamíferos					
Nombre común	**Especie**	**# individuos**	**Pi**	**Pi*lnpi**	**Pi^2**
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	1	0.071	-0.189	0.0051
Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	1	0.071	-0.189	0.0051
Venado temazate	*Mazama americana*	2	0.143	-0.278	0.0204
Coatí	*Nasua narica*	2	0.143	-0.278	0.0204
Mapache	*Procyon lotor*	2	0.143	-0.278	0.0204
Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	6	0.429	-0.363	0.1837
	TOTAL	14	**1.000**	**-1.574**	**0.2551**
	H (Shannon)=	**1.574**			
	D (Dominancia)=	**0.2551**			
	1-D (Simpson)=	**0.7449**			

Tabla 43. Índices de diversidad de los diferentes grupos faunísticos en el CUSTF.

Índices de diversidad área de CUSTF			
Índice	**Grupos faunísticos**		
	Aves	**Reptiles**	**Mamíferos**
H (Shannon)	2.712	-------	1.574
D (Dominancia)	0.075	----------	0.2551
1-D (Simpson)	0.925	----------	0.7449
Pielou (J')	0.957	----------	0.879

Como se puede observar en los resultados presentados anteriormente, el índice de Shannon-Wiener observado para Aves fue de 2.712, siendo este un nivel moderado de biodiversidad mientras que en el caso de los mamíferos es de 1.574, el cual corresponde a un nivel bajo, en el caso de los reptiles no fue posible calcular su diversidad dado que solo fue colectado un ejemplar durante todos los muestreos realizados, al final, es un indicador de que en esta zona puede haber pocos ejemplares de reptiles.

Por otra parte, el índice de dominancia obtenido en aves fue de 0.075 y en mamíferos de 0.2551, lo cual indica en el caso de las aves, la dominancia de especies es baja, es decir, su probabilidad de encontrar dos individuos escogidos al azar y que pertenezcan a la misma especie es baja, mientras que en el caso de mamíferos la dominancia es un poco mayor.

Para el caso de los respectivos índices de Simpson, en aves fue de 0.925 y en mamíferos de 0.7449, mostrando para el caso de las aves, una diversidad mayor que en el caso de mamíferos, cuya diversidad es menor a la de las aves.

IV.2.2.3 Medio socioeconómico

Este centro de población se encuentra enclavado en la región del Estado de Quintana Roo denominada Riviera Maya, cuyas principales actividades económicas se concentran de manera fundamental alrededor del turismo. Desde la integración del Territorio Federal de Quintana Roo en 1902, Playa del Carmen perteneció a la Delegación de Cozumel y más tarde, el 8 de octubre de 1974 al decretarse al Estado de Quintana Roo como estado libre y soberano, esta ciudad pasó a formar parte del Municipio de Cozumel.

La ciudad de Playa del Carmen representa el centro urbano con la mayor tasa de crecimiento del Estado, por lo que las reservas urbanas se agotan rápidamente, ocasionando que día a día se incremente la mancha urbana. Esta dinámica responde al crecimiento y diversificación de la oferta turística del Municipio de Solidaridad, la cobertura de los servicios básicos es buena, no obstante, existe un importante rezago en el manejo y disposición final de los residuos sólidos. De acuerdo con las estimaciones realizadas este centro urbano seguirá creciendo por lo que se requiere prever la dotación de nuevas reservas urbanas para contener y controlar de manera eficiente el crecimiento urbano.

IV.2.2.3.1 Población

El número de habitantes en Quintana Roo hasta el 2020 es de 921,206 mujeres y 936,779 hombres, lo que representa un total 1,857,985 habitantes. Con una tasa de crecimiento anual de la población de 5.6%. El Municipio de Solidaridad es el tercer más poblado del Estado de Quintana Roo y uno de los de mayor crecimiento poblacional en el país, debido a la actividad económica que en él se genera, dada su posición como principal destino turístico en de México.

La población económicamente activa del Municipio es del 67%, más del doble de lo que ocurre en el resto de México, en donde la población económicamente activa no llega al 30%. El Municipio de Solidaridad cuenta con 304,942 habitantes de los cuales 155,562 son hombres y 149,380 son mujeres. En Quintana Roo el 70% de la población económicamente activa se dedica a actividades terciarias, fundamentalmente en los sectores comercial, turístico, de transporte, servicios y administración pública. Casi la mitad de los quintanarroenses tiene ingresos menores a dos veces el salario mínimo de la región. En el extremo opuesto, el 3% de la PEA tiene ingresos superiores a diez salarios mínimos.

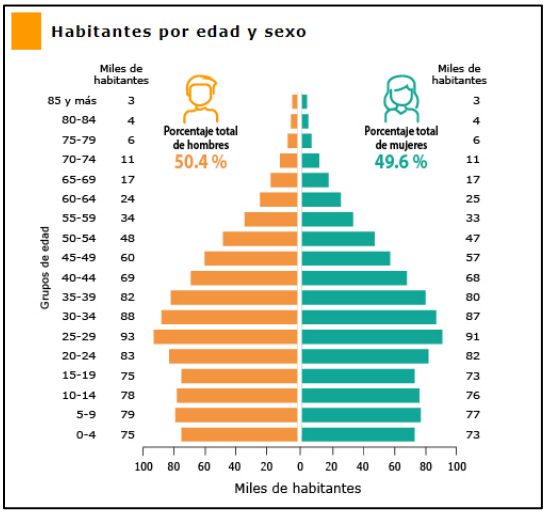


Figura 48. Habitantes por edad y sexo.

Partiendo de las funciones que desempeñan los centros turísticos del norte del Estado, como polos de desarrollo que atraen de todo el País a mexicanos en busca de empleo y mejoramiento de sus niveles de bienestar, resulta interesante que un gran número de personas manifieste en los censos y encuestas que trabaja en áreas distintas a aquellas en las que ha sido capacitado profesionalmente. A 2020, la esperanza de vida en Quintana Roo es de 75.5, en México es de 75.2 años. Observa la siguiente gráfica y compara este dato entre mujeres y hombres a nivel nacional y en la entidad federativa.

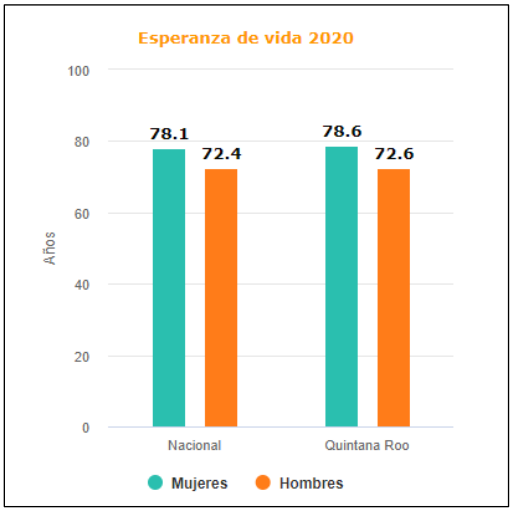


Figura 49. Esperanza de vida. CONAPO. CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN. Datos abiertos. Indicadores demográficos 1950-2050.

IV.2.2.3.2 Procesos Migratorios

El turismo es uno de los procesos económicos que genera movilidad migratoria a nivel mundial, de manera permanente o temporal. De igual manera, a nivel nacional existe una fuerte corriente migratoria entre los estados, fundamentada en diversas razones educativas y económicas. En el caso del Estado de Quintana Roo, el proceso migratorio tan destacado, ha tenido como principal motor el desarrollo de las actividades turísticas. De acuerdo con Censo General de Población y Vivienda, México tenía casi un 18 % de su población que provenía de otra entidad diferente a la de residencia; es decir, habían migrado de su entidad de origen hacia esa otra entidad. Únicamente un 0.5 % (casi 500 mil habitantes) provenía del extranjero.

Entre 2015 y 2020, salieron de Quintana Roo 73,106 personas para radicar en otra entidad.
De cada 100 personas:

- 34 se fueron a vivir a Yucatán,
- 8 a Chiapas,
- 7 a Veracruz de Ignacio de la Llave,
- 6 a Ciudad de México y
- 6 a Tabasco.

Entre 2015 y 2020, llegaron a vivir 187,683 personas a Quintana Roo, procedentes del resto de las entidades del país.

De cada 100 personas:

- 20 provienen de Tabasco,
- 16 de Chiapas,
- 15 de Veracruz de Ignacio de la Llave,
- 9 de Ciudad de México y
- 8 de Yucatán.

A 2020, de Quintana Roo salieron 5,535 personas para vivir en otro país, 52 de cada 100 se fueron a Estados Unidos de América. A nivel nacional se registraron 802,807, de ellos 77 de cada 100 se fueron a Estados Unidos de América. Las principales causas por las que migran las personas en Quintana Roo son:

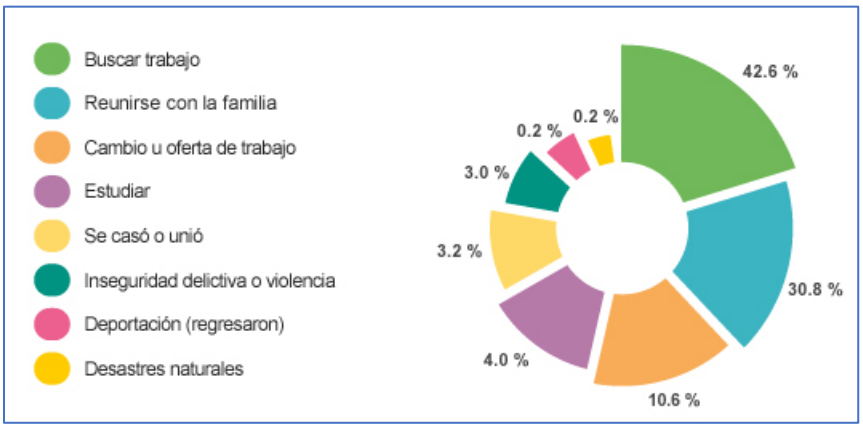


Figura 50. Causas de migración. Fuente: censo de población y vivienda 2020.

IV.2.2.3.3 Marginación

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural que se expresa en la falta de oportunidades y en la desigual distribución del progreso en la estructura productiva, lo que excluye a diversos grupos sociales, incidiendo en los niveles de bienestar y en la creación de capacidades, recursos y, por ende, en el desarrollo (CONAPO,2015).

En el índice de marginación es bajo con -1.474, distribuido según la zona y la ubicación de los habitantes, caracterizándose por tener deficiencias en materia de desarrollo y equipamiento urbano como falta de tendido de redes de agua potable, alcantarillado y drenaje, alumbrado público y pavimentación, que afectan a gran parte de la población residente.

IV.2.2.3.4 Educación

En 2020, en Quintana Roo el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más de edad es de 10.2, lo que equivale a poco más de primer año de bachillerato.
A nivel nacional, la población de 15 años y más tiene 9.7 grados de escolaridad en promedio, lo que significa un poco más de la secundaria concluida.

En 2020, en Quintana Roo el 93 % de las niñas y niños de 6 a 14 años de edad asisten a la escuela, a nivel nacional la asistencia es de 94 %.

En Playa del Carmen actualmente existen diferentes opciones educativas que van desde el nivel preescolar, primaria, secundaria, medio y nivel superiores, ya sean instituciones públicas o privadas. Las principales universidades con las que se cuenta actualmente son las siguientes:

- Universidad Tecnológica de la Riviera Maya (UT Riviera maya) UTRV.
- Universidad de Quintana Roo campus Riviera Maya (UQROO) UQROO.
- Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID) UNID.
- Universidad Riviera (UNIR) UNIR.

- Universidad La Salle (ULSA playa).
- Instituto Universitario Itzamná.

El grado promedio de escolaridad en Playa del Carmen es de 9.5 años, ligeramente superior al índice municipal y estatal que se ubican en 9.1 años, respectivamente.

IV.2.2.3.5 Servicios

Agua Potable. El Sistema de abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Playa del Carmen, depende del Organismo Operador Solidaridad, este sistema es compuesto por pozos, acueductos, tanques y redes que abastecen a la Ciudad de Playa del Carmen de manera continua. Del total de agua extraída en la zona de captación (395 Lps.), 80 lps. (El 20.25% de la producción total) son enviados al complejo turístico PlayaCar. La longitud total de tubería contabilizada es de diferentes materiales, predominando el PVC y el Asbesto Cemento en las zonas más antiguas de la Ciudad se estima que en esta red perdemos cerca del 30% del caudal total entregado, principalmente en fugas no visibles y en fugas al interior de los domicilios. **Actualmente se ha calculado que la dotación promedio de la Ciudad es de 202 litros/habitante/día. No obstante, en el predio Che-hum, no existe actualmente abastecimiento de agua potable por la red municipal. Sin embargo, se emplearán pipas de agua.**

Drenaje Sanitario y Saneamiento. Playa del Carmen, es una de las ciudades del Estado de Quintana Roo que ha tendido a que su desarrollo urbano haya sido acompañado del crecimiento de su infraestructura de agua potable y drenaje sanitario; esto ha permitido mantener un rezago del 2 al 5% en los últimos años. Las primeras redes fueron las del casco urbano antiguo o primer sector de la ciudad. Los proyectos más grandes y que permitieron abatir un importante rezago, al iniciarse el desarrollo urbano acelerado fueron las redes de drenaje de la Colonia Colosio y el de la Colonia Ejidal. En lo que respecta a las zonas que desarrollan los fraccionadores privados, todas se construyen con sus redes propias, las cuales se incorporan a la infraestructura primaria. Para el caso particular del predio Che-hum no existe red de drenaje municipal.

Vías de comunicación. Atraviesa al Municipio de sur a norte la carretera federal 307 de Chetumal – Puerto Juárez que comunica el litoral del estado. Otra carretera importante de la región es la vía Tulum – Cobá – Nuevo Xcan que atraviesa el Municipio de este a oeste conectando los importantes centros turísticos de Tulum y Cobá. De Cobá parte una carretera interestatal que conecta Cobá con Chemax, Yucatán y que constituye una vía corta para Mérida.

Para la comunicación marítima existe una terminal en Playa del Carmen con un muelle para las embarcaciones de ruta a Cozumel y para el servicio de tenders a los cruceros turísticos internacionales que llegan frecuentemente. La comunicación aérea desde Playa del Carmen se realiza con un aeródromo ubicado en la misma ciudad; este campo aéreo es para aviones de corto alcance, que hacen el servicio entre Playa del Carmen y otros centros turísticos situados a corta distancia, sobre todo Cozumel.

IV.2.2.3.6 Turismo

Las actividades terciarias sustituyeron, a partir de 1975, las actividades primarias de los sectores agropecuarios, silvícola y pesquero, como principal actividad económica. Indiscutiblemente, la

actividad económica preponderante del Estado es el turismo y los servicios que lo rodean han registrado un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos años.

La Riviera Maya ubicada en el Municipio de Solidaridad es un destino de alta competitividad global que presenta un acelerado crecimiento de su infraestructura turística. Actualmente la Riviera Maya acumula un mayor número de cuartos de hotel que los que presenta la Ciudad de Cancún, y sus tasas de crecimiento hacen prever que la diferencia a favor de la Riviera Maya va a ser cada vez mayor. Playa del Carmen por su ubicación estratégica en el extremo sur de la Riviera Maya comparte con esta la actividad turística como base de su economía.

La ciudad de Playa del Carmen y Tulum son los más importantes centros de distribución de la Riviera Maya. Los principales giros comerciales son: compraventa de artesanías, compraventa de abarrotes, minisuper-licorería, compraventa de prendas de vestir, actividades subacuáticas y materiales de construcción.

IV.2.2.4 Paisaje

La zona donde se localiza el sitio pretendido para el desarrollo del proyecto se encuentra actualmente urbanizado, por lo que se prevé el paisaje no verá afectado y, por lo contrario, beneficiará la calidad de este.

El paisaje se define como la "extensión de terreno que se ve desde un sitio". En el sentido de esta definición, podemos determinar tres componentes básicos del paisaje, como son: 1) el terreno o la cuenca visual; 2) su extensión; y 3) el punto de observación.

Considerando lo anterior, se realiza el análisis del paisaje del sitio de acuerdo con las siguientes cualidades:

Tabla 44. Conceptos fundamentales del paisaje.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
Visibilidad	Conjunto de elementos del paisaje que pueden observarse desde un punto determinado o punto de observación, medible desde donde se perciben, cuanto se percibe y como se perciben.
Calidad paisajística	Incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación y puntos de agua. La calidad visual del entorno inmediato en el que se aprecian otros valores tales como: las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua y la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto, entre otros.
Fragilidad visual	Es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad esta conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos (visibilidad y calidad paisajística). Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación y contraste cromático) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa y zonas singulares).

IV.2.2.4.1 Análisis de la visibilidad

La visibilidad o accesibilidad visual, tiene relación directa con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y como estos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio. El análisis de la visibilidad del paisaje se define como un análisis espacial del área de estudio tomando en consideración sus formas, colores y vistas. Para dicho análisis, se consideraron puntos relevantes de observación.

Esta es la primera etapa de caracterización y valoración del paisaje con base en la visibilidad, y consiste básicamente en definir "Unidades de Paisaje (UP)", considerando una agregación ordenada y coherente de las partes elementales del entorno lo más homogénea posible a través de la repetición de formas y en la combinación de algunos rasgos parecidos (no necesariamente idénticos) en un área determinada. Para identificar las UP se tomaron como punto de partida todos y cada uno de los elementos que integran el paisaje, a través de un inventario de los recursos presentes en la cuenca visual previamente definida; con base en los siguientes criterios:
Áreas de interés escénico: Se identificaron las zonas o sectores que por sus características (formas, líneas, texturas y colores) otorgan un importante grado de valor estético al paisaje.

- **Hitos visuales de interés:** Se identificaron los elementos puntuales que aportan belleza al paisaje de forma individual y que, por su dominancia en el marco escénico, adquiere significancia para el observador.
- **Cuerpos de agua:** Se identificaron aquellos cuerpos de agua que poseen una significancia visual en el observador.
- **Intervención humana:** Se identificaron las diversas estructuras realizadas por el hombre, ya sean puntuales, extensivas o lineales (caminos, líneas de alta tensión, urbanización, jardines y edificios).

Con base en el inventario realizado conforme a los criterios antes descritos, se definieron 3 unidades de paisaje para la cuenca visual: 1) Área urbanizada; 2) Zona de playa, y 3) Zona marina. A continuación, se describen cada una de las unidades de paisaje identificadas:

Tabla 45. Unidades de paisaje identificadas en el SAR.

UNIDAD DE PAISAJE	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
UP-1	Área asentamientos humanos	Se encuentra principalmente representada por la urbanización dentro del SAR.

UP-2	Bancos de materiales colindantes	Se encuentra representada por los bancos de materiales que se encuentran en los predios colindantes al predio.
UP-3	Zonas con vegetación	Se encuentra representada por las áreas con vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia.

IV.2.2.4.2 Calidad visual del paisaje

Para el estudio de la calidad visual del paisaje (calidad paisajística) se utilizó el método indirecto de Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la calidad visual comparada con una escala de referencia. En la siguiente tabla se presentan los criterios de valoración y puntuación aplicados en la valoración (BLM, 1980), con base en las unidades de paisaje definidas anteriormente.

Tabla 46. Criterios de valoración y puntuación por cada componente.

COMPONENTE	**CRITERIOS**		
MORFOLOGÍA **VALOR: 1**	Relieve con pendiente muy marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.
	5	3	**1**
VEGETACIÓN **VALOR: 5**	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	Cierta variedad, pero solo uno o dos tipos.	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	**1**

AGUA **VALOR: 5**	Factor dominante del paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	3	**1**
VARIABILIDAD CROMÁTICA **VALOR: 3**	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
	5	**3**	**1**
FONDO ESCÉNICO **VALOR: 1**	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
	5	3	**1**
SINGULARIDAD Y RAREZA **VALOR: 1**	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
	5	3	**1**
ACCIÓN ANTRÓPICA **VALOR: 1**	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	5	3	**1**

En la siguiente tabla se presenta en forma resumida, los resultados de la aplicación del Método BLM (1980) al paisaje actual:

Tabla 47**.** Criterios con puntuación

CRITERIO	PUNTUACIÓN
MORFOLOGÍA	1
VEGETACIÓN	5
AGUA	5

VARIABILIDAD CROMÁTICA	3
FONDO ESCÉNICO	1
SINGULARIDAD O RAREZA	3
ACCIÓN ANTRÓPICA	1
TOTAL	**19**

Tabla 48**.** Clasificación del paisaje en base a la valoración realizada

CLASE	VALORACIÓN	PUNTAJE
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	de 22 a 35
B	**Áreas de calidad media, cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y textura, pero resultan similares a otros en la región estudiada y no son excepcionales.**	**de 8 a 21**
C	Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color y textura.	de 1 a 7

Al aplicar el Método BLM (1980), se obtuvo la calidad visual del paisaje sin el proyecto dentro de la **Clase B**, es decir, se trata de una zona de calidad media, que no presenta rasgos excepcionales y resultan similares en otras regiones.

IV.2.2.4.3 Fragilidad

La fragilidad vidual es la capacidad de respuesta de un paisaje frete a un uso de este, es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades; lo contrario es la capacidad de absorción visual, atendida como la capacidad de absorción visual, de recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual. Dado lo anterior, se encuentra una relación inversamente proporcional, es decir, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa. (Muñoz-Pedreros, 2004). Para la evaluación de la fragilidad se puede considerar las siguientes variables: i) factores biofísicos, que se componen del análisis del suelo, cubierta vegetal, pendiente, orientación; ii) carácter histórico-cultural, existencia en el tiempo en el paisaje, de valores singulares, según su escases, valor tradicional e interés histórico; y iii) accesibilidad, conexión con vías de comunicación y acceso visual.

Tabla 49.Valoración de las unidades de paisaje.

UP	NOMBRE	VISIBILIDAD	CALIDAD VISUAL	FRAGILIDAD
UP-1	Área asentamientos humanos	Baja	Baja	Baja

UP-2	Bancos de materiales colindantes	Media	Media	Media
UP-3	Zonas con vegetación	Media	Alta	Alta

IV.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riego por el cambio de uso del suelo propuesto

Los ecosistemas forestales son fuente de materias primas y de servicios ambientales de vital importancia para el sostén de las poblaciones urbanas y rurales, estando íntimamente ligados a la regulación y sostén de los procesos naturales. El artículo 7 fracción LXI de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define los servicios ambientales, tal como a continuación se cita:

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

LXI. Servicios ambientales: 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. Los ecosistemas forestales funcionan como sumideros de carbono prestando servicios ambientales de absorción, secuestro, fijación y almacenamiento del dióxido de carbono.

El predio en donde se realizará el proyecto **"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado Che-hum, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo",** se encuentra íntegramente cubierto con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. A continuación, se lleva a cabo la caracterización de los servicios ambientales, así como su grado de afectación cualitativa y cuantitativa en el área del CUSTF.

IV.3.1 Captura de carbono y oxigeno

La captura de Carbono, así como la generación de oxígeno, es un servicio ambiental, que provee la vegetación a través del proceso de la fotosíntesis, que, balanceado con los procesos de respiración, da como resultado la captura neta de carbono; lo cual se ve reflejado en la acumulación de material leñoso como tallos y raíces de las plantas, en donde el monto de esta captura depende de factores tales como la edad del arbolado, así como la estructura y composición de la masa forestal.

Actualmente este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como secuestradores de carbono (sumideros), es muy apreciado, debido al riesgo que implican los procesos de cambio climático. De acuerdo con Nowak,et al., (2007), aun cuando es generalizado afirmar que la producción o generación de oxígeno es uno de los servicios ambientales más importantes que nos brindan los árboles, en realidad esta producción es insignificante y de muy poco valor debido al alto contenido de este gas en la atmósfera, así como por la gran producción de este en los sistemas acuáticos, Estos autores refieren que hay otros beneficios del arbolado que son más importantes para la calidad ambiental y la salud humana que el oxígeno que generan. De acuerdo con esto es evidente que se dejará de obtener el oxígeno derivado de la remoción de biomasa vegetal, esta falta de oxígeno no representa ninguna disminución, pérdida o baja de calidad en los demás servicios ambientales, ello debido a que en la atmósfera se mantendrá sin cambio la disponibilidad de oxígeno que se requiera

dentro del SAR. Por lo tanto, es evidente que el cambio de uso de suelo forestal, aunque removerá arbolado que genera oxígeno, tal remoción no afectará la producción de los otros servicios ambientales que requieren de oxígeno, ni este cambio será significativo en sentido alguno.
Con el fin de maximizar el acceso a la luz solar, nutrientes y agua, los árboles nuevos crecen rápidamente. Eso significa que las plantas jóvenes secuestran una cantidad mucho mayor de carbono de la atmósfera, debido a que la vegetación de nuevo crecimiento podría absorber carbono hasta 11 veces más que los bosques ya establecidos.

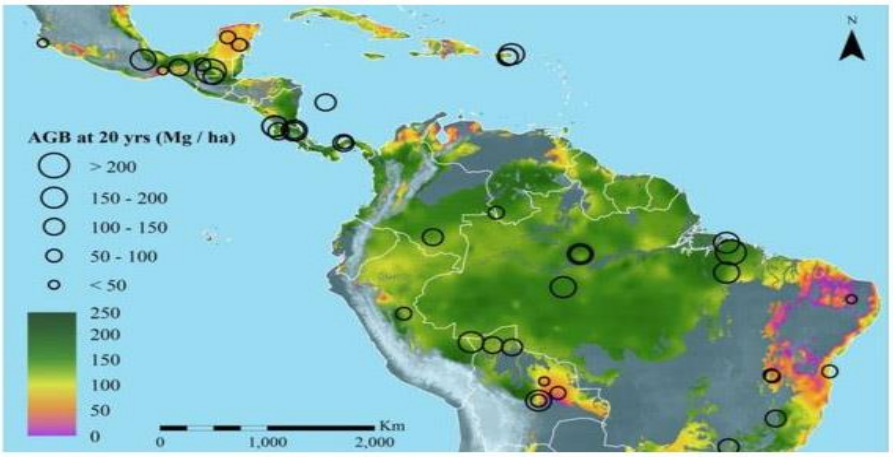


Figura 51. Mapa mostrando el potencial de crecimiento de biomasa sobre el nivel del suelo (AGB) en un período de 20 años. El púrpura indica bajo potencial de recuperación de cubierta forestal, mientras que el verde indica un alto potencial de recuperación / *Nature.*

Si bien las plantas verdes producen oxígeno molecular como un subproducto de la fotosíntesis, el cual, debido a la gran importancia que tiene en la fisiología (y la vida misma) de los organismos aerobios, del cual formamos parte, su generación se considera un servicio ambiental fundamental o de soporte. El cual está íntimamente asociado a la captura de carbono, puesto que se deriva de mismo proceso bioquímico (fotosíntesis), el cual es fundamental para la vida, tal y como la conocemos. En este sentido, la revista National Geografic en su edición de julio de 2022, afirma que aunque hay cientos de razones para conservar nuestros bosque y selvas, existe la extendida y errónea creencia de que los bosques los principales productores de oxígeno de nuestro planeta, lo que conviene desmentir, no por restar importancia al papel desempeñan las selvas y bosques en nuestro planeta, sino por dársela a los verdaderos responsables de que podamos respirar: los océanos.

La superficie de nuestro planeta se observa azul desde el espacio porque la mayor parte está cubierta de agua. La cual es la mayor responsable de los servicios ambientales que ofrece nuestro planeta, siendo precisamente el medio donde la vida en la Tierra surgió.

En este sentido, son los organismos unicelulares del fitoplancton, que flotan por miles de millones en cada m³ de agua, en la denominada **zona eufótica** del océano -que puede alcanzar los primeros 200 metros de profundidad- y en el que habitan dos grupos principales de organismos: **las algas unicelulares y las cianobacterias fotosintéticas.** Así, aunque muchos puedan pensar que son los bosques y praderas jóvenes en tierra firme los grandes productores de oxígeno, la realidad es que

el balance neto de oxígeno que se produce entre los periodos de respiración y fotosíntesis de las plantas terrestres, aunque pueda ser positivo, en general es mínimo en comparación con el servicio que ofrece el fitoplancton. Gracias a su trabajo fotosintético**, estas microscópicas criaturas producen entre el 50 y el 85 % del oxígeno que se libera cada año a la atmósfera. De esta forma, el fitoplancton genera al menos la mitad del oxígeno que respiramos, unos 27,000 millones de toneladas al año.**

La acción de estos microorganismos en nuestro planeta cumple una doble función, produciendo por un lado el imprescindible oxígeno a la atmósfera, y retirando de ella a su vez el CO_2, para transformar este carbono en los carbohidratos que son la base de la cadena alimenticia en los océanos.

En este sentido, se estima que una hectárea de árboles adultos en un año puede proporcionar oxígeno para 10 personas, sin embargo, se debe de tener en cuenta que las diferencias son enormes entre las especies de plantas, los ecosistemas, etc. por lo cual es sumamente difícil cuantificar la producción de oxígeno.

De esta forma, se concluye que la realización del proyecto no afectará significativamente este servicio ambiental.

IV.3.1.1 Cálculo de cantidad de carbono secuestrado en la vegetación afectada por CUSTF

Para determinar la cantidad de carbono secuestrado en una superficie 20.44 ha cubierta con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, se utilizó la siguiente ecuación alométrica desarrollada en el estado de Quintana Roo por Guyot (2011).

$$B = \exp(-2.9267+1.3636\ln(D)+1.615\ln(H))$$

Tabla 50. Retención de biomasa y carbono/ha en el estrato alto y medio del CUSTF.

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Acacia cornigera	8	0.0066	0.0033	168	0.1341	0.0670
Acacia dolichostachya	1	0.2696	0.1348	28	5.5098	2.7549
Amyris sylvatica	41	0.0059	0.0029	839	0.1198	0.0599
Bauhinia divaricata	1	0.1103	0.0551	28	2.2542	1.1271
Bauhinia jenningsii	159	0.0959	0.0480	3242	1.9608	0.9804
Bougainvillea buttiana	14	0.0046	0.0023	280	0.0944	0.0472
Bunchosia glabra	33	0.2788	0.1394	671	5.6987	2.8493
Bursera simaruba	163	14.0579	7.0289	3,327	287.3428	143.6714
Byrsonima bucidaefolia	5	0.4127	0.2063	112	8.4348	4.2174
Caesalpinia gaumeri	18	1.0869	0.5434	363	22.2162	11.1081
Caesalpinia violacea	4	0.1458	0.0729	84	2.9806	1.4903
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0573	0.0286	28	1.1712	0.5856
Callicarpa acuminata	3	0.0005	0.0003	56	0.0108	0.0054

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Capparis cynophallophora	36	0.0032	0.0016	727	0.0654	0.0327
Casaeria corymbosa	44	1.4968	0.7484	894	30.5950	15.2975
Cascabela gaumeri	12	0.0774	0.0387	252	1.5820	0.7910
Cascabella thevetia	11	0.0041	0.0020	224	0.0833	0.0416
Casearia corymbosa	68	0.0902	0.0451	1398	1.8432	0.9216
Ceiba aesculifolia	7	0.3262	0.1631	140	6.6685	3.3342
Chiococca alba	131	5.1403	2.5701	2683	105.0674	52.5337
Chrysophyllum mexicanum	7	0.2517	0.1258	140	5.1440	2.5720
Coccoloba acapulcensis	4	0.1174	0.0587	84	2.3989	1.1995
Coccoloba cozumelensis	4	0.2508	0.1254	84	5.1268	2.5634
Coccoloba diversifolia	25	0.1959	0.0980	503	4.0051	2.0026
Coccoloba Itzeus	12	0.5872	0.2936	252	12.0032	6.0016
Coccoloba spicata	25	0.1327	0.0664	503	2.7125	1.3563
Cordia alliodora	3	0.1639	0.0819	56	3.3498	1.6749
Cordia dodecandra	3	0.2102	0.1051	56	4.2967	2.1484
Croton reflexifolius	8	0.0008	0.0004	168	0.0170	0.0085
Cuphea utriculosa	1	0.0624	0.0312	28	1.2760	0.6380
Dendropanax arborea	8	0.2191	0.1096	168	4.4785	2.2393
Diospyros albens	22	1.5112	0.7556	447	30.8891	15.4445
Diospyros cuneata	21	1.5761	0.7881	419	32.2163	16.1081
Diospyros salicifolia	1	0.1656	0.0828	28	3.3847	1.6923
Diphysa carthagenensis	5	0.5995	0.2997	112	12.2531	6.1266
Dryapetes brownii	75	1.7226	0.8613	1537	35.2098	17.6049
Esenbeckia berlandieri	19	0.4071	0.2035	391	8.3209	4.1604
Eugenia capuli	36	0.0426	0.0213	727	0.8711	0.4355
Eugenia mayana	96	0.6394	0.3197	1957	13.0693	6.5347
Exothea diphylla	7	0.0724	0.0362	140	1.4804	0.7402
Ficus cotinifolia	36	6.0178	3.0089	727	123.0042	61.5021
Ficus obtucifolia	1	0.4900	0.2450	28	10.0158	5.0079
Ficus pertusa	15	0.2714	0.1357	308	5.5464	2.7732
Gliricidia sepium	3	0.0378	0.0189	56	0.7722	0.3861
Guettarda combsii	12	0.5792	0.2896	252	11.8379	5.9189
Guettarda elliptica	3	0.3730	0.1865	56	7.6238	3.8119

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Gymnopodium flobundum	22	0.8713	0.4357	447	17.8095	8.9048
Hampea trilobata	16	0.0125	0.0062	335	0.2547	0.1274
Hippocratea excelsa	11	0.0065	0.0033	224	0.1335	0.0668
Hyperbaena winzerlingii	5	0.0017	0.0009	112	0.0352	0.0176
Jacquinia aurantiaca	5	0.0026	0.0013	112	0.0534	0.0267
Jaquinia macrocarpa	3	0.0003	0.0001	56	0.0056	0.0028
Jatropha gaumeri	5	0.0008	0.0004	112	0.0164	0.0082
Lonchocarpus rugosus	55	1.2027	0.6013	1118	24.5829	12.2914
Lysiloma latisiliquum	120	1.8487	0.9244	2,461	37.7877	18.8939
Malpighia clavera	15	3.1824	1.5912	308	65.0491	32.5245
Malvaviscus arboreus	26	0.4067	0.2033	531	8.3125	4.1562
Manilkara achras	49	0.3843	0.1922	1006	7.8552	3.9276
Metopium brownei	79	1.5182	0.7591	1,622	31.0313	15.5156
Myrciaria floribunda	16	0.0022	0.0011	335	0.0451	0.0226
Nectandra coriacea	176	0.6942	0.3471	3606	14.1904	7.0952
Neea psychotrioides	22	0.4934	0.2467	447	10.0842	5.0421
Neomillspaughia emarginata	16	0.0346	0.0173	335	0.7066	0.3533
Oxandra lanceolata	27	3.0044	1.5022	559	61.4097	30.7048
Paratesis cubana	11	0.0009	0.0005	224	0.0185	0.0092
Paulinia cururu	5	0.0027	0.0014	112	0.0560	0.0280
Piscidia piscipula	27	3.7599	1.8800	559	76.8528	38.4264
Platymiscium yucatanum	10	0.5145	0.2572	196	10.5155	5.2578
Plumeria obtusa	1	0.4059	0.2029	28	8.2958	4.1479
Pouteria campechiana	1	0.1375	0.0687	28	2.8101	1.4050
Psychotria nervosa	22	0.0182	0.0091	447	0.3718	0.1859
Randia abscordata	16	0.0077	0.0039	335	0.1576	0.0788
Randia aculeata	145	0.7410	0.3705	2963	15.1468	7.5734
Rehdera trinervis	1	0.1731	0.0865	28	3.5378	1.7689
Sabal mexicana	4	0.2511	0.1255	84	5.1321	2.5661
Sabal yapa	12	0.2804	0.1402	252	5.7305	2.8653
Samida yucatanensis	8	0.0121	0.0060	168	0.2470	0.1235
Sapranthus campechianus	8	0.0051	0.0025	168	0.1035	0.0517
Sideroxylon salicifolium	1	0.2188	0.1094	28	4.4720	2.2360
Simarouba glauca	7	0.9400	0.4700	140	19.2132	9.6066

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Swartzia cubensis	7	0.3262	0.1631	140	6.6685	3.3342
Talisia olivaeformis	1	0.1278	0.0639	28	2.6113	1.3056
Thouinia paucidentata	15	1.9039	0.9519	308	38.9153	19.4576
Trichilia glabra	14	1.1628	0.5814	280	23.7680	11.8840
Trichilia havanensis	4	0.5640	0.2820	84	11.5279	5.7640
Vitex gaumeri	33	2.8060	1.4030	671	57.3551	28.6776
Zanthoxylum fagara	3	0.0016	0.0008	56	0.0337	0.0169
Zantoxylon caribaeum	14	0.0025	0.0013	280	0.0520	0.0260
Zuelania guidonia	10	0.4011	0.2005	196	8.1981	4.0990
TOTALES	**2,265**	**68.8009**	**34.4004**	**46,294**	**1,406.2901**	**703.1451**

Se estiman unas existencias de 68.8009 ton/ha de biomasa leñosa en ambos estratos (alto y medio); en tanto que en las 20.44 ha propuestas para el proyecto (CUSTF) las existencias de biomasa leñosa son de 1,406.2901 ton. En caso de implementarse el proyecto, dejarían de captarse 34.4004 ton/ha/año de carbono en los dos estratos con vegetación leñosa ya mencionados, en tanto que en las **20.44 ha del CUSTF** se dejarían de capturar un total de 703.1451 ton/año de carbono en los estratos alto y medio.

Con las acciones de mitigación que se platean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse, se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por la implementación del proyecto ya que la eventual afectación sería a nivel del área de influencia del propio proyecto.

Partiendo de un precio de 10.71 USD[4] por tonelada de C, en términos económicos, en el área de CUSTF se estaría dejando de percibir la cantidad de $ 146,848.33 pesos (al tipo de cambio de 19.50 pesos por dólar) dado que se dejarían de retener 703.1451 toneladas de C.

(http://www.mercadosdemedioambiente.com/actualidad/la-tonelada-de-co2-en-california-alcanza-un-precio-r-cord/)

Las acciones de mitigación del impacto ambiental que se generarían con la eventual remoción de una parte de la vegetación leñosa, consisten en la ejecución de los trabajos de reforestación y reubicación de especies, tal como se presenta en los siguientes cuadros.

Tabla 51. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.

Nombre científico	Cantidad
Acaelorraphe wrigthi	**559**
Acrostichum danaeifolium	**28**
Anturio schlechtendalii	**28**

[4] http://www.mercadosdemedioambiente.com/actualidad/la-tonelada-de-co2-en-california-alcanza-un-precio-r-cord/

Nombre científico	Cantidad
Bougainvillea buttiana	**280**
Bromelia sp	**28**
Callicarpa acuminata	**56**
Cnidoscolus aconitifolius	**56**
Cordia alliodora	**56**
Cordia dodecandra	**56**
Croton malvaviciifolius	**895**
Cuphea utriculosa	**28**
Diospyros salicifolia	**28**
Ficus obtucifolia	**28**
Galactica striata	**140**
Gliricidia sepium	**56**
Jaquinia macrocarpa	**56**
Oncidium luridium	**336**
Petrea volubilis	**28**
Polypodium macrophyllum	**336**
Pouteria campechiana	**28**
Rehdera trinervis	**28**
Samida yucatanensis	**168**
Sapranthus campechianus	**168**
Scleria lithosperma	**308**
Tillandsia brachycaulos	**839**
Zamia lodigesii	**84**
Zanthoxylum fagara	**56**
Zantoxylon caribaeum	**280**
Coccothrinax readii	**503**
Thrinax radiata	**447**
TOTALES	**5,984**

Se tiene un total de 30 especies a rescatar y reubicar que suman 5,984 individuos. Si bien, tres especies (*Acaelorraphe wrigthi, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*) aparecen en la NOM059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A).

Tabla 52. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas.

Nombre científico	Cantidad
Amyris sylvatica	**2,516**
Anturio sp	**699**
Arrabidaea floribunda	**2,377**
Arrabidaea petellifera	**699**

Nombre científico	Cantidad
Bauhinia jenningsii	**6,431**
Blechum sp.	**21,949**
Bunchosia glabra	**419**
Bursera simaruba	**7,829**
Caesalpinia gaumeri	**1,118**
Caesalpinia violacea	**140**
Caladium bicolor	**140**
Cascabela gaumeri	**979**
Cascabella thevetia	**699**
Casearia corymbosa	**5,872**
Ceiba aesculifolia	**280**
Chamaedorea seifrizii	**419**
Chiococca alba	**9,087**
Chrysophyllum mexicanum	**559**
Coccoloba Itzeus	**699**
Coccothrinax readii	**839**
Dryapetes brownii	**1,118**
Esenbeckia berlandieri	**1,817**
Eugenia capuli	**1,678**
Eugenia mayana	**7,969**
Exothea diphylla	**559**
Ficus pertusa	**839**
Guettarda combsii	**839**
Gymnopodium flobundum	**839**
Lonchocarpus rugosus	**2,516**
Malpighia clavera	**280**
Malvaviscus arboreus	**280**
Metopium brownei	**5,592**
Morinda yucatanensis	**140**
Myrciaria floribunda	**1,398**
Nectandra coriacea	**2,796**
Neea psychotrioides	**699**
Oeceoclades maculata	**559**
Oxandra lanceolata	**1,817**
Paratesis cubana	**280**
Piscidia piscipula	**1,398**
Randia aculeata	**8,808**
Simarouba glauca	**419**

Nombre científico	Cantidad
Smilax mollis	**280**
Thrinax radiata	**1,957**
Acaelorraphe wrigthi	**2,796**
Zuelania guidonia	**419**
TOTALES	**111,843**

Los trabajos de reforestación están dirigidos a 46 especies de importancia ecológica, si bien tres de ellas (*Acaelorraphe wrigthi, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*) se encuentran del estatus de amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. En este sentido, es importante mencionar que se consideró realizar la siembra de una cantidad de plantas igual a cinco veces la diferencia/ha de la abundancia reportada entre el área del CUSTF y el SAR, ajustada a la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

Con estas acciones de mitigación, se garantiza la recuperación de 703.1451 ton C/año, mismas que en promedio, dejarían de capturarse con la eventual ejecución del proyecto. Las áreas requeridas para realizar los trabajos de reforestación, deberá ubicarse en la zona de conservación del proyecto. Con las acciones de restauración que se planean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse a sí mismo (propiedad de resiliencia de los ecosistemas), se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por efecto de la implementación del proyecto, ya que la afectación solo será a nivel del área de influencia de este.

IV.3.2 Provisión de agua en cantidad

Este servicio ambiental está relacionado con la función de los bosques y selvas tropicales como reguladores del agua y garantes de su disponibilidad y calidad. La unidad física básica en la regulación del agua es la cuenca, así tenemos que muchos de los patrones hídricos observados en una cuenca, al igual que la cantidad del agua que de ella emana, dependen de su relieve y pendiente, así como de su tamaño, ubicación geográfica, tipo de suelo y, por supuesto, de la precipitación anual y los ecosistemas que la conforman.

Para entender la relación del trinomio agua-bosque-suelo es importante resaltar que los suelos de bosques y selvas absorben 4 veces más el agua de lluvia si se compara con suelo cubierto por pastos naturales o cultivados y 18 veces más con respecto a un suelo desnudo. Los bosques son los ecosistemas que más agua producen, siendo este el líquido conductor, regulador y portador de la vida. A medida que se pierden los bosques se disminuye la capacidad de captura de agua; se destruye el hábitat de plantas y animales, afectando a la vida en general. Existe una correlación positiva que nos dice que a mayor cubierta vegetal (bosques, selvas), mayor presencia de lluvia. Cuando se condensa la humedad (baja altura), como sucede en zonas boscosas y selváticas, se incrementa la precipitación si se compara con una zona deforestada donde las nubes se forman a mayor altura y son movidas por el viento, lo que modifica la precipitación en la zona.

Una forma de visualizarlo es con la acción de dicho trinomio en el Ciclo Hidrológico de las siguiente manera: la humedad en forma de evaporación del suelo y cuerpos de agua naturales o artificiales; y la evapotranspiración de la cubierta vegetal así como las zonas de cultivo de temporal o riego

incluidos los pastizales naturales o de cultivo, forma las nubes las que se precipitan como lluvia y dependiendo si existe cubierta vegetal en las zonas altas o montañosas el agua escurre y se infiltra de manera más suave en comparación con una zona sin vegetación aquí las aguas bajan de manera torrencial llevando distintos materiales y se depositan como azolves en los cuerpos de agua ubicados en las partes bajas o en el mar. Por tal razón es fundamental realizar un adecuado uso del suelo acorde a su vocación, sin que esto signifique que sea incompatible con actividades productivas.

A pesar del incremento en el consumo de agua en los últimos años, no se aprecia disminución en el nivel estático del agua subterránea y se acepta que las previsiones del incremento de la demanda futura de agua se pueden satisfacer si se mantienen las medidas de protección del acuífero (CONAGUA 2012).

Los cálculos más recientes del balance hídrico de México, señala que recibe un volumen anual promedio de 1,449 kilómetros cúbicos de agua de precipitación, de los cuales 70% regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Además del agua que proviene de la precipitación, el país recibe aproximadamente 48 kilómetros cúbicos por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur y exporta 0.43 kilómetros cúbicos anualmente del río Bravo a los Estados Unidos, de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas internacionales del año 1944. Así, la disponibilidad natural media en el país es de 451.6 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año. De ese volumen, alrededor del 80% corresponde al escurrimiento superficial nacional (359.04 kilómetros cúbicos en 2017) y el restante 20% (92.5 kilómetros cúbicos) contribuye a la recarga de los acuíferos. El valor de la disponibilidad natural media nacional resulta superior al de la mayoría de los países europeos, pero es bajo en comparación con países como Brasil con 8,647 kilómetros cúbicos, Estados Unidos con 3,069 kilómetros cúbicos o Canadá que es de 2,902 kilómetros cúbicos (FAO, 2018).

La diversidad de climas presentes en las regiones hidrológico-administrativas (RHA), en las que se divide el México, producen contrastes en los volúmenes de la precipitación. Por ejemplo, en la región Frontera Sur, con un clima cálido húmedo, la precipitación pluvial normal anual entre los años 1981 y 2010 fue casi once veces mayor que la observada en la RHA Península de Baja California, en donde predomina el clima seco, entre 1842 y 168 mm de precipitación.

Al igual que la precipitación, el escurrimiento superficial también varía en la geografía nacional: la región Frontera Sur contabiliza poco más del 34.7% del total nacional (básicamente por la presencia de los ríos Grijalva y Usumacinta), mientras que en las penínsulas de Baja California y Yucatán es de aproximadamente el uno por ciento. En el caso de la península de Baja California esto se explica por la escaza precipitación; y en la de Yucatán por el relieve plano y sustrato permeable que impiden loa formación de escurrimientos superficiales de importancia. Respecto a la recarga media total de los acuíferos, el mayor porcentaje ocurre en las regiones XII Península de Yucatán con una recarga de 25,316 hm^3 y la región Xl Frontera Sur con 22,718 hm^3, lo que representa el 27.4 y 24.5% respectivamente de la recarga total. En contraste, las regiones con menor contribución a la recarga de acuíferos a nivel nacional, son la región l Península de Baja California con 1.8% de la recarga total y la V Pacífico Sur con 2.1%.

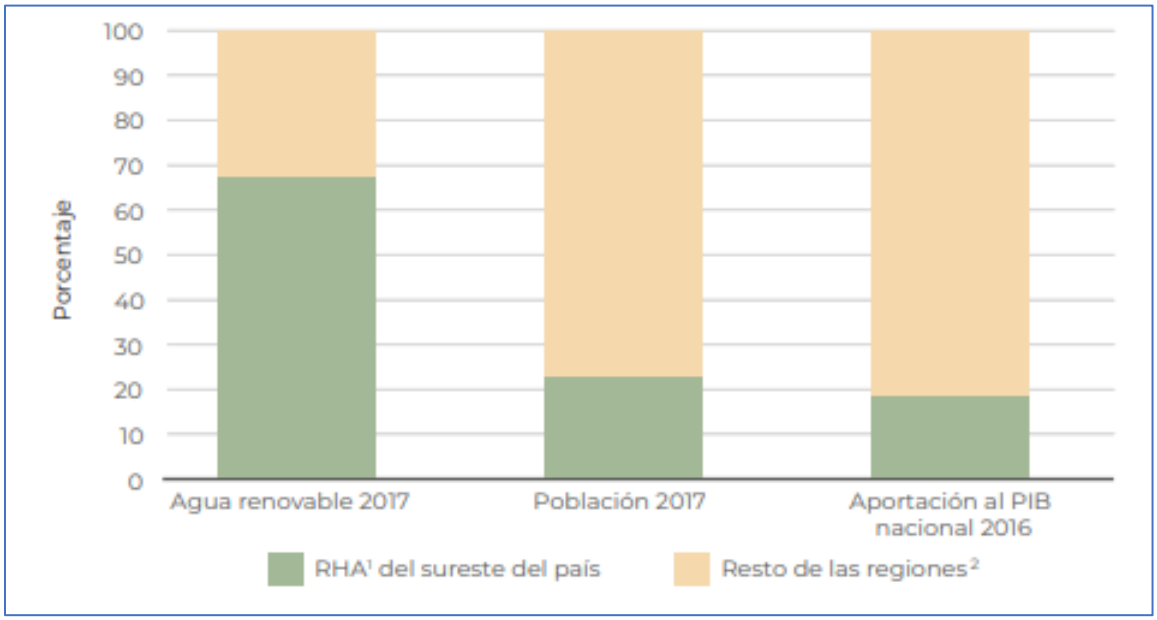


Figura 52. Contrastes regionales entre el agua renovable y el desarrollo nacional (2017)

Como se ha visto, el retiro de la vegetación potencializa el escurrimiento de agua en una cuenca, proceso que repercute en el balance hidrológico de la misma al disminuir el suministro gradual de agua al acuífero; sin embargo, tomando en cuenta las dimensiones del área de Cambio de Uso de Suelo en el predio, que es de 1.6142 hectáreas, misma que con respecto a las dimensiones de la cuenca donde se encuentra inmerso el proyecto, representa una fracción muy baja de la misma, lo que permite asumir que la variación en el coeficiente de escurrimiento, por más drástico que sea el cambio de uso de suelo, no podrá alterar el flujo, ni la cantidad disponible de agua en la cuenca antes mencionada. Considerando lo anterior, se asume que las posibles afectaciones hacia este servicio ambiental, serán puntuales y sólo se limitarán a la superficie de cambio de uso de suelo propuesta.

En la zona en la que se ubica el predio, el acuífero subyacente es de tipo costero de alta permeabilidad, bajo gradiente hidráulico y nivel freático casi estable. En esta zona la circulación de agua subterránea es abundante debido a las elevadas precipitaciones y alta permeabilidad de la superficie cárstica. La recarga de acuíferos ocurre en la región poniente principalmente fuera del SAR, a través de los volúmenes infiltrados y los flujos subterráneos se convierten en descargas hacia el mar y los sistemas lagunares. En esta región se considera que el lente de agua subterráneo está a poca profundidad, ya que aflora ocasionalmente en cenotes y lagunas intermitentes.

La recarga del acuífero tiene lugar durante los meses de mayo a octubre y es originada principalmente por las lluvias de mayor intensidad. En general, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación del acuífero.

Con los antecedentes anteriores, se tiene que la captura de agua a nivel de cuenca no se vería afectado por el desarrollo del proyecto, ello debido a su ubicación regional en la zona costera, donde el potencial hidráulico proveniente del continente, la naturaleza kárstica del sustrato y la gran

cantidad de agua proveniente de forma subterránea desde las partes más altas, implica que la captación en el área del CUSTF, sea muy poco significativo.

Así las cosas, el proyecto no afectará el servicio ambiental de provisión del agua, para lo cual, es necesario determinar el volumen de escurrimiento (Ve), y la evapotranspiración (ETR). Dichas variables requieren a su vez de información respecto a la precipitación en la zona, en este sentido, la carta de hidrología superficial del INEGI F1611 señala que en el sitio donde se ubica el proyecto no existen corrientes superficiales de agua; asimismo, para la zona de estudio se toma como referencia la información de una precipitación promedio anual de 1,372.2mm registrada en el periodo de 1998 – 2024 por la estación 23163, Playa del Carmen que es la más próxima al área de estudio.

El proyecto propone la implementación de una serie de medidas de mitigación que contribuirán a que el impacto no sea significativo para la zona, e inclusive se logre un incremento en el volumen de infiltración al subsuelo.

Derivado de los razonamientos expuestos, se concluye que el proyecto denominado **"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en el predio denominado "che-hum" municipio de Solidaridad, Quintana Roo",** no afectará la calidad de captación del agua ni su infiltración al subsuelo, considerando las medidas de prevención y mitigación.

De esta forma, no se afectará la calidad del agua ya que se contemple una serie de acciones para la eliminación de contaminantes que se pudieran infiltrarse al subsuelo y, en consecuencia, a los mantos freáticos.

De manera particular en el área de estudio se pretende llevar a la práctica una serie de medidas para mitigar los efectos negativos que se pudieran presentar por efecto de eventualmente llevar a cabo el cambio de uso de suelo, y que esto pudiera afectar la calidad del agua. Las cuales se describen a continuación:

Se proporcionarán suficientes instalaciones de baños portátiles para el personal que labore en el predio, con el objeto de no afectar el manto freático por la defecación y micción al aire libre en los sitios aledaños a las áreas de cambio de uso de suelo durante las Etapas de Preparación, Construcción y Operación del proyecto.

El manejo y disposición final de las aguas residuales, correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios portátiles, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre para la prestación de dicho servicio.

Se colocarán depósitos temporales para residuos domésticos (cartón, papel, unicel, plásticos, aluminio etc.), para evitar el esparcimiento de basura en el predio durante las Etapas de Preparación, Construcción y Operación del proyecto.

Se evitará el derrame de combustibles y lubricantes en las áreas destinadas al cambio de usos de suelo.

En este sentido, los resultados del balance hídrico obtenidos para el suelo **Leptosol**, con las obras de conservación de suelo y agua (sistema zanja bordo) se capta un volumen de **128,823.40 m³** que sumado al que se infiltra por efecto del incremento a la cobertura de copa (**0.00 m³)** que en este caso no se registra infiltración por obtenerse un valor negativo, con lo cual obtenemos un total de **128,823.40 m³**. Sin embargo, la infiltración continúa siendo muy superior al volumen que se tendría que mitigar (**6,294.18 m³**), obteniéndose un excedente de **122,529.22 m³** en las 20.44 ha propuestas para el eventual cambio de uso de suelo. De esta manera, se demuestra que NO se compromete la captación del agua. En la siguiente tabla se resumen los tres escenarios:

Tabla 53. Resumen de los tres escenarios suelo arenosol.

Escenario	**ESCENARIO E1**	**ESCENARIO E2**	**Diferencia total a mitigar (m³)**	**ESCENARIO E3**	
	Condiciones actuales (sin proyecto)	**Realizando el CUSTF (sin medidas de mitigación)**		**Una vez realizado el CUSTF y ejecutando las medidas de Mitigación**	
				Incremento de la cobertura a más de 75%	**Acomodo de material vegetativo muerto**
Balance hídrico	m³/año	m³/año	-----	m³/año	-----
Volumen precipitado	280,477.68	280,477.68	-----	280,477.68	-----
Volumen EVT	267,771.55	267,771.55	-----	267,771.55	-----
Escurrimiento	40,916.27	47,210.45	-----	37,770.25	-----
Infiltración	-28,210.14	-34,504.32	6,294.18	-25,064.12	128,823.40
TOTAL BRUTO				128,823.40	
TOTAL NETO (con mitigación)				122,529.22	

Por otra parte, considerando que el predio cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por servicios ambientales de la CONAFOR en la modalidad B2.1 Servicios hidrológicos Área 1, la cual tiene asignado un monto de $ 1,100.00/ha/año; tenemos que en las 20.44 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de la vegetación, se estaría dejando de percibir la cantidad de **$ 22,484.00** anuales que corresponden a la afectación en términos económicos del servicio ambiental de captura de agua.

En el área propuesta para el proyecto tenemos que en las condiciones actuales (sin proyecto) y considerando que se presenta vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, la cual posee una cobertura del 50 al 75%, asimismo, el volumen total precipitado en el área del CUSTF es de 280,477.68 m³ al año, de los cuales un 95.47% (267,771.55 m³) se pierde por el proceso de evapotranspiración, y de acuerdo con el procedimiento, escurre el 14.59% (40,916.27 m³) del agua precipitada, en tanto que no se registra infiltración al subsuelo (-10.06%). Tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 54. Balance hídrico sin proyecto (actual) en el área propuesta por el proyecto.

Balance hídrico	m^3/año	%
Volumen precipitado	280,477.68	100.00%
Volumen EVT	267,771.55	95.47%
Escurrimiento	40,916.27	14.59%
Infiltración	-28,210.14	-10.06%

Para llevar a cabo la estimación del volumen de agua que se dejaría de infiltrar, en el escenario de haberse realizado el proyecto o "con proyecto", se tiene como premisa que el volumen de escurrimiento tiende a aumentar como consecuencia de la eliminación de la vegetación. Bajo estas nuevas condiciones, el escurrimiento crece en relación al que se presenta en la condición inicial, es decir, a un 16.83% del agua de lluvia (47,210.45 m³) en tanto que continúa sin registrarse infiltración ya que continúa registrándose un valor negativo (-12.30%) del volumen total precipitado, es decir, tenemos un valor de -34,504.32 m³. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 55. Resumen del balance hídrico después de realizar el cambio de uso de suelo.

Balance hídrico	m^3/año	%
Volumen precipitado	280,477.68	100.00%
Volumen EVT	267,771.55	95.47%
Escurrimiento	47,210.45	16.83%
Infiltración	-34,504.32	-12.30%

Una vez revisados ambos escenarios (antes del proyecto y después de proyecto), procedemos a comparar los resultados encontrados:

Tabla 56. Diferencia entre el escurrimiento previo y posterior al cambio de uso de suelo.

Escurrimiento sin proyecto (m^3)	40,916.27
Escurrimiento con proyecto (m^3)	47,210.45
Diferencia entre el volumen previo y posterior al CUSTF (m^3)	6,294.18

Con el presente análisis, podemos demostrar que, en las condiciones específicas del área de estudio, tal como es el clima húmedo tropical con altas precipitaciones (1,372.20 mm/año), una evapotranspiración muy alta (95.47%) en un predio con una altitud casi al nivel del mar, asimismo se presenta un bajo escurrimiento sin proyecto (actual) y ya no se verifica infiltración. De esta manera, se estima una diferencia entre ambos escurrimientos ("antes" y "después" del proyecto) de 6,294.18 m³ por año en 20.44 ha.

IV.3.3 Protección y recuperación de suelo

El suelo es una entidad natural, clave para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. Además de ser el principal soporte de la vegetación, la infraestructura y el hábitat de la biodiversidad, participa de manera esencial en el funcionamiento de cualquier ecosistema. Al igual que los bosques, el agua o los yacimientos minerales el suelo es un recurso finito que forma parte del capital estratégico

natural de cualquier país. Se ha estimado que los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra en la vegetación y cerca de dos veces más que aquel que se encuentra presente en la atmósfera.

Algunos cálculos ubican el reservorio de carbono del suelo en el orden de 2,300 gigatoneladas en los primeros tres metros de profundidad, y con capacidad para permanecer retenido por cientos o miles de años, hasta que la propia actividad biológica o geológica lo libera en forma de CO2. El suelo tiene también un papel muy importante en el ciclo hidrológico; ya que el agua almacenada en el mismo, llamada agua verde, representa cerca del 90% del agua utilizada por la agricultura. Otros servicios de regulación que se obtienen del suelo son la retención de compuestos tóxicos y el reciclaje y disponibilidad de nutrientes, ya que posibilita una amplia gama de reacciones químicas que neutralizan o reducen la toxicidad de los contaminantes o libran nutrientes para las plantas.

La erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de las tierras, ya que implica su pérdida de fertilidad y eventualmente la desertificación. Asimismo, también reduce la productividad de la pesca en los cursos inferiores de ríos y lagos, es decir, disminuye la capacidad de la tierra para proveer bienes y servicios ecosistémicos tanto en el sitio puntual de la afectación, como aguas abajo. De tal forma que podemos decir que degradación del suelo se define como "un grupo" de procesos que ocasionan el deterioro del recurso, los cuales provocan una disminución de la productividad biológica y la pérdida de la biodiversidad".

La eliminación de la vegetación es la principal causa de degradación del suelo y de la pérdida de su capacidad de tolerar la erosión. Y ocurre porque el suelo queda desnudo y sufre las consecuencias del impacto de las gotas de lluvia y del aumento de la escorrentía, produciéndose una pérdida neta de suelo y de su capacidad de mantener la vida. Cada suelo, en función de sus características, de su localización en el paisaje y del régimen climático, posee un umbral crítico de equilibrio entre la erosión que soporta y la vegetación que puede mantener. Si se sobrepasa, el sistema entra en una espiral de disminución de la cobertura vegetal y aumento de la erosión que puede conducirle a un estado irreversible de desertificación. Así las cosas, la erosión hídrica se puede considerar una fuerza ecológica que influye sobre la composición de la vegetación y su patrón espacial al producir el desarraigo de plantas y el arrastre de semillas y modificar las propiedades del suelo, en consecuencia, con la agudización de los procesos de erosión, la cobertura vegetal y la diversidad disminuyen.

Los síntomas de la degradación del suelo son numerosos y comprenden la disminución de la fertilidad, la acidificación, la salinización, la alcalinización, el deterioro de la estructura del suelo, una erosión eólica e hídrica acelerada y la pérdida de materia orgánica y biodiversidad. Las repercusiones socioeconómicas resultantes son, entre otras, que la productividad de la mano de obra agrícola y los ingresos generados por la agricultura están cayendo, la migración a las zonas urbanas está aumentando y la pobreza rural se está agravando.

En 2003 se publicó la Evaluación por pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000 (Semarnat y UACh, 2003). Los resultados de este trabajo muestran que el 42% de la superficie nacional, ha estado afectada por erosión hídrica, y que 17 entidades federativas presentarían este problema en más de 50% de su territorio, entre ellas Guerrero (79.3%), Puebla (76.6%), Morelos (75.2%). Oaxaca (74.6%) y Edo. México (73.7%). También las regiones

montañosas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como vastas regiones de Chiapas y las entidades del centro del país, tendrían riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica.

Por otro lado, la erosión eólica afecta principalmente las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país, aunque no es exclusiva de ellas. Su presencia está asociada a una insuficiente protección del suelo por la cubierta vegetal, a la destrucción de la estructura del suelo y a niveles bajos de humedad. A escala nacional, 18.12 millones de hectáreas (equivalentes al 9.5% del territorio) muestran evidencias de erosión eólica. Con respecto a los niveles de afectación, de la superficie nacional con erosión eólica, el 66.7% se encuentra en nivel moderado, 29.5% en ligero y 3.9% entre fuerte y extremo. Las entidades más afectadas por la erosión eólica, en proporción a su territorio, son Chihuahua (28.5%), Tlaxcala (26%), Nuevo León (18.9%) y Durango (17.9%); mientras que Baja California (0.3%), Veracruz (0.7%), Baja California Sur (1.2%) y Colima (2.8%) se encuentran entre las menos afectadas.

De esta forma, el servicio ambiental de control de la erosión puede definirse como un servicio ecosistémico que depende del mantenimiento y funcionamiento de la estructura y el capital natural del suelo (procesos físicos, químicos y biológicos inherentes a su formación), que posibilita la retención del suelo bajo los diferentes usos de la tierra y por lo tanto evita su degradación. De tal forma que permite al ecosistema autorregulase y permanecer estable, proporcionando las condiciones necesarias para la prestación de otros servicios ambientales ecosistémicos, que pueden o no ser aprovechados directamente por el hombre.

Los esfuerzos encaminados a restablecer la productividad de los suelos erosionados, deben complementarse con otras medidas que afectan a las prácticas de aprovechamiento de la tierra, como es en particular la agricultura de conservación, las buenas prácticas agrícolas y la gestión del riego. Algunos estudios han demostrado que cuanto más se parece un sistema agrícola a un bosque o selva natural en su estructura de cubierta, espaciado de árboles y cubierta vegetal, menos posibilidades hay de erosión del suelo. Asimismo, la exclusión del ganado, el pastoreo rotativo o el pastoreo racional pueden ser necesarios para evitar la degradación del suelo y así promover su restauración.

La eliminación de la vegetación forestal afectará a este servicio ambiental de forma puntual en la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo, lo que significa la remoción de la vegetación en 20.44 hectáreas (204,400.00 m^2) que originará una erosión no significativa con respecto a la erosión que se reconoce para la Península (44,875 km^2).

Asimismo, con la implementación del proyecto no se prevé la afectación significativa del predio por causa de la erosión. De esta forma, en la siguiente tabla se puede ver la comparación de la erosión que se presenta "con proyecto" y "sin proyecto", que para su implementación, deberán aplicarse una serie de medidas de mitigación como es el rescate y reubicación de especies de flora y fauna, así como el triturado y elaboración de composta a partir del material vegetal producto del eventual retiro de la vegetación en el área del CUSTF, para que a su vez, sea reincorporado al área de conservación del mismo proyecto.

De forma específica tenemos que la pérdida anual de suelo antes del proyecto y después del mismo en el caso de la erosión hídrica, dentro del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, se presenta a continuación:

Tabla 57. Comparación de la erosión hídrica anual antes y después de proyecto.

Polígono	Antes del CUSTF		Después del CUSTF		Diferencia a mitigar (toneladas)
	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	
Erosión total del predio (20.4400 ha)	2.6603	54.3771	9.6739	197.7350	143.3579
		54.3771		197.7350	143.3579

Para la erosión hídrica tenemos una diferencia que asciende a 143.3579 ton/año en 20.44 ha, debido a que antes de proyecto se presenta una erosión de 54.3771 ton/año y después de proyecto la erosión se incrementa a 197.7350 ton anuales.

En el caso de la erosión eólica, podemos observar que la pérdida anual de suelo es la siguiente:

Tabla 58. Comparación de la erosión eólica anual con y sin proyecto

Erosión eólica sin proyecto		E. eólica total	Diferencia a mitigar
-0.3450	ton/ha/año	-7.0524	
Erosión eólica con proyecto		**E. eólica total**	-3.7974
-0.5308	ton/ha/año	-10.8498	

En la tabla anterior se puede observar que la erosión eólica total sin proyecto en las 20.44 ha. es de -0.3450 ton/año y con proyecto en la misma superficie alcanza un total de -0.5308 ton/año. Es decir, debido a la alta precipitación pluvial que se presenta en esta zona (1,372.2 mm/año), así como el tipo y textura del suelo, puede afirmarse que NO se presenta erosión eólica en el área propuesta para la ejecución del proyecto. Por lo tanto, la pérdida neta anual (diferencia a mitigar) es también un valor negativo (-3.7974 ton), en las 20.44 ha solicitadas para el CUSTF.

En total, la pérdida de suelo por año como resultado de las erosiones hídrica y eólica resultan ser de 7.1347 toneladas/año en la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo (20.44 ha); en tanto que las obras de mitigación (sistema zanja-bordo) tiene el potencial de retener 150.4926 toneladas/año. Por lo tanto, es posible obtener un residual positivo de 7.1347 toneladas/año en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

Tabla 59. Comparación de la erosión hídrica y eólica anuales, sin proyecto y con proyecto, en suelo leptosol.

Erosión		Erosión Sin Proyecto (Ton.)	Erosión Con Proyecto (Ton.)	Diferencia a mitigar (Ton.)	Diferencia total a mitigar (Ton.)	Aplicación de obras de mitigación (ton)	Residual (ton)
Hídrica	Erosión /Ha/Año	2.6603	9.6739	7.0136	**143.3579**	**150.4926**	**7.1347**
	Erosión /CUSTF/Año	54.3771	197.7350	**143.3579**			
Eólica	Erosión /Ha/Año	-0.3450	-0.5308	-0.1858			
	Erosión /CUSTF/Año	-7.0524	-10.8498	**-3.7974**			

Para efectos de tomar en cuenta su afectación económica, considerando que el proyecto en cuestión cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por conservación y restauración de suelos que otorga la CONAFOR en la modalidad B1.4, la cual tiene asignada un monto de apoyo por hectárea por año que equivale a $ 2,600.00/ha/año, entonces por las 20.44 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de vegetación, se estaría dejando de percibir en términos económicos la cantidad de **$53,144.00** anuales que corresponde a la afectación en términos económicos por conservar y restaurar el suelo en el área propuesta para el CUSTF.

En conclusión, bajo las condiciones de los suelos en el predio con una adecuada cobertura vegetal, los valores de erosión son muy inferiores al valor de 10 ton/ha/año que establece Martínez-Méndez, (2005) como aceptable. Sin embargo, cuando inicien las etapas de preparación del sitio y eventualmente disminuya o se elimine la cobertura vegetal en las superficies donde se plantean realizar los trabajos y actividades propias del proyecto, es importante ejecutar obras de conservación de suelo y agua para evitar el incremento de la erosión, al menos durante el periodo de tiempo durante el cual el suelo queda expuesto.

IV.3.4 Protección a la biodiversidad de los ecosistemas y formas de vida

Este servicio ambiental en general se considera que genera recursos materiales, productos y bienes tangibles para la humanidad, tales como alimentos, derivados de plantas, animales, hongos y en general los componentes de los biomas. Así como combustibles, en forma de leña, excretas de los animales; o fibras y pieles, para vestimento y protección, como es el algodón, henequén, lechuguilla y los productos de la cacería.

La biodiversidad comprende tanto la diversidad dentro de una especie o un ecosistema como la diversidad entre especies o ecosistemas. Es en este sentido, que a este servicio ambiental se le puede considerar como una trama de relaciones entre los seres vivos y su medio ambiente que permite la continuidad y evolución de los ecosistemas, comunidades, poblaciones, especies y sus "bancos de genes" que influyen en el suministro de otros servicios ecosistémicos que benefician directa o indirectamente a las sociedades humanas. Es decir, se trata de un capital natural, que brinda servicios y funciones ambientales para otros servicios ambientales ecosistémicos, tales como la degradación de desechos orgánicos, formación de suelos, control de la erosión, infiltración de agua, fijación de nitrógeno, variedad de recursos alimenticios, mantenimiento de las cosechas,

control biológico de plagas, productos farmacéuticos y naturistas, turismo de bajo impacto, brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias y fijación de bióxido de carbono entre muchas otras. Por lo tanto, la diversidad biológica por medio de sus procesos naturales genera servicios ecosistémicos que son indispensables para la sobrevivencia de los seres vivos, incluyendo a los humanos.

A través de estudios a diferentes escalas espaciales y temporales con grupos biológicos diversos se han demostrado que: a) la pérdida de biodiversidad afecta a las comunidades ecológicas al reducir su eficiencia en la captura recursos biológicamente esenciales como la producción de biomasa y el reciclaje de nutrientes, b) la biodiversidad incrementa la estabilidad de las funciones del ecosistema a través del tiempo, c) el efecto de la biodiversidad sobre los procesos de los ecosistemas no es lineal ni saturado, de modo que el cambio se acelera a medida que se incrementa la pérdida de biodiversidad, d) las comunidades diversas son más productivas porque contienen más especies clave, las cuales influyen sobre la productividad y por las diferencias en los rasgos funcionales entre organismos que incrementan la captura total de recursos, e) la pérdida de biodiversidad a través de niveles tróficos tiene el potencial de influir sobre las funciones de los ecosistemas incluso con mayor fuerza que la pérdida de biodiversidad dentro de niveles tróficos, f) los rasgos funcionales de los organismos tienen grandes impactos sobre la magnitud de las funciones de los ecosistemas (Cardinale et al. 2012).

Una de las medidas más efectivas para mantener la diversidad es la protección de los ecosistemas forestales existentes, de esta forma tenemos que las comunidades naturales poseen una propiedad o atributo emergente conocido con diversidad biológica, el cual se relaciona directamente con la variedad existente dentro de esas comunidades, dicho atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies y el segundo componente es la equitabilidad, que se refiere a cómo la abundancia (el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) se distribuye entre las especies de la comunidad biológica, por lo tanto, es específica de cada localidad. Si bien el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, al ser utilizados, es fundamental considerar atentamente sus limitaciones y fortalezas para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

Asimismo, la diversidad biológica de un país y su uso sostenible representa un gran potencial para su desarrollo y la generación de beneficios para toda la población (Sarukhán et al. 2012). México es parte de un selecto grupo de 17 países reconocidos como megadiversos, ya que estos países albergan entre 60 y 70% de la diversidad biológica conocida del planeta (ESTRATEGIA NACIONAL 2016-2030). Por sus características, en nuestro país la biodiversidad no se distribuye de manera homogénea; existen regiones particularmente ricas en especies, como el Eje Neovolcánico Transversal, las Sierras Madre Oriental y Occidental y las zonas donde confluyen las regiones Néartica y Neotropical (Koleff et al., 2008) en SEMARNAT, 2022.

La biodiversidad mexicana también resalta por su alto índice de endemismos, es decir, por la presencia de especies que solamente se encuentran dentro del territorio mexicano. De tal forma que el total de vertebrados que habitan en nuestro territorio, 20% son endémicos; si se examina por grupos, el 46% de las especies de reptiles son endémicos (368 especies de 804 totales); 30% de los mamíferos (161 de 535), 48% de los anfibios (174 de 361) y 11% de las aves (125 de 1,096 especies). Por su parte, de las especies de plantas vasculares que se conocen en el país, se calcula

que entre 50 y 60% son endémicas (Sarukhán, 2009), con algunas familias botánicas excepcionalmente ricas en endemismos, como las orquídeas y cactáceas, de las cuales alrededor del 60 y 50% de sus especies, respectivamente, sólo habitan nuestro país (SEMARNAT, 2022).



Figura 53. Riqueza de plantas vasculares por entidad federativa.

Tenemos que la Península de Yucatán es menos diversa que otras regiones de México, aunque presenta atributos taxonómicos y filogenéticos que la diferencian de otras zonas del país, Centro y Sur América. Por ejemplo, presenta pocas especies endémicas, baja riqueza de especies restringidas y un mayor número de especies con intervalos de distribución amplios, por lo que la probabilidad de que se registren las mismas especies en dos sitios es elevada (Arita y Vázquez-Domínguez 2003). La Península también se caracteriza por su baja diversidad beta (tasas de recambio de especies entre un hábitat y otro o entre un estado de uso y otro), lo cual ha sido explicado como resultado de la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats (Vázquez-Domínguez y Arita 2010).

De esta forma el servicio ambiental de conservación de la biodiversidad, se refiere al papel que el ecosistema desarrolla para brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias. Una de las medidas más efectivas para mantener la diversidad es la protección de los ecosistemas forestales existentes, de esta forma tenemos que las comunidades naturales poseen una propiedad o atributo emergente conocido con diversidad biológica, el cual se relaciona directamente con la variedad existente dentro de esas comunidades, dicho atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado "riqueza de especies". El segundo componente es la "equitatividad", que se refiere a cómo la abundancia (el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) se distribuye entre las especies de la comunidad biológica; por lo tanto, es específica de cada localidad. Si bien el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, al ser utilizados es fundamental considerar atentamente sus limitaciones para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

La biodiversidad es considerada como un servicio ambiental que proporciona muchos beneficios a la sociedad tales como la degradación de desechos orgánicos, formación de suelos, control de la erosión, infiltración de agua, fijación de nitrógeno, recursos alimenticios, mantenimiento de las cosechas, control biológico de plagas, productos farmacéuticos y naturistas, turismo de bajo impacto y fijación de bióxido de carbono entre muchas otras.

Por otro lado, si consideramos que uno de los primeros patrones que se han observado en la naturaleza es la relación entre número de especies y área: cuanto mayor es el área muestreada, mayor es el número de especies que alberga. Este patrón se ha observado en todo el mundo, tanto en entornos terrestres como en marinos. Se utilizan dos argumentos principales para explicar la relación entre número de especies y área: primero, que las áreas más grandes pueden mantener poblaciones más grandes y, por lo tanto, las especies tienen menos probabilidad de extinguirse, ya que la diversidad de especies aumenta conforme aumenta la disponibilidad de recursos. Y el segundo es que los hábitats con superficies más grandes son más heterogéneos, es decir, conforme aumente la diversidad regional, también lo hará la diversidad local; los estudios empíricos han concluido que esta última respuesta, es la más común en la naturaleza.

En este contexto, para analizar si la ejecución del cambio de uso del suelo ocasionará efectos significativos al servicio ambiental de protección a la biodiversidad de los ecosistemas, se realizaron las siguientes consideraciones.

En el área del proyecto existe un reducido número de especies con respecto al reconocido para toda la Península y el Estado, esto es reflejo de la relación especie-área. Por tal motivo, la valoración de que el cambio del uso de suelo dentro del predio del proyecto tendrá un efecto reducido sobre la riqueza de flora y fauna silvestres se motiva por un moderado número de especies registradas, pero también porque se documentó solo una especie endémica (*Bonellia umbellata*); no se presentan especies restringidas. Asimismo, todas las especies tienen intervalos de distribución amplios, por lo cual, aquellas que han sido registradas en el área propuesta para el proyecto (CUSTF) también están presentes en otras muchas áreas de la Península de Yucatán, incluyendo diferentes tipos de vegetación e incluso en hábitats inducidos.

Para el caso que nos ocupa, el área destinada para cambio de uso del suelo alcanza los 20.44 ha, la cual corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia**.**
En este contexto, para analizar si la posible ejecución del cambio de uso del suelo ocasionará efectos significativos al servicio ambiental de protección a la biodiversidad de los ecosistemas, se realizaron las siguientes consideraciones.

El grado de afectación al servicio ambiental de conservación de la biodiversidad se refiere al papel que el ecosistema tiene para brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias; siendo que una de las razones más importantes para mantener la diversidad, es la protección de los ecosistemas forestales existentes.

En cuanto a la riqueza vegetal el área del proyecto, fueron registradas un total de 126 especies; asimismo, el número estimado de individuos/ha y por estrato es de 818 en el estrato alto, 1,518 individuos en el estrato medio y un total de 6,067 individuos en el estrato alto. En este predio se documentaron tres especies con algún grado de protección, las cuales son *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii* y *Acaelorraphe wrigthi;* todas enlistadas como amenazadas (A) de conformidad

con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010**.** Del total de las especies presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), podemos observar que el 98% son nativas y el 2% restante corresponden a especies endémicas.
Por tales razones, se considera que con el rescate y reubicación de las especies que así lo requieran, se mantendrán los índices de biodiversidad biológica y equitatividad estimados para el área.

Con respecto a otros aspectos relativos a la biodiversidad, podemos decir lo siguiente:

Riqueza específica: No será afectada, esta es una aseveración derivada del análisis hecho con anterioridad y que se detalla en los apartados descriptivos de la vegetación y de la fauna. Aunado a que el proyecto contempla la remoción y reubicación de individuos, no así de poblaciones o comunidades completas, además de proveer alternativas para el manejo y resguardo de estos, ya sea mediante reubicación o reforestación.

Extensión: Es un factor importante para el desarrollo de las poblaciones y comunidades; entre más extenso es su hábitat mayor será la probabilidad de subsistencia, como consecuencia de la oportunidad de recursos. El CUSTF que se solicita podría ocasionar que se disminuya la extensión del hábitat, sin embargo, la remoción de 20.44 ha representa una proporción poco significativa de la extensión total de este tipo de vegetación en la cuenca.

Continuidad de hábitats y corredores biológicos: Se refiere a una condición del hábitat necesaria para el desarrollo de los organismos que está relacionada con la extensión de este. En ese sentido, con el CUSTF se prevé una mínima fragmentación del hábitat, por lo tanto, el impacto de fragmentación en este caso se presume que no se generaría un efecto barrero que impida la comunicación y el flujo genético directo entre poblaciones, por motivo de la amplia extensión de este tipo de vegetación a lo largo de la cuenca.

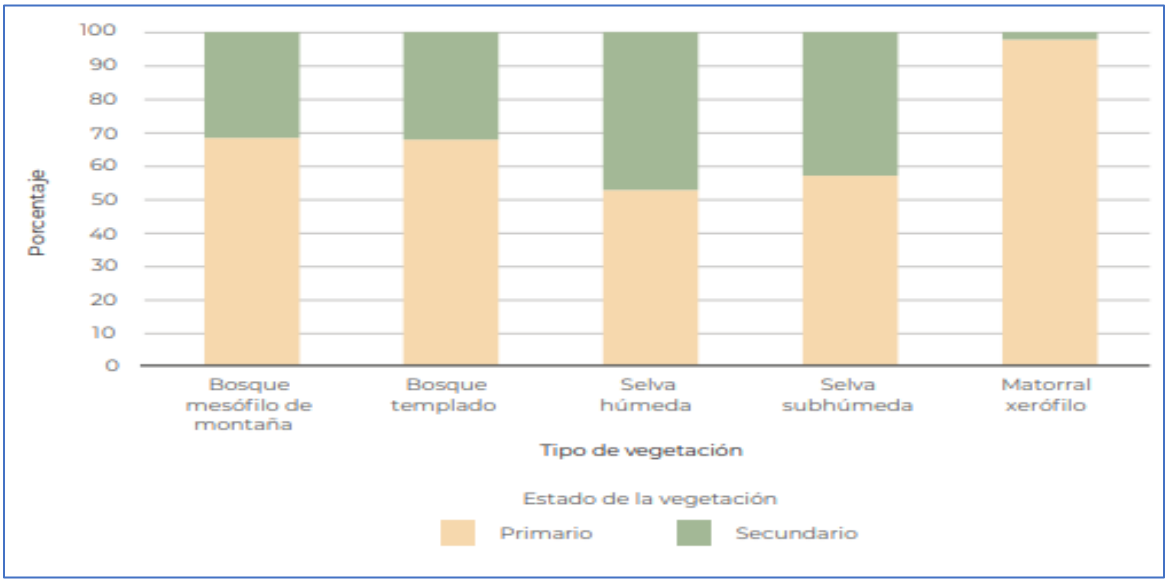


Figura 54. Estado de la vegetación en las áreas naturales protegidas federales en México, 2018.

Riesgo potencial de ingreso de especies exóticas: La posibilidad de la colonización por especies invasoras o exóticas, puede aumentar en relación con el efecto de factores de cambio (como las actividades económicas de la población en la zona) que incidan de manera radical en el incremento significativo de la apertura y liberación de hábitats, derivado del desplazamiento inducido de las

especies nativas que ahí radican o por la remoción de la vegetación que conforma el estrato básico de los ecosistemas. En este sentido, el proyecto no manejará ni introducirá ningún tipo de individuo perteneciente a especies exóticas; de igual manera la incidencia sobre la cobertura vegetal no representará efectos que propicien la alteración radical de los hábitats.

Considerando que el presente proyecto cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por servicios ambientales de la CONAFOR en la modalidad B2.2 Conservación de la Biodiversidad, la cual tiene asignada un monto de apoyo por hectárea por año del orden de $550.00/ha, entonces en las 20.44 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de vegetación, se estaría dejando de percibir en términos económicos la cantidad de $11,242.00 pesos anuales que corresponde a la afectación en términos económicos, del servicio ambiental de conservación de la biodiversidad.

Finalmente, al realizar la estimación de pérdida anual del servicio de protección de la biodiversidad, nos encontramos con que, debido a sus características particulares, este servicio ambiental ecosistémico ya no puede ser cuantificado una vez que se concreta el cambio de uso de suelo y se establece el proyecto propuesto. Sin embargo, es importante mencionar que la alta movilidad de la fauna silvestre registrada y la amplia distribución de la flora nativa documentada en el predio propuesto para el proyecto, con respecto a la Península de Yucatán, no pone en riesgo su continuidad en la zona.

IV.3.5 Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales

México está expuesto a fenómenos hidrometeorológicos extremos y a una alta incidencia de incendios forestales que han tenido impactos socioeconómicos significativos en el pasado reciente. Estas perturbaciones forman parte integral de la dinámica de los ecosistemas y son fuerzas selectivas importantes y necesarias para la evolución y el mantenimiento de la biodiversidad. Los fenómenos naturales se convierten en desastres cuando afectan a las poblaciones humanas y sus condiciones de vida, su economía e infraestructura. Sin duda, los cambios de uso de suelo y el cambio climático están modificando los regímenes naturales de perturbación en México; el conocimiento de las complejas relaciones entre los regímenes de perturbación (naturales o antropogénicos) y la biodiversidad aún es insuficiente, pero constituye un aspecto fundamental para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas.

Así tenemos que el 35.4% del territorio nacional está expuesto a sequías extensas, siendo las ecorregiones de Baja California, el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental las zonas potencialmente más afectadas. Los incendios forestales, la mayoría de origen antropogénico, dañaron en promedio 220,986 hectáreas por año entre 1970 y 2007, con más incidencia de probables incendios en la superficie que ocupan la Planicie Occidental Yucateca, los Altos de Chiapas y la Sierra Madre del sur de Jalisco y Michoacán, así como los lomeríos y piedemontes del Pacífico Sur. Los resultados también indican una frecuencia de incendios mayor a la esperada en ecosistemas sensibles al fuego, como las selvas tropicales húmedas. Asimismo, encontramos evidencias de que la magnitud y frecuencia de huracanes está aumentando. Entre 1950 y 2004, 25% de la superficie del país fue afectada por 29 huracanes de niveles 3 a 5, siendo las ecorregiones adyacentes a las líneas de costa las más dañadas. A pesar de las enormes inundaciones que provocaron estos

meteoros, no existen suficientes datos para realizar un estudio acerca de sus consecuencias en el ámbito nacional.

Si bien los resultados indican que varias de estas perturbaciones podrían interactuar de manera sinérgica entre sí y con el cambio climático, con efectos sobre la biodiversidad y la infraestructura humana más altos que lo esperado con base en análisis individuales de cada tipo de perturbación.

Es en este sentido que el servicio ambiental de amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales considera las funciones que cumple el ecosistema de manera intrínseca, cuando actúa como un regulador de las fluctuaciones y cambios ambientales que originan eventos tales como tormentas, inundaciones, sequías y huracanes entre otros, principalmente debido a la estructura que presenta la vegetación. Por tal razón, es importante señalar que dicho servicio ambiental depende en gran medida del buen estado de conservación de la vegetación y de la extensión de esta, ya que existe una relación directa entre la riqueza de especies y la complejidad de sus interacciones, al disminuir estos factores, disminuye la capacidad de resiliencia del ecosistema. Un sistema con mayor diversidad y número de funciones ecológicas será capaz de soportar de mejor manera una perturbación específica. Por lo tanto, es importante señalar que dicho servicio ambiental depende en gran medida del buen estado de conservación de la vegetación y de la extensión de esta.

Por ejemplo, la diversificación de cultivos agrícolas y el uso de razas de ganado resistentes a las sequías y al calor extremo, así como el ajuste hacia modelos de manejo agropecuario con cultivos más diversificados, no solo es una manera de reducir pérdidas, sino se trata de una estrategia de procurar excedentes en la producción que den viabilidad a una sociedad determinada. Es decir, los sistemas diversificados (sistemas agropecuarios y silvopastoriles mixtos) son más resistentes a los fenómenos extremos. Mediante el control de la vegetación, la ganadería también contribuye al control de incendios y avalanchas, mitigando así los efectos negativos de los fenómenos naturales en la vida de la población rural pobre.

Por otro lado, una buena cubierta forestal y una adecuada gestión de los bosques pueden reducir la incidencia y el alcance de inundaciones y desprendimientos de tierras en las zonas bajas de la cuenca. Asimismo, los manglares y sistemas de arrecifes de coral sanos constituyen elementos importantes para proteger a las poblaciones costeras de los fenómenos meteorológicos extremos tales como los huracanes y los tsunamis.

Así las cosas, se recomienda la aplicación de instrumentos como el ordenamiento ecológico del territorio, la cuantificación y valoración de servicios ecosistémicos clave en la regulación de las perturbaciones naturales, así como el monitoreo en todo el país de los impactos antropogénicos sobre los ecosistemas que proporcionan dichos servicios, todo ello como elementos clave de una estrategia nacional para mitigar los riesgos de los desastres que surgen de las perturbaciones naturales.

El área donde se ubica el proyecto en comento, se encuentra en la zona de alto riesgo de huracanes y tormentas tropicales provenientes del Océano Atlántico y el Mar Caribe, eventos en los cuales se presenta una fuerte precipitación en periodos cortos de tiempo. Las trayectorias ciclónicas que tocan la Península de Yucatán, y que pudieran tocar dicha zona son variadas año con año. Si bien se

presentan más comúnmente con dirección noroeste (50 por ciento), seguido de aquellos con dirección norte (23 por ciento) y este (21 por ciento).

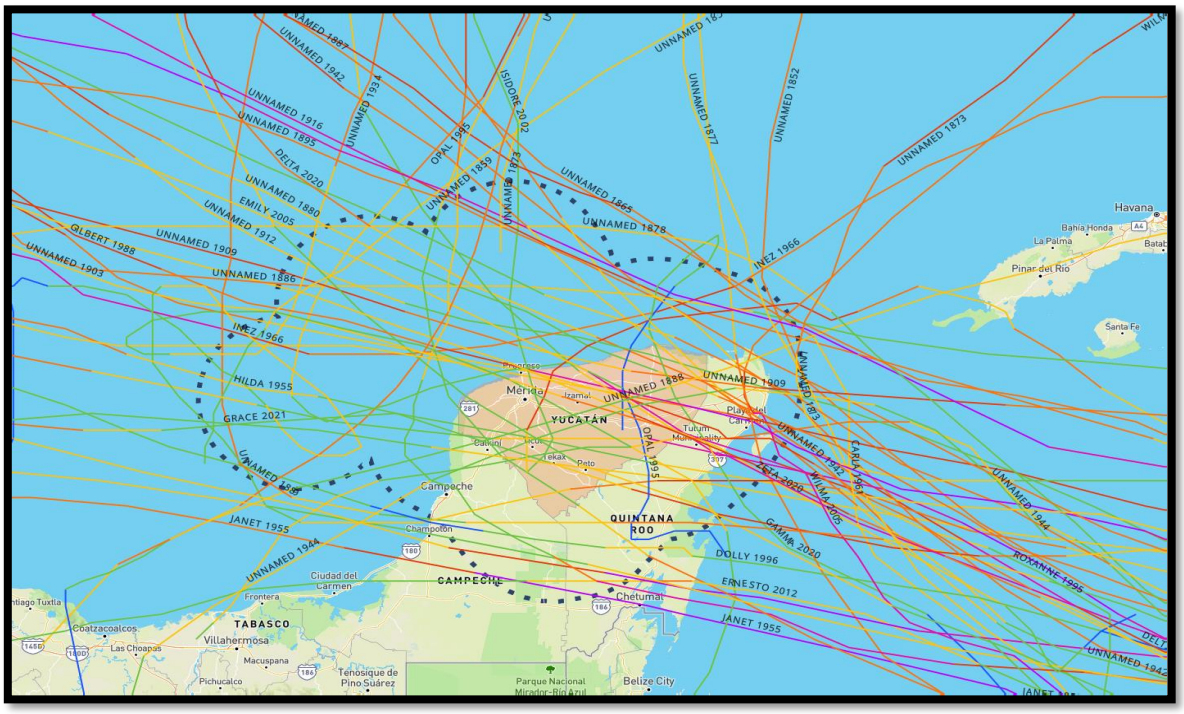


Figura 55. Trayectoria de huracanes (Tomado de: NOAA).

Cuando el calentamiento del mar se presenta en la región insular de las Pequeñas Antillas, se forman huracanes de gran recorrido y de potencia extraordinaria, principalmente durante agosto, septiembre y octubre. Algunos llegan a cruzar la Península de Yucatán, por Cozumel y Cancún o por la costa norte, para azotar los Estados de Tamaulipas y Veracruz, así como la costa suroriental de los Estados Unidos.

Nortes: Estos constituyen otro fenómeno meteorológico, que en ocasiones se presentan con fuertes lluvias y marejadas que provocan inundaciones y abren bocas a través de la duna costera temporalmente y que inciden de forma importante sobre la región.

Actualmente, es ampliamente reconocido que la vegetación actúa y sirve como obstáculo a las corrientes del viento, disminuyendo su velocidad y produciendo una acumulación de sedimentos. Particularmente en Quintana Roo el servicio ambiental de amortiguamiento de la vegetación frente a los fenómenos naturales, es muy importante, pues forma parte de la primera barrera en tierra firme frente a eventos hidrometeorológicos. En este sentido, el proyecto acata totalmente las restricciones urbanas y de desarrollo establecidas por la autoridad municipal, dejando en como área de conservación una superficie de 295,600 m^2 que continuaran ofreciendo este amortiguamiento a los impactos negativos que pudiesen tener este tipo de eventos naturales. Por lo cual es evidente que el proyecto no pondrá en riesgo la pérdida del servicio de amortiguamiento y protección contra los eventos meteorológicos.

IV.3.6 Modulación o regulación climática

El clima terrestre es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, muy importante, la vida en el planeta, incluyendo los ecosistemas forestales.

La fuente de energía más importante para que funcione el sistema climático es el Sol. La forma casi esférica de la Tierra provoca que no llegue la misma energía del sol a todo el planeta, de este modo, hacia los polos, la energía que llega es mucho menor que en el ecuador. Esta característica es determinante para saber por qué hay diferentes climas en nuestro planeta. Además, como la Tierra tiene un movimiento de rotación, se presentan el día y la noche, con condiciones de temperatura claramente diferentes. Las variaciones de la distancia entre el planeta y el Sol hacen que no todo el año se reciba la misma cantidad de energía proveniente del sol, de esta forma, la situación climática depende en gran medida del calentamiento de la tierra y los océanos, esta diferencia se explica en las regiones de clima monzónico donde el calentamiento de la tierra es determinante para la condensación y precipitación de los vientos húmedos provenientes de los océanos o la presencia de huracanes para determinar la precipitación de otras regiones. El relieve y la temperatura también son determinantes y están directamente relacionados con el clima ya que de estos elementos depende la condensación de los vientos.

El clima de la Tierra ha cambiado muchas veces a lo largo de su historia. Esta variación se debe a cambios naturales como erupciones volcánicas, los cambios en la órbita, el ángulo del eje de la Tierra y las variaciones en la composición de la atmósfera. En los últimos 150 años, sobre todo a partir de la Revolución Industrial, la principal fuente de cambio en la composición atmosférica se asocia con las actividades humanas. Desde esa época hasta nuestros días, los procesos industriales se desarrollan básicamente quemando combustibles fósiles (petróleo, gas y sus derivados como la gasolina). Los gases producidos por estas actividades se liberan a la atmósfera y cambian su composición. Uno de los principales gases emitidos es el dióxido de carbono (CO2) que ha aumentado en un 30%, en el último siglo. Otro proceso que se ha acelerado desde ese periodo es la pérdida de bosques y vegetación en regiones muy amplias del planeta con lo que se ha disminuido la capacidad de remover gases efecto invernadero de la atmósfera y amortiguar la alteración climática. El calentamiento de la Tierra o "calentamiento global", es la manifestación más evidente del cambio climático y es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. En consecuencia, la combinación de estos dos procesos sugiere que se está produciendo un cambio en el clima planetario.

Los ecosistemas influyen en el clima local y la calidad del aire. Por ejemplo, los árboles proporcionan sombra mientras que los bosques influyen en las precipitaciones y en la disponibilidad de agua, tanto a escala local como regional.

Específicamente, los árboles urbanos pueden influir en la calidad del aire de la siguiente manera: i) convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno a través de la fotosíntesis; ii) interceptando partículas contaminantes (polvo, ceniza, polen y humo) y absorbiendo gases tóxicos como el ozono, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno; iii) emitiendo diversos compuestos orgánicos volátiles y contribuyendo así a la formación de ozono en las ciudades; iv) reduciendo la temperatura local del

aire; v) reduciendo las temperaturas extremas de los edificios tanto en invierno como en verano, y reduciendo por lo tanto las emisiones contaminantes de las instalaciones de generación de energía.

Desde este punto de vista, y tal como puede ser apreciado en la figura siguiente, la tendencia del aumento de la temperatura al nivel global está claramente al alza. En el caso de los fenómenos biológicos, tenemos que la captura de CO2 a través de los organismos autótrofos como son las plantas, contribuyen a la disminución de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo cual ayuda a la conservación de la temperatura global y por consiguiente a la conservación del régimen climático. También debe considerarse la cantidad de CO2 que se reintegrará a la atmósfera como producto de la descomposición del volumen de madera y residuos vegetales que se eliminen como resultado del cambio de uso del suelo. En consecuencia, el grado de afectación a la modulación o regulación climática se califica como muy bajo debido, por un lado, al porcentaje de la superficie de afectación que plantea el proyecto con respecto a la cuenca hidrológico forestal; y por el otro a que en dicha área el potencial de captura se estima en 90.0556 ton CO2/año**.**

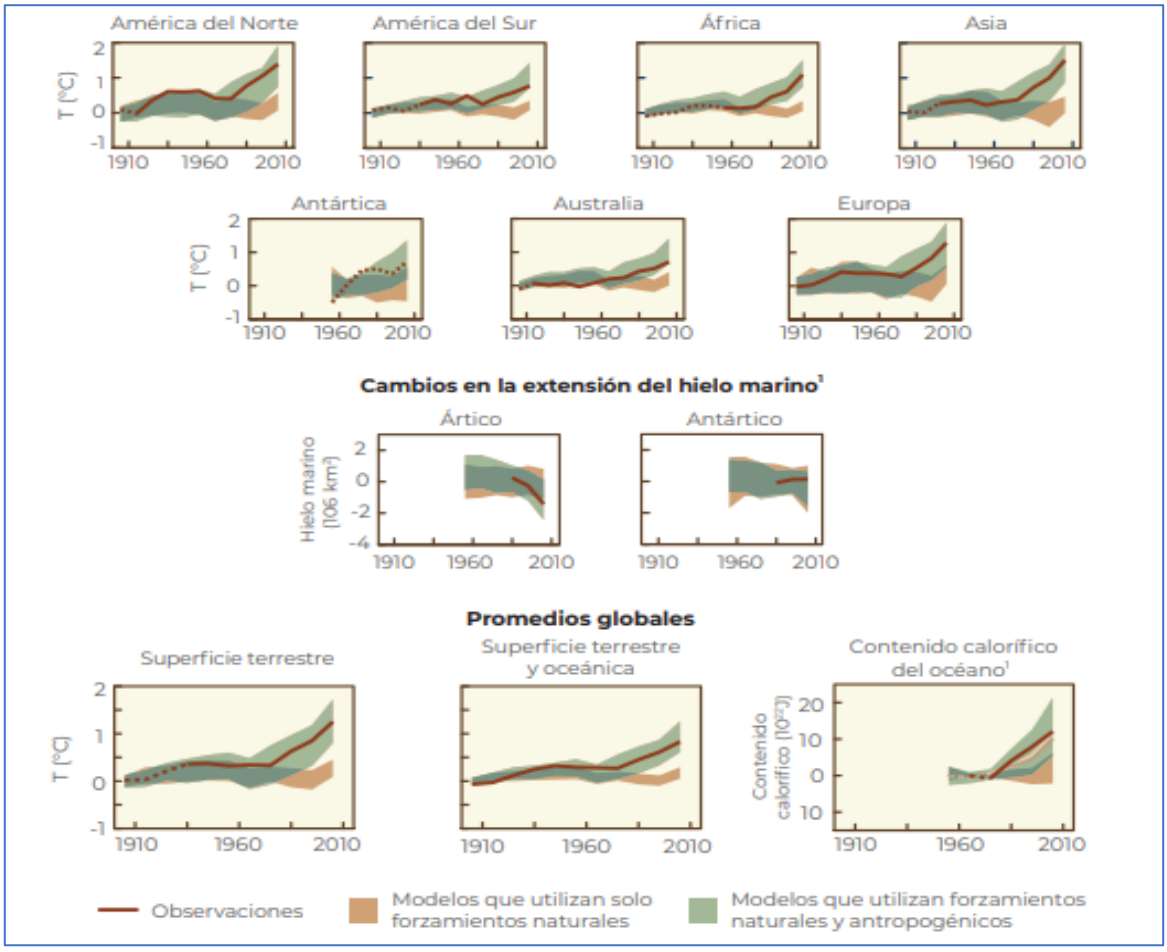


Figura 56. Cambios de temperatura en la superficie terrestre.

En resumen, La modulación o regulación climática, puede ser vista desde las siguientes escalas:

1. El clima global, que se entiende como la integración de los climas regionales en el planeta el cual actualmente se aborda a través de la preocupación por el efecto invernadero y cambio climático global, que implica el calentamiento generalizado del planeta causado por la modificación de los factores atmosféricos y biofísicos, principalmente de algunos gases que en la atmósfera regulan el clima y que causan el efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO2), óxidos de nitrógeno (NXOY) y metano (NH4), los cuales han sido acrecentados en la atmosfera a nivel global por las actividades humanas, tales como como el uso excesivo de combustibles fósiles como el gas, la gasolina y el diésel, la agricultura extensiva, la deforestación y la generación y liberación de estos gases en grandes cantidades (Magaña, 2005). En el caso del proyecto que nos ocupa, su aportación a este clima global es en extremo pequeño y queda plasmado en el presente documento en los cálculos y medidas de prevención y mitigación presentados.

2. El clima regional: es el resultado de la interacción de diferentes factores atmosféricos, biofísicos y geográficos que pueden cambiar en el tiempo y una región dada. Estos factores pueden ser la temperatura, presión atmosférica, viento, humedad y lluvia. Así mismo, algunos factores biofísicos y geográficos como la latitud y la altitud, las masas de agua, la distancia al mar, el calor, las corrientes oceánicas, los ríos, etc. En el caso del proyecto que nos ocupa, su participación en el clima regional es en extremo pequeño, y al igual que con el clima global, si bien participa en el cambio de uso de suelo, debido a las relativamente bajas cantidades de CO2 que se dejarían de capturar, no resultan significativas.

3. El microclima, para esta escala: El microclima se entiende como el conjunto de condiciones, radiación solar y terrestre, viento, temperatura y humedad del aire y precipitación, presentes en el espacio externo a pequeña escala (Brown & Gillespie, 1995) que se ven afectadas por las condiciones del clima y la estación del año (Shashua-Bar, Tsiros & Hoffman, 2010; Rodríguez, 2017). El microclima se ve afectado en gran medida por la vegetación existente en el sitio, ya que esta mantiene los niveles de humedad, atrapa el polvo del ambiente (García y Fuentes, 2005, p. 35) crea sombras en las calles y en las zonas residenciales que generan la disminución de la temperatura.

Los efectos de la vegetación en el medio urbano y los parámetros micro climáticos son:

1. **Acción sobre la humedad ambiental:** Por su función fisiológica, liberan humedad al ambiente, del agua sustraída por sus raíces; un metro cuadrado de bosque aporta 500 kg de agua anuales (Higueras, 1998, p. 18).

2. **Acción sobre la velocidad del aire:** Su discontinuidad de ramas, hojas etc. le confiere ventajas frente a otro tipo de barreras protectoras contra el viento, que generan efectos perjudiciales y grandes turbulencias en el entorno, ya que no desvían los vientos, sino que los absorben haciéndoles desaparecer. Su longitud de acción está entre 7 y 10 veces la altura de las especies (Higueras, 1998, p. 19). Produciendo efectos como obstrucción, filtración, deflexión y canalización (García y Fuentes, 2005, p. 38):

3. **Acción sobre la radiación solar:** Sobre los excesos de radiación del suelo, edificios, espacios abiertos, etc., los árboles son una pantalla ideal. Esto permite un control sobre las

temperaturas ambientales muy interesante para alcanzar el confort climático con recursos naturales (Higueras, 1998, p. 19).

4. **Protección contra el ruido:** Las barreras vegetales atenúan el ruido en función de la diferencia del trayecto de las ondas sonoras, según el tipo de vegetación que la constituya (Higueras, 1998, p. 19).

5. En el caso específico del predio y del SAR, el proyecto que nos ocupa, utilizará el 40.88% del predio para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, permitiendo un área de conservación del 59.12% del total del lote, adicionalmente se cuidará y reforzará la vegetación nativa en las áreas de conservación destinadas a ello, lo que tendrá el efecto de conservar el microclima en el CUSTF, sin ejercer presiones de afectación en el área del SAR.

IV.3.7 Paisaje y recreación

El paisaje fue definido como la expresión espacial y visual del medio, es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable; y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (MOPT 1993). De esta forma, el paisaje se entiende como una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar en ella.

Actualmente Varios autores concuerdan en que la definición más completa es la propuesta por el Convenio Europeo de Paisaje (2000): "Paisaje es cualquier parte del territorio, tal como lo percibe la población, cuyo carácter es el resultado de la interacción entre el hombre, la naturaleza y el tiempo". Entonces, el paisaje consiste en una concepción humana que está definida por el nivel cultural y la personalidad del observador y que, al estar sometido a interacciones a lo largo del tiempo, significa dinamismo y cambio continuo.

Si bien, el paisaje también tiene una dimensión visual que considera la estética y la capacidad de percepción de un observador. En este sentido, el servicio ambiental de paisaje y recreación, se basa en la factibilidad de usar al ecosistema para realizar actividades recreativas tales como ecoturismo, pesca deportiva, y otras actividades de aprovechamiento no extractivo, incluyendo el desarrollo de actividades económicas a partir de valores estéticos, artísticos, educacionales, culturales, espirituales y científicos del ecosistema.

De la misma manera Considerar al paisaje como la percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas (Bernáldez, 1981), manifiesta la asociación entre la parte perceptible del medio, constituida por los procesos ecológicos y los componentes de la escena que el observador puede identificar fácilmente, la parte subyacente del paisaje que se expresa en el territorio a través de su estructura espacial, dinámica y su función. Todo esto ayuda a valorar el significado del paisaje estudiado. Algunos sistemas de baja calidad fisonómica han sido calificados como de elevado valor paisajístico, en donde el valor del paisaje se explica, no tanto por la calidad de sus paisajes naturales, sino por el alto significado social.

Es importante mencionar que el turismo es la principal actividad productiva a nivel mundial, por lo tanto, mueve grandes capitales y genera la mayor cantidad de empleos debido a que requiere mano de obra intensiva para la atención de los viajeros. De esta forma, la recreación tiene un mercado muy heterogéneo porque depende de una gran diversidad de actividades y preferencias de los turistas para viajar y conocer determinados sitios (Uribe & Ruíz 2008).
Actualmente, se consideran tres grupos de motivaciones que representan el turismo moderno: turismo de aventura, turismo de cultura y turismo de naturaleza. Los tres grupos dependen de la conservación y protección de los recursos naturales y la biodiversidad, propios de cada región, que constituyen atractivos únicos y exclusivos que favorecen el ingreso de turistas en determinadas épocas del año y de los cuales depende la economía familiar de las personas dedicadas a dicha actividad (Uribe & Ruiz 2008).

Así tenemos que las oportunidades recreativas basadas en la naturaleza (caminar y practicar deportes en áreas verdes) desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la salud mental y física de las personas. En este sentido, también los paisajes agrícolas pueden brindar numerosas oportunidades de recreo, y sus beneficios para la salud mental son reconocidos. Asimismo, las praderas constituyen grandes campos para la práctica de deportes al aire libre, desde la equitación al ciclismo, por ejemplo.

La pesca y la acuacultura sostenibles pueden mantener directamente los servicios recreativos. La pesca recreativa, por ejemplo, está relacionada con aquellos sistemas acuáticos saludables. De esta forma, el turismo en zonas acuáticas protegidas o pueblos de pescadores son ejemplos de servicios turísticos de los sistemas acuáticos. La demanda turística y de oportunidades recreativas ha aumentado paulatinamente durante los últimos 50 años, con especial énfasis en las zonas marítimas y costeras. Los arrecifes de coral son especialmente importantes para el turismo y tienen asociado un gran valor. La pesca recreativa es un sector turístico en expansión, que cuenta con aproximadamente 118 millones de practicantes en el mundo industrializado.

En el caso específico de la superficie donde se pretende realizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, en una superficie de 20.44 hectáreas, así como el SAR delimitado, se ubican en el municipio de Solidaridad el cual cuenta con los instrumentos regulatorios que han dado forma al desarrollo de este municipio y ha ordenado sus áreas para ser aprovechadas turísticamente. De forma específica, el área que corresponde con el predio destinado para el proyecto **"Explotación de roca caliza por debajo del Manto Freático en predio denominado "che-hum", Municipio de Solidaridad, Quintana Roo"**, se encuentra planteada para el aprovechamiento de roca caliza, el cual se integrará con los demás elementos que coexisten en el sitio. La aplicación del proyecto genera un bien de consumo necesario para la creación de la infraestructura requerida para las actividades turísticas, así como otras actividades complementarias y de apoyo.

IV.4. Diagnóstico ambiental

Con el objetivo de realizar un diagnóstico del SAR actual, es decir, conocer las condiciones actuales del área propuesta para el desarrollo del proyecto y su área de influencia en forma previa al desarrollo de éste, es necesario hacer un análisis del comportamiento de los procesos de deterioro y/o grado de conservación del área del proyecto y las condiciones socioeconómicas de la población. Para realizar el diagnóstico ambiental se utilizará la sobreposición de planos, obtenidos de la cartografía

de INEGI, que previamente ya se analizaron por componente del medio físico y socioeconómico del área de estudio.

Vegetación

Derivado del análisis y muestreo de la vegetación en el sitio de CUSTF se registraron para el estrato alto; 54 especies y 598 individuos inventariados; las más abundantes: *Bursera simaruba* que representa el 19.90% de los individuos y *Lysiloma latisiliquum* con 14.72%. De tal forma que en conjunto representan el 34.62% de los individuos existentes en el estrato alto. la abundancia por especie presenta una uniformidad intermedia, ya que el índice de equitatividad es de 0.7838 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 21.62%, por lo tanto, puede considerarse que la diversidad biológica es media. En cuanto al índice de Margalef, podemos observar un valor de 8.2896 lo que nos dice que se considera una diversidad biológica muy alta; lo cual también es considerado así por Simpson con un valor de 0.9175.

Mientras que, en el estrato medio se registraron 49 especies y una abundancia de 555 individuos inventariados, tenemos que son dos las especies de mayor importancia, las cuales son *Nectandra coriacea* que representa el 11.53% del total de individuos y *Bauhinia jenningsii* con el 10.45%. Este grupo de especies representan apenas el 21.98% del total de los individuos presentes en el estrato arbustivo del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. En este estrato tenemos que la abundancia por especie presenta una notable uniformidad, ya que el índice de equitatividad es de 0.8455 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 15.45%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica es alta. También tenemos que, de acuerdo con el índice de diversidad de Margalef, cuyo es 7.5962 la biodiversidad se considera como alta; sin embargo, Simpson considera una diversidad muy alta, con un valor de 0.9440.

Con respecto al estrato bajo, tenemos un total de 37 especies en el caso del estrato bajo y 546 individuos documentados, tenemos que solo una de ellas es la más importante: *Elytraria imbricata* con el 25.27% del número total de individuos presentes en dicho estrato. la abundancia por especie presenta una regularidad intermedia, ya que el índice de equitatividad alcanza un valor de 0.7957 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 20.43%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica se encuentra en término medio tendiendo a ser alta. Asimismo, el índice de Simpson con 0.9028 nos dice que se trata de una diversidad biológica alta; al igual que para Margalef, con un valor de 5.7119 se considera que la biodiversidad es también alta.

La vegetación del predio se encuentra distribuida en 3 estratos, presentando índices de diversidad de medios a altos, considerándose en un estado medio de conservación, con pocos a nulos disturbios sin mayores impactos de origen antropogénico. No obstante, en este estudio se consideran medidas de mitigación, prevención y compensación para preservar la riqueza biológica del sitio, principalmente, promoviendo acciones de rescate y reubicación de flora y de reforestación.

Fauna

En el sitio de CUSTF se registraron 24 especies de fauna silvestre con 65 individuos, pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con

un total de 50 individuos registrados pertenecientes a 17 especies, 05 órdenes, 10 familias y 15 géneros; seguido en orden de importancia está el grupo de los mamíferos con 14 individuos registrados, pertenecientes a 06 especies distribuidas en 03 órdenes, 04 familias y 06 géneros; y finalmente los reptiles con 01 individuo registrado, perteneciente a 01 especies, 01 orden, 01 familia y 01 género. No se encontraron anfibios.

El índice de Shannon-Wiener observado para Aves fue de 2.712, siendo este un nivel moderado de biodiversidad mientras que en el caso de los mamíferos es de 1.574, el cual corresponde a un nivel bajo, en el caso de los reptiles no fue posible calcular su diversidad dado que solo fue colectado un ejemplar durante todos los muestreos realizados, al final, es un indicador de que en esta zona puede haber pocos ejemplares de reptiles.

Por otra parte, el índice de dominancia obtenido en aves fue de 0.075 y en mamíferos de 0.2551, lo cual indica en el caso de las aves, la dominancia de especies es baja, es decir, su probabilidad de encontrar dos individuos escogidos al azar y que pertenezcan a la misma especie es baja, mientras que en el caso de mamíferos la dominancia es un poco mayor.

Para el caso de los respectivos índices de Simpson, en aves fue de 0.925 y en mamíferos de 0.7449, mostrando para el caso de las aves, una diversidad mayor que en el caso de mamíferos, cuya diversidad es menor a la de las aves.

Como se muestra, el predio tiene la presencia de 3 grupos faunísticos, siendo el grupo de las aves el más abundante y con mayor riqueza. El segundo grupo con mayor presencia son los mamíferos, lo cual resulta importante, debido a que estos son considerados bioindicadores, es decir, especies que son altamente sensibles a las variaciones de la calidad de su entorno. Por ejemplo, los cambios en el hábitat de los mamíferos terrestres generan respuestas diferentes de acuerdo con la especie. La presencia o ausencia de mamíferos puede servir como un indicador de la calidad e integridad de un sistema natural, por lo que, se presume que el predio se encuentra en un estado de conservación medio. No obstante, al igual que en la flora se prevén establecer medidas preventivas, de compensación y mitigación para evitar impactos negativos que afecten significativamente a la fauna, como lo es el Programa de recate y reubicación de fauna.

Medio abiótico

Al interior de una cuenca hidrológica donde se prevé el desarrollo del proyecto existen diversos factores que pueden alterar su comportamiento hidráulico, entre ellos, el aire, el clima, el suelo, la vegetación, la fauna y claramente el agua.

Los sustratos geológicos de la zona del proyecto están formados básicamente por diferentes rocas calizas que confieren una gran porosidad y permeabilidad al subsuelo. Por lo tanto, el agua de lluvia se infiltra rápidamente al acuífero. Así, el grado de escurrimiento superficial es casi nulo o de muy corto recorrido.

Hacia la zona del proyecto se tienen materiales consolidados de alta permeabilidad, los cuales lo definen como un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido por un medio kárstico conformado principalmente por rocas calizas que presentan permeabilidad secundaria por

fracturamiento y oquedades de disolución. Se prevén realizar acciones de extracción de material pétreo, específicamente, de roca caliza. No obstante, se prevén emplear acciones de monitoreo para evitar que se contamine y dañe principalmente a las aguas subterráneas, lo cual no solo afectaría al punto en específico del predio, sino también al área de influencia.

Con respecto a los servicios ambientales:

La importancia de un servicio ambiental particular, depende del grupo de población que a nivel de cuenca resulta beneficiado por este servicio ambiental que se presta dentro de la zona y que se vería afectada por el cambio de uso del suelo en terrenos forestales; de tal forma que un servicio ambiental puede ser de beneficio generalizado para la población (como el servicio de captura y secuestro de dióxido de carbono) o sólo para el beneficio de grupos reducidos, como son los usos comerciales o porción extraíble de biomasa, tal como en el caso de los alimentos. Los diferentes ecosistemas proporcionan un conjunto particular de servicios ambientales y de igual forma, la calidad de los servicios que ofrece será diferencial dependiendo del ecosistema y sus características. Por lo cual, cada uno de los sistemas que afectará el proyecto será valorado en relación con el tipo de servicio ambiental que ofrece y la calidad de este.

Por otra parte, el grado de afectación se plantea en función de la disminución del valor ambiental que podría darse como resultado de la ejecución del cambio de uso del suelo solicitado en una superficie de **20.44 hectáreas**, en comparación con la disponibilidad del recurso forestal y los servicios ambientales asociados en el SAR.
Debe considerarse que la superficie donde se pretende el cambio de uso de suelo (CUSTF), corresponde a suelo forestal cubierto por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y que esta vegetación eventualmente sería removida para la ejecución del proyecto y los caminos de acceso al mismo.

Para hacer una valoración de los servicios ambientales generados en el área del proyecto, es necesario, entre otras cosas, un buen entendimiento de cuáles son los servicios ambientales que puede ofrecer, el tipo vegetación forestal con que se cuenta, quiénes se benefician de dichos servicios y bajo qué condiciones lo hacen, así como entender la manera en que cambian dichos servicios cuando se pierde la cubierta forestal. Por lo cual en el siguiente cuadro se hace una valoración de estos para identificar los servicios más significativos en el área del proyecto y la escala de estos.

La valoración cualitativa del CUSTF para definir el grado de afectación a los servicios ambientales que provee el ecosistema del área donde se pretende realizar el proyecto, puede ser determinado mediante la calificación a partir del análisis de criterios diferentes, tales como: abundancia o riqueza de especies, cobertura de copa, cobertura de suelo, tipo de especies y su función en el ecosistema, así como los tipos de suelos. Todos ellos considerados cualitativamente a partir de una autovaloración, estableciendo una escala entre 1 y 10 dividida en 5 categorías de nivel de riesgo, donde 1 a 2 corresponde a un nivel irrelevante y de 9 a 10 es un nivel de riesgo crítico, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 60. Valoración cualitativa del CUSTF.

Valor	Nivel de riesgo
1 a 2	Irrelevante
3 a 4	Leve
5 a 6	Moderado
7 a 8	Severo
9 a 10	Crítico

La identificación de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema es de suma importancia para determinar la afectación que pudiera generar el desarrollo del proyecto, el nivel de riesgo y su importancia a nivel del sistema ambiental regional (SAR), de esta manera, se pueden generar medidas correctivas eficaces. La siguiente tabla muestra la función, descripción, niveles de afectación y riesgo por servicio ambiental.

Tabla 61. Evaluación del CUSTF con criterios cualitativos.

Servicio ambiental	Valor
Regulación química atmosférica	2.0
Provisión de agua en cantidad	2.0
Protección y recuperación del suelo	4.0
Protección de la biodiversidad	3.0
Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales	2.0
Modulación o regulación climática	2.0
Paisaje y recreación	6.0
	3.00

Por lo tanto, de forma cualitativa puede decirse que los servicios ambientales que proporciona este predio se consideran como moderados, debido principalmente a la superficie para el eventual Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales que se propone (20.44 ha).

CAPÍTULO IX

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN EL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.

CONTENIDO

IX. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental 3

IX.1 Presentación de la información 3

IX.1.1 Cartografía 3

IX.1.2 Fotografías 3

VIII.1.3 Videos 3

IX.1.4 Otros anexos 3

IX.2 Glosario de términos 3

IX.3 Bibliografía 6

IX. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

IX.1 Presentación de la información

De acuerdo con el artículo número 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se entregará 1 ejemplar impreso del Documento Técnico Unificado Modalidad B, resumen ejecutivo, anexos, planos e información que complementaria al estudio, así como 2 discos compactos que contendrán el documento, anexos, el resumen ejecutivo y planos. Uno de estos ejemplares será utilizado para el proceso de consulta pública.

Es importante señalar que la información solicitada se encuentra completa y en idioma español para evitar que la autoridad requiera de información adicional y esto ocasione retraso o falta de continuidad en el proceso de evaluación.

IX.1.1 Cartografía

Para la realización del estudio se utilizaron diversas cartas del INEGI y CONABIO, las cuales se analizaron mediante el Sistema de Información Geográfica de software libre QGIS 2.18 "Palmeiras". Dichos mapas pueden observarse a lo largo de los capítulos del presente estudio.

IX.1.2 Fotografías

Las fotografías asociadas al proyecto se presentan dentro del documento**.**

VIII.1.3 Videos

No se presentan videos.

IX.1.4 Otros anexos

Se incluyen anexos en la carpeta digital que acompaña ambos discos compactos.

IX.2 Glosario de términos

Área de Influencia: Área básica de impacto asociada a los impactos previstos y evaluados en el medio natural (socioeconómico, geográfico); área geográfica o región en la que se alterará el medio (cuenca atmosférica, cuenca hidrográfica, hábitat, etc.).

Desarrollo Sustentable: es el progreso social, económico y político dirigido a satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras; es el mejoramiento de la calidad de vida humana sin sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan. Es un concepto multidimensional que abarca las diversas esferas de la actividad humana, tales como económica, ambiental, tecnológica, social, política y cultural.

Estudio de Impacto Ambiental: Documento en el que se expone la información sobre el medio ambiente, las características de la actividad a desarrollar (o proyecto) y la evaluación de sus afectaciones al medio ambiente.

Evaluación Ambiental: Predicción, identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales; diseño de medidas preventivas, minimizadoras y compensatorias.

Impactos Acumulativos: El 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.

El efecto acumulativo hace referencia a una posibilidad de incremento del efecto del impacto por prolongarse la duración de actuación de alguna acción en concreto.

Impacto Ambiental: Modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza.

Impactos Sinérgicos: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias actividades supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Asimismo, se incluye aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.

Según el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental es aquel que se produce cuando el efecto o conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Impactos Residuales: Impactos que persisten después de aplicar medidas correctivas o de mitigación. Esto incluye los impactos que no son mitigables ni corregibles, y aquellos que quedan como reducidos en magnitud o extensión después de las acciones de mitigación.

Indicador: La palabra indicador viene del verbo latín *indicare*, que significa mostrar, anunciar, estimar o asignar un precio. Los indicadores son parámetros (p.a., una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (p.a., modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables.

Indicadores de Impacto Ambiental: Expresión medible de un impacto ambiental, variable simple o expresión más o menos compleja que mejor representa la alteración al medio ambiente; elementos del medio ambiente afectado o potencialmente afectado por un agente de cambio evaluados de manera cuantitativa.
Índice: Es una agregación de estadísticas y/o de indicadores, que resume a menudo una gran cantidad de información relacionada, usando algún procedimiento sistemático de ponderación, escala y agregado de variables múltiples en un único resumen.

Medidas correctivas: Se implementan cuando los proyectos no consideraron los posibles impactos al ambiente, o en su efecto las variaciones del entorno. Lo cual conduce a aplicar una serie de acciones para resarcir los impactos que el proyecto provoque en el ambiente.

El monitoreo ambiental, está íntimamente vinculado con las medidas correctivas, ya que su objetivo es la detección del aumento de algún contaminante a través de dichos monitoreos.
Las medidas correctivas pueden ir desde el cambio de maquinaria y equipo, hasta el cambio de lugar de disposición de aguas residuales o desecho, así como la de las técnicas empleadas para su depuración y tratamiento.

Medidas de atenuación o mitigación: Cuando el efecto adverso se presenta en el ambiente sin posibilidad de eliminarlo, se implementan medidas que tiendan a disminuir sus efectos; tales medidas se diferencian de las de control, en que éstas siempre tienden a disminuir el efecto en el ambiente cuando se aplican, mientras que las de control solo se regulan para que no aumente el impacto en el ambiente.

Entre las medidas de mitigación más comunes se encuentran la toma de decisión sobre un proyecto o de una actividad del proyecto, a partir de la posibilidad de emplear diversas alternativas (por ejemplo, si se emplea cierto método de explotación o beneficio, o no), con lo cual se puede resolver por la opción menos impactante al ambiente. Otras medidas de mitigación tienen relación con el rescate del medio que puede ser afectado, como por ejemplo el trasplante de organismos.

Medidas de compensación: Un impacto ambiental puede provocar daño al ecosistema, lo cual hace necesario aplicar medidas que compensen sus efectos, por lo general estos impactos ambientales que requiere compensación son en su gran mayoría irreversibles. Algunas de las actividades que se incluyen en este tipo de medidas, son la repoblación vegetal o la inversión en obras de beneficio al ambiente.

Medidas de control: Se aplica cuando un impacto ambiental no es posible prevenirlo, o el costo de su prevención es elevado como para aplicar la medida adecuada. El impacto se controla manejando las variables que hacen posible el que aumenten o disminuyan los efectos en el ambiente.

Entre las medidas comúnmente utilizadas se encuentra el control de emisiones a la atmósfera, la disminución los contaminantes en la descarga de aguas residuales y el tratamiento de los residuos sólidos.

Medida de prevención: Son aquellas encaminadas a impedir que un impacto ambiental se presente. Entre ellas se encuentran las actividades de mantenimiento, planes y programas de emergencia, y algunas otras medidas encaminadas al mismo fin.
Medio Ambiente: Resultante de la interacción entre las actividades humanas y su orientación ideológica, y los componentes naturales del medio en el que éstas se desarrollan.

Sistema Ambiental Regional: Interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y los subsistemas: social, económico y cultural de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Sustentabilidad: La Sustentabilidad es un estado ideal en el que el crecimiento económico y el desarrollo debieran ocurrir y ser mantenidos en el tiempo dentro los límites impuestos por la ecología. Asimismo, es una visión de futuro y el Desarrollo Sustentable la estrategia para alcanzarla, la cual implica comprender los límites y características de la naturaleza y las leyes naturales que nos gobiernan; pues ésta se basa en las teorías ecológicas de sustentabilidad natural de los ecosistemas.

Vigilancia Ambiental: Plan de seguimiento de la evolución del medio ambiente y de los impactos ambientales, al ejecutarse un proyecto; incluye medidas a aplicar por desviación de lo previsto en el DTU-BR.

IX.3 Bibliografía

En este apartado solo se mencionan las referencias generales del documento.

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, S.C. México.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- González, M.F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Halfter, G. J. Soberon, P. Koleff & A. Melic (Eds). 2005. Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y GAmma. M3m-Monografías 3cer Milenio, vol. 4. Sociedad Entomológica Aragonesa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Grupo Diversitas-México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México.
- Leopold 1971, l. B., f. E. Clarke, b. B. Hanshaw, and j. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.s. Geological survey circular 645, Washington, D.C.
- Ley General de Bienes Nacionales; Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2004, actualizada el 7 de junio de 2013.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2013. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 28 de enero de 1988, última reforma publicada en el DOF el 09 de enero de 2015.

- Ley General de Vida Silvestre, Diario Oficial de la Federación, 3 de julio de 2000, texto vigente, última reforma publicada en el DOF fue el 26 de enero de 2015.
- 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.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. Tomo DCCX No. 17. México, D.F. 24 de noviembre de 2012.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014.
- Rzedowski, J. y L. Huerta M. 1986. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la. Biodiversidad. México

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

CONTENIDO

V. Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional 4

V.1 Identificación de impactos..... 4

V.1.1 Metodología para identificar y valoración de impactos ambientales 5

V.2 Caracterización de los impactos 6

V.3 Valoración de los impactos..... 9

V.3.1 Valoración cualitativa del impacto ambiental 9

V.3.1.1 Resultados 11

V.3.1.1.1 Interacciones previstas para la etapa de preparación del sitio..... 12

V.3.1.1.2 Interacciones previstas para la etapa de operación..... 14

V.3.2 Valoración cuantitativa del impacto ambiental 16

V.3.2.1 Metodología..... 16

V.3.2.2 Resultados 18

V.3.2.2.1 Impactos Compatibles..... 21

V.3.2.2.2 Impactos Moderados..... 26

V.3.2.2.3 Impactos Severos..... 30

V.3.2.2.4 Impactos Críticos..... 30

V.4 Impactos residuales, acumulativos y sinérgicos..... 34

V.5 Conclusiones..... 35

FIGURAS

Figura 1. Número de interacciones correspondientes a las diferentes categorías..... 11

Figura 2. Interacciones entre los impactos y las etapas del proyecto. 12

Figura 3. Tipo de interacciones durante la etapa de preparación del sitio..... 13

Figura 4. Tipo de interacciones durante la etapa de construcción del sitio. 14

Figura 5. Interacciones positivas y negativas por factor ambiental del proyecto. 15

Figura 6. Representación gráfica del simple enjuiciamiento en la valoración cuantitativa. 21

TABLAS

Tabla 1. Factores ambientales y sus indicadores respectivos para monitorear su estado..... 7

Tabla 2. Listado de chequeo de posibles impactos que se prevén se generen por el desarrollo del Proyecto con sus respectivos indicadores. 8

Tabla 3. Matriz de interacciones. 10

Tabla 4. Fórmula 1, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cuantitativa..... 17

Tabla 5. Clasificación del simple enjuiciamiento. 18

Tabla 6. Matriz de valoración cuantitativa. 19

Tabla 7. Impacto: Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto. 21

Tabla 8. Impacto: Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos. 22

Tabla 9. Impacto: Alteración en los niveles del ruido. 23

Tabla 10. Impacto: Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos. 23

Tabla 11. Impacto: Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 24

Tabla 12. Impacto: Disminución de zonas de captura de carbono. 25

Tabla 13. Impacto: Pérdida y desplazamiento de ejemplares faunísticos y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 26

Tabla 14. Impacto: Alteración del hábitat. 27

Tabla 15. Impacto: Modificación de la cuenca paisajística 28

Tabla 16. Impacto: Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia. 29

Tabla 17. Impacto: Modificación de la geomorfología y relieve. 30

Tabla 18. Impacto: Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo. 30

Tabla 19. Impacto: Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto 31

Tabla 20. Impacto: Alteración del acuífero por intrusión salina. 31

Tabla 21. Impacto: Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión. 32

Tabla 22. Impacto: Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza. 32

Tabla 23. Impacto: Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza 32

Tabla 24. Impacto: Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez. 33

Tabla 25. Impacto: Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios 33

V. Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

V.1 Identificación de impactos

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) surge para la protección ambiental y fortalece la toma de decisiones para considerar la viabilidad de un proyecto. Es una herramienta preventiva que pretende evitar y/o minimizar los efectos ambientales producto de cualquier actividad humana sobre el medio natural, para que la sociedad y los seres vivos gocen de una calidad ambiental acorde con su grado de desarrollo y con las circunstancias económicas y sociales con que cuenta.

Los impactos ambientales se producen cuando acciones o actividades producen una alteración favorable o desfavorable, en el medio o con alguno de los componentes del medio; es decir, se produce una alteración en el sistema ecológico. Para evaluar los impactos ambientales producidos se utilizan metodologías para identificar, predecir, cuantificar y valorar las alteraciones generadas por las acciones y/o actividades del proyecto en las diferentes etapas con la finalidad de conocer las variables físicas, químicas y biológicas; así como los factores socioeconómicos, culturales y paisajísticos que pudieran ser afectados y establecer medidas para atenuarlos o minimizar los impactos negativos.

La EIA es un instrumento de la política ambiental, cuyo objetivo es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente (SEMARNAT, 2018a)[1].

De acuerdo con lo definido en la LGEEPA; la evaluación de impacto ambiental: es el procedimiento a través del cual se autoriza la procedencia ambiental de proyectos específicos, así como las condiciones a que se sujetarán los mismos para la realización de las obras o actividades, públicas o privadas, 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; por lo que se desarrolla este capítulo.

Por otro lado, es un procedimiento de carácter preventivo, orientado a informar acerca de los efectos al ambiente que pueden generarse con las actividades a desarrollar. Es un elemento correctivo de los procesos de planificación y tiene como finalidad medular atenuar los efectos negativos del proyecto sobre el ambiente.

Actualmente, en muchos países este procedimiento es considerado como parte de las tareas de planeación, superando la concepción obsoleta que le asignó un papel posterior o casi último en el procedimiento de gestación de un proyecto que se cumplía como un simple trámite tendiente a cumplir las exigencias administrativas de la autoridad ambiental después de que se había tomado las decisiones clave de la actividad o del proyecto que se pretendía llevarse a la práctica. El objeto inmediato de la evaluación de los impactos es servir de ayuda en la toma de decisiones. Para ello, sus resultados se presentan con un orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible, de

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018a. Definición y Objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental. https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/definicion-y-objetivo-de-laevaluacion-del-impacto-ambiental

forma tal que los evaluadores que analicen este documento, encargados de sustentar la decisión de la autoridad, determinen la conveniencia del proyecto y se ponga en operación. Además de identificar, prevenir e interpretar los efectos que este proyecto puede tener en el ambiente, un objetivo fundamental es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas de mitigación que permitan atenuarlos, compensarlos para finalmente, y con base en una autoevaluación integral del siguiente proyecto, realizar un balance impacto desarrollo en el que se discutan los beneficios que podría generar el proyecto y su importancia en la modificación de los procesos naturales de los ecosistemas presentes.

En este contexto de la intervención propuesta en este DTU-BR se analizan los impactos ambientales que puedan causar las etapas del proyecto. Esta valoración del impacto ambiental, parte de la obtención de información que permite identificar, describir y minimizar los impactos ambientales que podrían ocurrir por los procesos del proyecto.

El resultado de esta sección es la construcción del escenario resultante al introducir el proyecto en la zona de estudio. En el escenario ambiental actual, se insertará el proyecto, lo que permitirá identificar las acciones que pudieran generar desequilibrios ecológicos (se propone utilizar algo de menor proporción como impactos negativos al ambiente) que por su magnitud e importancia provocarían daños permanentes al ambiente y/o contribuirían en la consolidación de los procesos biológicos naturales.

V.1.1 Metodología para identificar y valoración de impactos ambientales

De acuerdo con lo definido por Von Schiller et al. (2003)[2], los indicadores de impacto ambiental son una herramienta imprescindible para la política y gestión medioambiental, donde sociedad exige una respuesta eficaz frente a la degradación creciente del ambiente. Desde este punto de vista, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones, intentando dotarles de la misma categoría y valor que otros criterios, hasta ahora utilizados.

Los autores antes referidos definen como indicador ambiental a "la variable o suma de variables que proporcionan una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo, y permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad ambiental", el cual debe cumplir los criterios de: validez científica, disponibilidad y fiabilidad de datos, representatividad, sensibilidad a cambios, sencillez, relevancia y utilidad, comparabilidad y razonable relación costo/beneficio.

Los indicadores ambientales tienen como principal característica que representan intentos para reducir la complejidad, evitar mediciones demasiado complicadas y seleccionar métodos simples, que, sin embargo, pueden conducir a una representación satisfactoria de una relación compleja. Desde el punto de vista de la evaluación, estos sirven para determinar la situación y presiones a las que está sometido el ambiente, permiten el desarrollo de medidas y prioridades, y la identificación de alternativas y aspectos críticos. Asimismo, sirven para evaluar los efectos de las medidas ambientales aplicadas con el fin de prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados por la ejecución de una obra y/o actividad.

[2] Von Schiller D., E. Soler, J. Martínez, A. Delgado, M.L. Vivas, S. Fernández. 2003. Indicadores ambientales en el contexto europeo. El portal de la Biología y ciencias de la salud, Biología.org., La revista 12

Para la identificación de los impactos se generó una matriz de interacciones basada en la matriz tipo Leopold (1971)[3], la cual permitió evaluar los posibles impactos que se pudiesen presentar a consecuencia de la elaboración del proyecto. Con esta matriz, se relacionaron los impactos con las acciones de la etapa de preparación, construcción y operación, además de proporcionar información sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar los impactos de las alternativas. Para ello, se establecieron los indicadores de impacto e identifican las variables ambientales y sus respectivos componentes, no omitiendo el identificar los elementos socioeconómicos que pudieran ser afectados de manera positiva.

V.2 Caracterización de los impactos

Para caracterizar los impactos, se identificaron indicadores para ver, según la SEMARNAT (2002), una definición genéricamente utilizada del concepto "indicador" establece que éste es "un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio" (Ramos, 1987). Para analizar los impactos del proyecto se buscaron indicadores que fueran:

•Representativos: Se refiere al grado de información que posee el indicador respecto al impacto global de la obra.
•Relevantes: Se refiere a que la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
•Excluyentes: Se refiere a que no exista superposición con otros indicadores.
•Cuantificables: Se refiere a que sea posible medirlo en términos cuantitativos para estimar la magnitud del impacto.
•De fácil identificación: Se refiere a que su definición sea clara y concisa.

Los indicadores de impacto se identifican al aplicar las interrelaciones existentes entre las acciones que son causa del impacto y los factores que reciben el impacto. Por otra parte, los impactos ambientales y las medidas de mitigación se explican según las acciones que se desarrollan en el proyecto. Para la identificación de los impactos ambientales que se generarán durante las diferentes etapas que comprende el proyecto, se utilizara la técnica de interacciones matriciales. En este método, la matriz de interacciones se integra identificando y marcando cada acción propuesta y su correspondiente efecto.

Se buscaron indicadores que reflejen impactos significativos, considerando las características y cualidades de los sistemas ambientales puntual y local. Dentro de cada uno de estos indicadores se consideraron las principales actividades y acciones que pudieran afectar dichos sistemas, para calificar e identificar adecuadamente el efecto del desarrollo del proyecto en los mismos.

Cada uno de estos elementos del ecosistema permitirá identificar la intensidad del cambio provocado por los impactos determinados por el proyecto. Los indicadores variaran según la etapa del proyecto, selección del sitio y a las características particulares del proyecto. Los indicadores que aquí se presentan son pensados en las características propias del proyecto y reflejo de un ejercicio de proyección de las diferentes actividades, así como la experiencia adquirida en proyectos sobre este tipo de terrenos.

[3] Leopold, L. B., F. E. Clark, B. B. Hanshaw y J.R. Balsey, 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular, 645, Department of Interior. Washington, D.C.

Las actividades del proyecto en sus diferentes etapas son presentadas en matrices simples donde se identifican las interacciones entre proyecto, medio ambiente y los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto; esto se denomina lista de revisión (Garmendia, Salvador, Crespo, Garmendia, 2005).

V.2.1 Indicadores de impacto

Con base en lo anterior, para la evaluación de los impactos ambientales fue necesario identificar, de acuerdo con el diagnóstico del SAR, cada uno de los factores del entorno que pudieran resultar afectados de manera significativa por las obras o actividades del Proyecto, tanto en el medio marino como en el terrestre.

Posteriormente se aplicaron las técnicas de análisis de impactos ambientales para identificar las interacciones entre los factores susceptibles y las acciones generadoras de impactos. De esta forma se prevé definir medidas de mitigación y compensación que fueran congruentes con los impactos ambientales detectados y con las condiciones del SAR para mitigarlos.

En lo siguiente, se enlistan los factores del entorno, divididos en componentes y factores. También se muestran las propiedades de cada factor que deberá medirse en todas sus etapas del Proyecto, ya que funcionan como **INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL**.

Tabla 1. Factores ambientales y sus indicadores respectivos para monitorear su estado.

Componente	Factor ambiental	Indicador de evaluación
Abiótico	Suelo y subsuelo	Calidad del suelo
		Pérdida de suelo orgánico
		Presencia de erosión y modificación en la compactación
		Pérdida del manto rocoso
		Cambio en el relieve natural
		Presencia de fracturas y derrumbes en el subsuelo
	Atmósfera	Calidad del aire
		Incremento en el nivel de ruido
	Clima	Alteración del microclima
	Agua	Afloramiento del nivel freático
		Cambio en la concentración de sólidos disueltos
		Presencia de intrusión salina
		Alteración en el balance hidrológico
	Paisaje	Fragmentación del paisaje
		Calidad visual
Biótico	Flora	Deforestación, pérdida de biomasa forestal

Componente	Factor ambiental	Indicador de evaluación
		Pérdida de hábitat flora
		Pérdida captura de carbono
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-SEMARNAT-2010
	Fauna	Distribución, abundancia, riqueza, diversidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059.
Socioeconómico	Población y economía	Generación de empleos directos e indirectos, aumento de los servicios y atractivos turísticos de la zona.

Asimismo, se presenta la lista de los impactos ambientales por factor ambiental que se prevén se generen por el desarrollo del proyecto, con sus respectivos indicadores.

Nota: Es importante destacar que en este documento solo se evalúan los impactos ambientales de la fase de extracción por debajo del manto freático, toda vez, que los impactos ambientales de la fase en seco ya fueron previamente evaluados y analizados por la autoridad en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Ordinaria a nivel estatal.

Tabla 2. Listado de chequeo de posibles impactos que se prevén se generen por el desarrollo del Proyecto con sus respectivos indicadores.

FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO GENERADO	INDICADOR O PROPIEDAD POR MONITOREAR
AGUA	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.	Presencia de laguna artificial
	Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto	Calidad de agua subterránea
	Alteración del acuífero por intrusión salina.	Calidad de agua dulce subterránea
	Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión	Balance de la cuenca hidrológica
AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.	Calidad
	Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.	Calidad
	Alteración en los niveles del ruido en el predio y área de influencia	Cantidad
SUELO	Modificación de la geomorfología y relieve	Alteración de la estructura del suelo y subsuelo
	Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza	
	Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza	

	Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.	Calidad del suelo
FLORA	Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.	Distribución, abundancia, riqueza y diversidad.
	Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.	
	Disminución de zonas de captura de carbono.	Toneladas/ha de carbono
	Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	
FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares.	Abundancia, riqueza y diversidad, presencia de especies NOM-059
	Alteración del hábitat	Distribución de las especies
PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística	Estructura y configuración
SOCIOECONÓMICO	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	Número de generación de empleos directos e indirectos.

V.3 Valoración de los impactos

V.3.1 Valoración cualitativa del impacto ambiental

La identificación y evaluación de los impactos ambientales cualitativamente que se producirán por las actividades del proyecto en la Etapa de preparación, construcción y operación son presentadas en matrices simples donde se identifican las interacciones entre proyecto y medio ambiente y los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto; esto se denomina lista de revisión (Garmendia, Salvador, Crespo, Garmendia, 2005).

Estas matrices tienen las siguientes características generales:

- Interacción existente entre las actividades del proyecto con los factores ambientales del medio ambiente (físico, biótico y socioeconómico).
- Valoración del impacto por medio de una matriz de impactos que sintetiza los efectos ambientales previstos en las condiciones reales estimadas del medio ambiente donde se ejecutará el proyecto.

Una vez definidas las interacciones ambientales y basadas en los criterios de evaluación utilizados en estudios ambientales realizados en el área del proyecto, el equipo interdisciplinario que desarrolla este proyecto evaluó los impactos potenciales para cada elemento del ambiente susceptible a modificaciones.

En lo siguiente, se presenta la matriz de interacciones:

Tabla 3. Matriz de interacciones.

ACTIVIDAD /ACCIÓN			PREPARACIÓN DEL SITIO			OPERACIÓN				TOTAL INTERACCIONES NEGATIVAS	TOTAL INTERACCIONES POSITIVAS
			Limpieza y Delimitación topográfica	Desmonte CUSTF en 20.44 has	Despalme en 20.44 ha	Barrenación	Carga de explosivos y voladura	Extracción del material con draga de arrastre	Carga y acarreo del material		
C	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL									
ABIÓTICO	AGUA	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.					N	N		2	0
		Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto					N	N		2	0
		Alteración del acuífero por intrusión salina.					N	N		2	0
		Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión					N	N		2	0
	AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.	N	N	N	N	N	N	N	7	0
		Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.	N	N	N	N	N	N	N	7	0
		Alteración en los niveles del ruido		N	N	N	N	N	N	6	0
	SUELO	Modificación de la geomorfología y relieve				N	N	N		3	0
		Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza				N	N	N		3	0
		Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza				N	N	N		3	0
		Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.		N	N			N	N	4	0
	PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística		N	N	N	N	N		5	0
BIÓTICO	FLORA	Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.		N	N					2	0
		Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.		N	N					2	0
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.		N	N					2	0
		Disminución de zonas de captura de carbono		N	N					2	0
	FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010	N	N	N		N		N	5	0
		Alteración del hábitat		N	N		N			3	0
SE	SOCIOECONOMICO	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	P	P	P	P	P	P	P	0	7
TOTAL INTERACCIONES NEGATIVAS			3	11	11	7	13	12	5	62	
TOTAL INTERACCIONES POSITIVAS			1	1	1	1	1	1	1		7

V.3.1.1 Resultados

En la lista de chequeo (matriz de interacciones) se presentó el análisis objetivo de los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del proyecto. Esta lista es de gran certidumbre ya que en su realización se consideró un juicio de diversos participantes con experiencia en la evaluación de impacto ambiental de proyectos similares.

Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por juicio e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar.

El propósito de la evaluación de los impactos es visualizar los escenarios en cada una de las etapas del proyecto en caso de desarrollarse el proyecto, conocer el efecto de las obras y/o actividades, así como del alcance en los componentes bióticos y abióticos del ambiente en donde se plantea su desarrollo. Todo lo anterior, con la finalidad de saber cómo prevenirlos, mitigarlos o bien compensarlos con las medidas adecuadas.

Con base en la matriz generada podemos observar que potencialmente se obtuvieron 64 interacciones nulas (48.12%), 62 negativas (46.62%) y 7 positivas (5.26%).

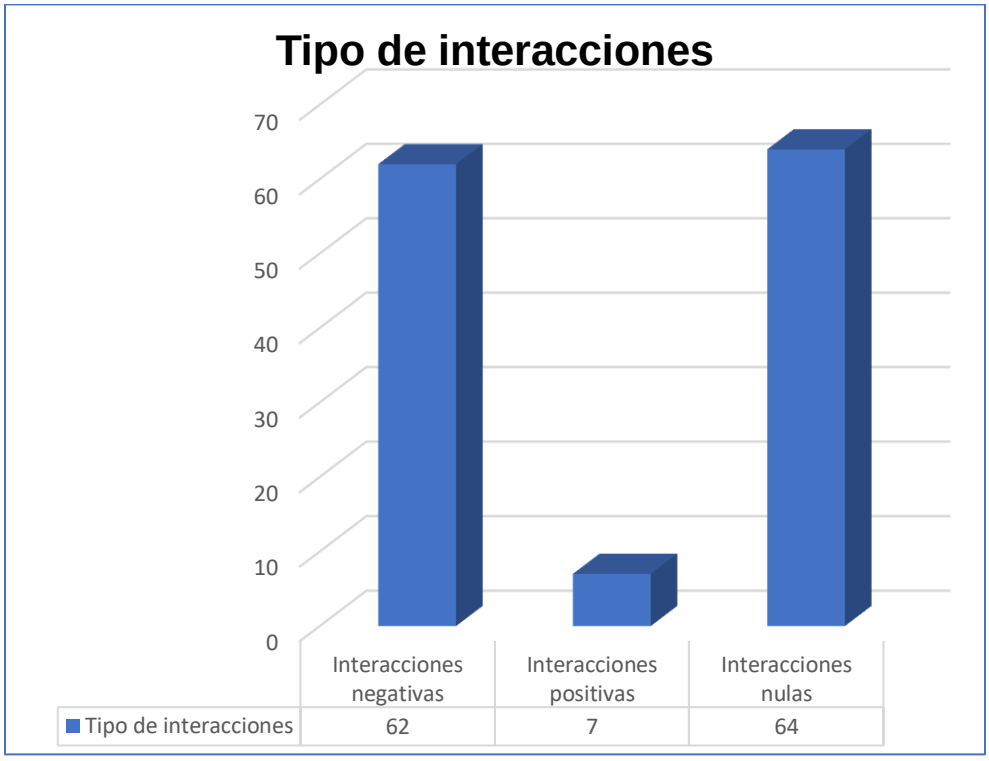


Figura 1. Número de interacciones correspondientes a las diferentes categorías.

En lo que respecta a la distribución de las interacciones por etapa del proyecto, se observó que la mayor parte de los calificados como interacciones negativas se prevé ocurran en las etapas de preparación y construcción.

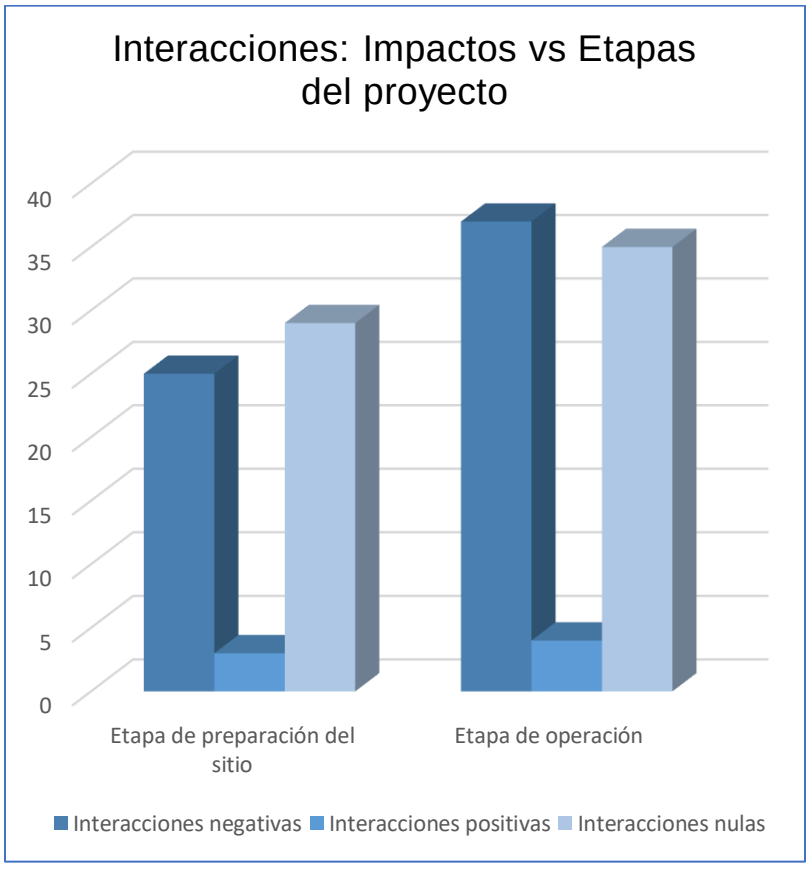


Figura 2. Interacciones entre los impactos y las etapas del proyecto.

V.3.1.1.1 Interacciones previstas para la etapa de preparación del sitio

En esta etapa la actividad con la menor cantidad de interacción con impactos es la limpieza del terreno y la delimitación topográfica de las áreas de trabajo, y esto es debido a que ambas actividades no alteran mi modifican las características bióticas o abióticas del sitio; las brigadas de topógrafos no retirarán vegetación, cuidarán las actividades que realizarán para el marcaje.

No obstante, la etapa de preparación del sitio se prevé como severa, ya que es cuando se desarrollan las actividades más adversas y de efecto permanente, ya que implica la pérdida de la cubierta vegetal por el desmonte de **20.44 ha de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia,** lo que incide directamente en la alteración de la composición florística de la zona de estudio, pérdida de servicios ambientales, cambios en la biodiversidad florística, pero también faunística por el desplazamiento que genera en los ejemplares. Todo lo anterior es un efecto directo y sinérgico que genera y provoca otros impactos incrementando su afectación (sinergia), ejemplo; erosión, disminución de la infiltración del agua pluvial al subsuelo, etc.; producto de las interrelaciones entre los factores bióticos y abióticos.

Asimismo, se prevé que a consecuencia del despalme se pierdan los suelos orgánicos que cubre la roca madre, por lo cual se lleva a cabo la eliminación del componente más fértil en su estructura en las mismas 20.44 ha de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia.

Otras interacciones negativas presentes en esta etapa se generan por la presencia de trabajadores, maquinaria pesada y vehículos para realizar las actividades de desmonte y despalme, lo cual a su vez genera la emisión de partículas y gases a la atmosfera, así como la presencia de trabajadores la generación de residuos sólidos urbanos, producción de aguas residuales, aumento de consumo de agua potable y no potable. Sin embargo, también en esta etapa se aplicará el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna silvestre, especializándose en la recuperación de aquellas especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de importancia ecológica, así como las necesarias para no comprometer la biodiversidad y dar cumplimiento con lo señalado en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Finalmente, se hace referencia al impacto positivo en el medio socioeconómico por la generación de empleos (directos e indirectos) y recursos económicos por permisos y autorizaciones.

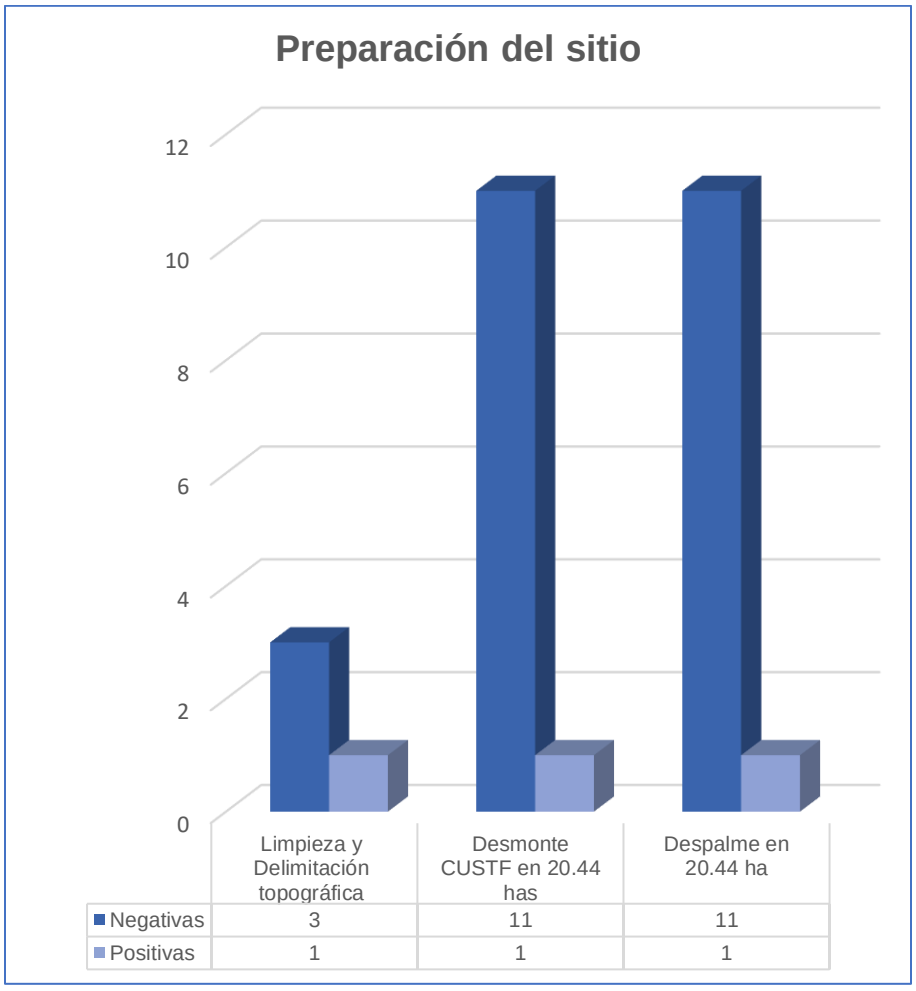


Figura 3. Tipo de interacciones durante la etapa de preparación del sitio.

V.3.1.1.2 Interacciones previstas para la etapa de operación

La mayoría de las interacciones que provocará el proyecto en esta etapa, toda vez que incluye las actividades que se relacionan directamente con la extracción del material, iniciando con la barrenación y terminando con la carga y acarreo del material (transporte). La carga de explosivos y la voladura son las principales actividades que generan interacciones y provocarán impactos negativos al ecosistema, principalmente relacionados con el aire (por el uso de maquinaría y emisión de gases y partículas a la atmosfera), el suelo y agua. Se prevén una serie de acciones y medidas preventivas, de compensación y mitigación para minimizar y evitar el daño al ambiente.

Finalmente, se hace referencia al impacto positivo en el medio socioeconómico por la generación de empleos (directos e indirectos) y recursos económicos por permisos y autorizaciones (principalmente asociados a la construcción).

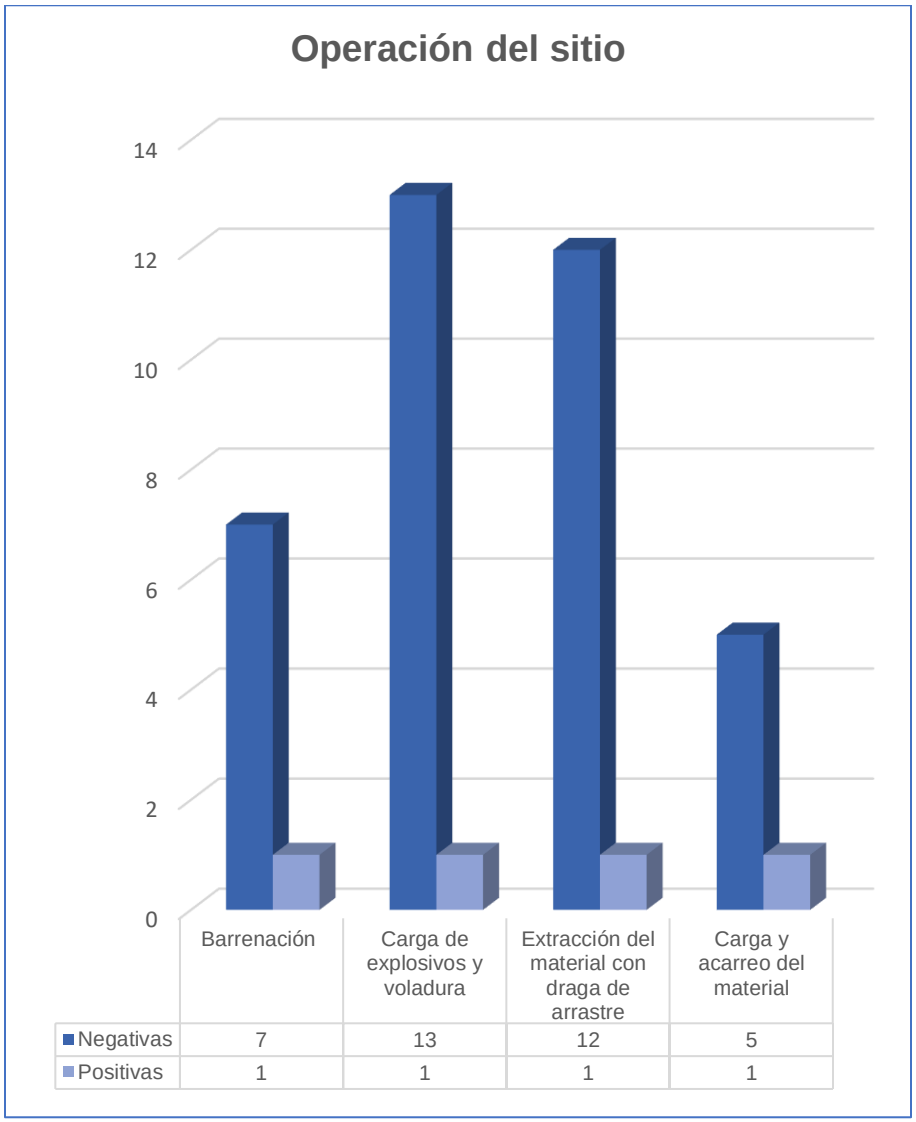


Figura 4. Tipo de interacciones durante la etapa de construcción del sitio.

Interacciones e impactos por factores ambientales

En cuanto a los factores ambientales, se presenta la siguiente Figura:

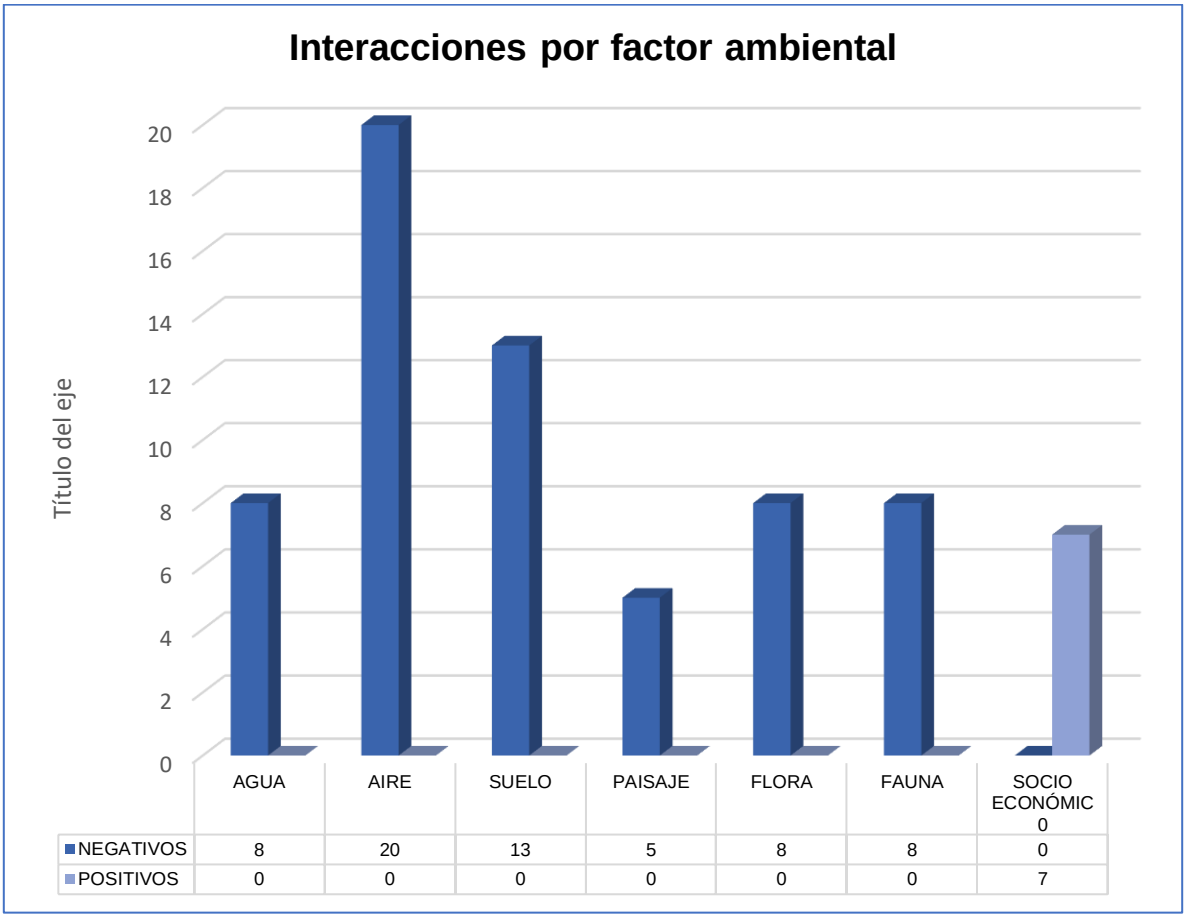


Figura 5. Interacciones positivas y negativas por factor ambiental del proyecto.

De acuerdo a la valoración cualitativa que señala las interacciones entre los impactos ambientales y los factores ambientales, se visualiza que el aire es el factor con mayor número de interacciones de tipo negativo, esto es debido al uso de la maquinaria y equipo en practicamente todas las actividades que a su vez se traducen en la generación y emisión de partículas, gases y ruido. Posteriormente, se encuentra el factor suelo, siendo afectado por la alteración y pérdida del suelo orgánico (leptosol) y del material rocoso (roca caliza) por debajo del manto freático y posible riesgo de contaminación derivado del proyecto. Con la misma cantidad de interacciones se encuentran los factores: agua, flora y fauna, los cuales son principalmente impactados por el desmonte, despalme y la extracción del material.

Para comprender con mayor claridad el grado de afectación de los impactos ambientales se realizará una valoración cuantitativa expresando y evidenciando aquellos impactos críticos, severos, moderados, compatibles.

V.3.2 Valoración cuantitativa del impacto ambiental

V.3.2.1 Metodología

La valoración cuantitativa, será la importancia que tiene el impacto; se recogerá todo lo necesario para realizar la valoración cualitativa, la fórmula elegida, la fórmula normalizada, y todos los atributos que se van a tener en cuenta en esta valoración, así como el valor que les asigna a cada uno de ellos que en este caso será 6 como mínimo y 25 como máximo; el signo, si es simple, acumulativo, o sinérgico (A), la intensidad (In), la extensión (E), la persistencia (P), la reversibilidad (Rv) y la recuperabilidad (Rc).

La fórmula de cálculo propuesta es:

$$lm = \pm (A + E + In + P + Rv + Rc)$$

Solo el resultado obtenido, no es posible analizar si éste es bajo o elevado. Para contrastar los resultados de las distintas alternativas y para comparar con los obtenidos con otros impactos, usualmente se normaliza la fórmula. La expresión de normalización utilizada será 0-1 en donde el primero será el mínimo y el segundo el máximo. Se utilizará la siguiente fórmula.

$$lN1 = \pm (|lm| - Mínimo) / (Máximo - Mínimo)$$

En donde mínimo es el mínimo valor, en valor absoluto, que se puede alcanzar con la formula y máximo es también el máximo valor en valor absoluto.

Para obtener valores entre 1 y 10 se usará la fórmula normalizada 2:

$$lN2 = \pm ((b - a) (|lm| - Mínimo) / (Máximo - Mínimo)) + a$$

Para el análisis cualitativo se usan variables para la caracterización de impactos que se utilizan son descritas a continuación:

1.Naturaleza:

•Impacto positivo: mejora la calidad de un factor o elemento del ambiente.
•Impacto negativo: reduce la calidad de un factor o elemento del ambiente.

2.Acumulación: se refiere a la distinción entre efectos simples, acumulativos o sinérgicos según la forma de interaccionar con otros efectos.

3.Intensidad: se refiere al grado de afectación que un impacto genera sobre un factor o elemento del ambiente. El grado de intensidad puede ser grave o leve.

4.Extensión: se refiere al alcance que el impacto tiene respecto a una extensión superficial, en este caso si el impacto solo presenta efectos sobre el ambiente que se encuentra dentro del área de influencia delimitada, se considera como en el sitio, de lo contrario se evalúa como fuera del sitio.

5.Persistencia: expresa en términos de tiempo, la permanencia de la alteración desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retorna a las condiciones originales como consecuencia del impacto o acción. Si una vez que la actividad impactante deja de existir y el impacto sobre el ambiente continúa, se considera como permanente, de lo contrario se clasifica como temporal.

6.Reversibilidad: se refiere al comportamiento de los procesos naturales y de medio plazo. Es decir, que, de forma natural, al cesar la acción, el medio sea capaz de eliminar el efecto antes de cinco años.

A cada uno de los criterios anteriores, se le asignará un valor numérico, de forma tal que se pueda cuantificar posteriormente el impacto, según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. Fórmula 1, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cuantitativa.

VALORACIÓN CUALITATIVA 1			
SIGNO		**ACUMULACIÓN (*A*)**	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	−	Acumulativo	3
		Sinérgico	5
EXTENSIÓN (*E*) **Área de influencia**		**INTENSIDAD (*In*)** **Grado de destrucción**	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	3	Alta	8
PERSISTENCIA (*P*) **Permanencia del efecto**		**REVERSIBILIDAD (*Rv*)** **Medios naturales**	
Temporal	1	Reversible	1
Permanente	3	Irreversible	3
RECUPERABILIDAD (*Rc*) **Medios humanos**			
Recuperable	1		
Irrecuperable	3		

El signo del impacto se asigna siempre al final. Por ello, en la fórmula normalizada es conveniente utilizar siempre el valor absoluto de la importancia para realizar los cálculos y únicamente al final del cálculo poner el signo positivo o negativo.

Simple enjuiciamiento

El enjuiciamiento es necesario por ley. De cada impacto se debe decir si es compatible, moderado, severo o crítico. Esta valoración puede hacerse de forma cuantitativa, cualitativa o por simple enjuiciamiento. Por simple enjuiciamiento se entiende tener un primer contacto, y separar aquellos impactos poco significativos que ya no requieran un estudio más profundo y distinguir entre efectos notables o impactos y efectos mínimos. Una vez identificados todos los posibles efectos ambientales, mediante una matriz de causa-efecto, el siguiente paso es cribar los efectos mínimos, aquellos poco significativos, y valorar los efectos notables que se denominan impactos ambientales. En muchos casos las diferencias entre un efecto notable y uno mínimo dependen de pequeños detalles en la forma de realizar el proyecto, por lo que, como indica la legislación, se requiere «demostrar que no es notable», por lo que siempre que exista la posibilidad de que un efecto ambiental sea notable, habrá que incluirlo en la valoración. Los impactos notables se clasifican en compatibles, moderados, severos y críticos.

•Impacto ambiental compatible (-6 a -9): Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

•Impacto ambiental moderado (-10 a -14): Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

•Impacto ambiental severo (-15 a -19): Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

•Impacto ambiental crítico (-20 a -25): Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Tabla 5. Clasificación del simple enjuiciamiento.

CLASIFICACIÓN	COLOR
6-9	Compatible
10-14	Moderado
15-19	Severo
20-25	Crítico

V.3.2.2 Resultados

A continuación, se presenta la valoración cuantitativa simple:

Tabla 6. Matriz de valoración cuantitativa.

VALORACIÓN CUANTITATIVA a=1 b=10			SIGNO	Acumulación (A)	Extensión (E)	Intensidad (I)	Persistencia (P)	Reversibilidad (Rv)	Recuperabilidad (Rc)	Valoración de importancia	Importancia normalizada: II	Importancia normalizada: I
C	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL										
ABIÓTICO	**AGUA**	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.	-	3	1	8	3	3	3	-21	-0.79	-8.1053
		Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto	-	3	2	8	3	3	3	-22	-0.84211	-8.5789
		Alteración del acuífero por intrusión salina.	-	5	2	8	3	3	3	-24	-0.95	-9.5263
		Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión	-	3	2	8	3	3	3	-22	-0.84211	-8.5789
	AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.	-	1	1	1	1	1	1	-6	0	-1
		Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.	-	1	1	1	1	1	1	-6	0	-1
		Alteración en los niveles del ruido	-	1	1	4	1	1	1	-9	-0.15789	-2.4211
	SUELO	Modificación de la geomorfología y relieve	-	5	1	4	3	3	3	-19	-0.68421	-7.1579
		Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza	-	5	1	8	3	3	3	-23	-0.89474	-9.0526
		Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza	-	5	1	8	3	3	3	-23	-0.89	-9.0526

VALORACIÓN CUANTITATIVA a=1 b=10			SIGNO	Acumulación (A)	Extensión (E)	Intensidad (I)	Persistencia (P)	Reversibilidad (Rv)	Recuperabilidad (Rc)	Valoración de importancia	Importancia normalizada: II	Importancia normalizada: I
C	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL										
		Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.		1	1	4	1	1	1	-9	-0.16	-2.4211
	PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística	-	1	1	4	3	1	1	-11	-0.26316	-3.3684
BIÓTICO	**FLORA**	Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.	-	3	1	4	3	1	1	-13	-0.37	-4.3158
		Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.	-	3	1	8	3	3	3	-21	-0.79	-8.1053
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.		1	1	4	1	1	1	-9	-0.16	-2.4211
		Disminución de zonas de captura de carbono	-	1	1	4	1	1	1	-9	-0.15789	-2.4211
	FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010	-	1	2	4	1	1	1	-10	-0.21053	-2.8947
		Alteración del hábitat	-	3	1	4	3	1	1	-13	-0.36842	-4.3158
SE	**SOCIOECONOMICO**	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	+	5	2	8	3	3	3	24	0.95	9.5263

Impacto sinérgico
Impacto residual
Impacto acumulativo

De la valoración cuantitativa se prevén 6 impactos ambientales son compatibles, 4 impactos ambientales son moderados, 1 impactos ambientales son severos y finalmente 8 son considerados impactos críticos.

Apoyándose en la valoración cuantitativa se realizó la identificación de los impactos residuales, sinérgicos y acumulativos.

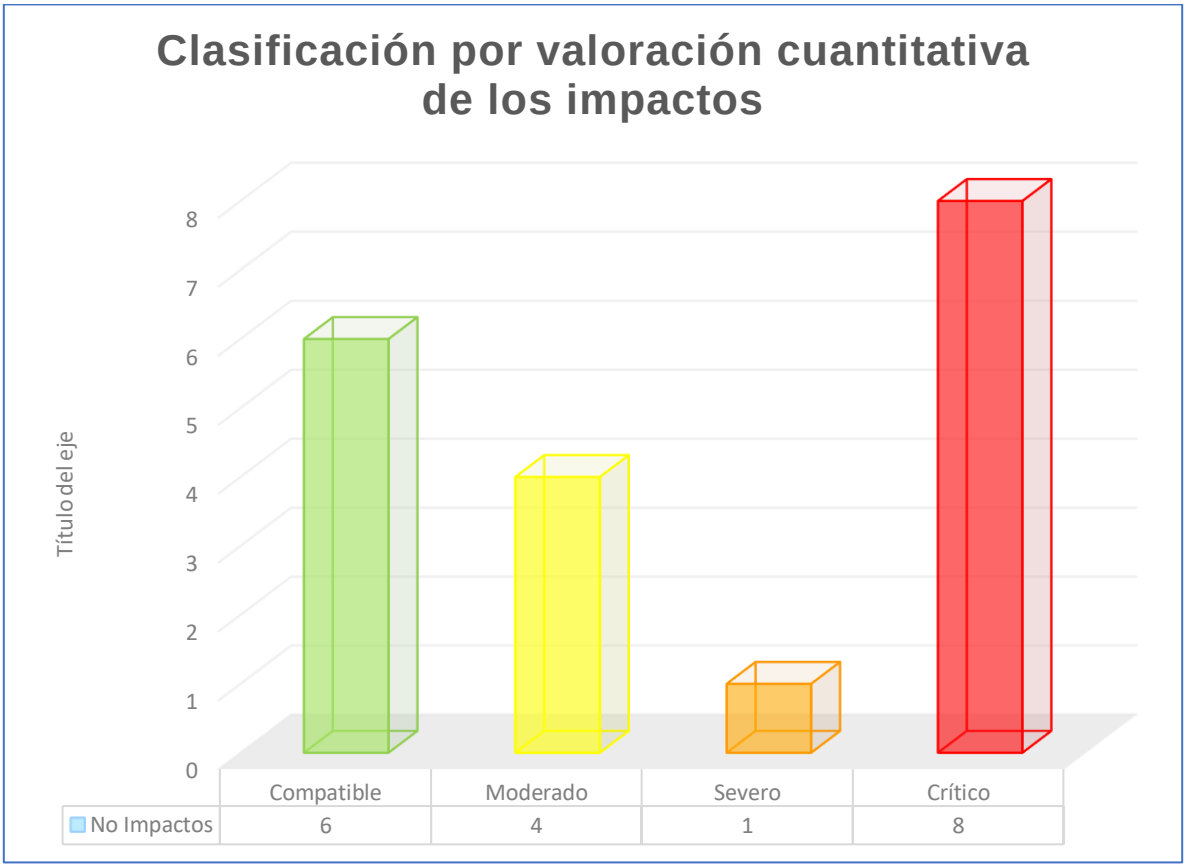


Figura 6. Representación gráfica del simple enjuiciamiento en la valoración cuantitativa.

V.3.2.2.1 Impactos Compatibles

Tabla 7. Impacto: Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.

Impacto 1	**Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.**
Factor Ambiental	**Aire**
La contaminación atmosférica derivada de la construcción supone un auténtico reto debido a las diversas fuentes y la emanación de diferentes contaminantes. En este sentido, las partículas en suspensión representan una de las emisiones más perjudiciales. Su peligrosidad deriva de su tamaño, encontrando, por ejemplo, partículas que van desde las 10 micras (PM_{10}) a 1 micra (PM_1). A esta característica, en ocasiones, también hay que sumar la naturaleza de la partícula.	

El proyecto de extracción de material pétreo se realizará en dos áreas irregulares de 95,232.60 m^2 y de 106,371.60 m^2, que en total suma una superficie de aprovechamiento de 201, 604.20 m^2 en un polígono de 500,000.00 m^2. Después del desmonte es probable que en las zonas desprovistas de vegetación se puedan generar suspensión y emisión de partículas en el aire producto del viento y del arrastre de pequeñas partículas del suelo. Se prevé aplicar medidas preventivas, como realizar el desmonte de la vegetación por fracciones, así como humedecer con agua tratada aquellas zonas que así lo requieran.

Asimismo, durante el transporte del material extraído fuera del sitio es probable que por la misma acción del viento y del movimiento del transporte se puedan desprender partículas del material pétreo (roca caliza) y se incorporen negativamente a la atmósfera. No obstante, se prevé como medida preventiva colocar lonas que cubran cada carga de camión que transporte la roca.

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé que la posible afectación de las partículas se concentre en las áreas de extracción y no sobrepase los límites del predio, debido a que la vegetación del Área de Conservación rodeará las áreas de extracción; de I**ntensidad baja (1)**, debido a que la extracción estará estratégicamente planteada para que las áreas desmontadas sean por fracciones y que las medidas que se prevén son de carácter preventivo, es decir, con su aplicación se evitará la generación del impacto y por tanto, su intensidad sea mínima; de **Persistencia temporal (1),** debido a que el viento diluye y dispersa rápidamente a las partículas suspendidas en el área circundante; **Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, puesto que las condiciones de la atmósfera regresaran a sus condiciones iniciales debido a que la cantidad de partículas suspendidas no será alta y a la acción de viento de dispersión.

Tabla 8. Impacto: Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.

Impacto 2	**Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.**
Factor Ambiental	**Aire**
La maquinaria y equipo utilizado en las dos etapas del proyecto emite gases contaminantes que contribuyen a la contaminación del aire y al cambio climático: Dióxido de carbono (CO_2), Óxidos de nitrógeno (NO_x), VOC y CFC. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé que la posible afectación de las partículas se concentre en las áreas de extracción y no sobrepase los límites del predio, debido a que la vegetación del Área de Conservación rodeará las áreas de extracción; de I**ntensidad baja (1)**; de **Persistencia temporal (1),** debido a que el viento diluye y dispersa rápidamente a las partículas suspendidas en el área circundante; **Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, puesto que las condiciones de la atmósfera regresaran a sus condiciones iniciales debido a que se mantendrán en constante mantenimiento a la maquinaría, así como no se prevé que se emplee un alto número de maquinaría por lo que las emisiones no serán altas y a la acción de viento de dispersión.	

Tabla 9. Impacto: Alteración en los niveles del ruido.

Impacto 3	**Alteración en los niveles del ruido**
Factor Ambiental	**Aire**
El aporte de la contaminación que el ruido hace al aire es producto, principalmente, de la operación de máquinas y equipos utilizados en actividades de excavación, apertura de vías, transporte y descargue de materiales. Los elevados niveles de contaminación por ruido alteran a trabajadores y el entorno. En este sentido, plantea que el ruido producido por el proyecto puede afectar el derecho al silencio, la comodidad de la fauna, y puede influir en la actividad normal de las especies y que las principales fuentes de ruido en una obra de construcción son martillos neumáticos, compresores, hormigoneras y maquinaria. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afecte el área total del predio, debido a que la vegetación del Área de Conservación rodeará las áreas de extracción; de I**ntensidad media (4),** considerando que afecta indirectamente a la fauna y al desplazamiento de la misma, afectando el desarrollo de sus actividades; de **Persistencia temporal (1),** debido a que el viento diluye y dispersa rápidamente a las partículas suspendidas en el área circundante; **Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, puesto que las condiciones de la atmósfera regresaran a sus condiciones iniciales debido a que se mantendrán en constante mantenimiento a la maquinaría, así como no se prevé que se emplee un alto número de maquinaría por lo que las emisiones no serán altas y a la acción de viento de dispersión.	

Tabla 10. Impacto: Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.

Impacto 4	**Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos**
Factor Ambiental	**Suelo**
El suelo puede presentar alteración fundamentalmente por los residuos, ya sean sólidos, líquidos y/o peligrosos, generados por proyectos de aprovechamiento de recursos naturales (en este caso del material pétreo) y que están asociados a actividades de desmonte, limpieza, uso de maquinaría, presencia de personal y eventual producción de residuos sólidos urbanos y líquidos, entre otras. El vertido de desechos tiene numerosos efectos negativos en el medio ambiente, entre otros: contaminación, utilización excesiva de materiales con la consecuente pérdida de recursos naturales, y degradación de la calidad del paisaje. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos de acceso; de I**ntensidad media (4),** considerando que presenta relación con residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos y residuos líquidos; de **Persistencia temporal (1), Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que en caso de presentarse este tipo de residuos, estos podrán eliminarse y remediarse sin mayores complicaciones y ser de carácter temporal.	

Tabla 11. Impacto: Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Impacto 5	**Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**
Factor Ambiental	**Flora**

Las especies en riesgo son aquéllas que sus poblaciones han ido disminuyendo debido a actividades humanas como la transformación de su hábitat, sobreexplotación, interacciones con especies invasoras, efectos de la contaminación, al punto que se considera necesario protegerlas. En México se utilizan cuatro categorías para las especies que se encuentran en riesgo, publicadas en la Norma Oficial Mexicana.



Probablemente extinta en el medio silvestre | 48 especies en México

Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.



En peligro de extinción | 535 especies en México

Aquellas especies 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. (Esta categoría coincide parcialmente con las categorías en peligro crítico y en peligro de extinción de la clasificación de la IUCN).



Amenazadas | 912 especies en México

Aquellas especies, o poblaciones de las mismas, 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. (Esta categoría coincide parcialmente con la categoría vulnerable de la clasificación de la IUCN).



Sujetas a protección especial | 1183 especies en México

Aquellas especies o poblaciones 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. (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de la IUCN).

Las cuatro categorías anteriores son parte del instrumento legal que protege a las especies en riesgo en México: la **Norma Oficial Mexicana 059**. El primer listado de **especies en riesgo** data de **1994**, cuando se publicó por primera vez esta norma (NOM-059-ECOL-1994; DOF, 1994) para determinar las especies de flora y fauna terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras o sujetas a protección especial.

En 2002 culminó un primer ejercicio para la modificación de dicha norma (NOM-059-SEMARNAT-2001, SEMARNAT, 2002). Esta nueva versión presentó criterios más objetivos para la inclusión de especies, información mínima necesaria y mayor precisión en las categorías. Se eliminó la categoría "rara", y se incluyó la categoría "probablemente extinta en el medio silvestre". Además, se definió el **"Método de evaluación del riesgo de extinción de especies silvestres en México (MER)"**, entre otros cambios. El MER tiene el objetivo de justificar y documentar los factores de riesgo de extinción que operan sobre las especies. En principio, el MER debía ser aplicado indistintamente a las especies de los diferentes grupos biológicos. En el año **2010**, se publicó una actualización de la norma (NOM-059-SEMARNAT-2010, SEMARNAT, 2010), misma que incorporó el Método de Evaluación del Riesgo de extinción de plantas en México. Así, esta versión de la norma contiene el MER general, que aplica a los grupos de animales y hongos (Anexo normativo I) y el MER de plantas (Anexo normativo II). En noviembre de 2019 se publicó la actualización del anexo III (lista de especies), con lo que actualmente hay 2678 especies enlistadas.

Las especies silvestres son cruciales en los ciclos sobre los que se sustenta la vida. Es preciso reflexionar acerca de la importancia de la biodiversidad y de los peligros a que está sometida en la actualidad a causa del actual crecimiento insostenible, guiado por intereses particulares a corto plazo y sus consecuencias, una contaminación sin fronteras, además de los efectos del cambio climático.

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, y los caminos de acceso; de I**ntensidad media (4),** considerando que aunque se prevé recuperar las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 estas son especies o poblaciones de flora en riesgo que requieren atención y protección especial; de **Persistencia temporal (1), Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que todas las especies serán rescatadas, por lo que no se prevé la pérdida de las especies enlistadas en la Norma y posteriormente serán reubicadas en el Área de Conservación.

Tabla 12. Impacto: Disminución de zonas de captura de carbono.

Impacto 6	**Disminución de zonas de captura de carbono**
Factor Ambiental	**Flora**
El cambio de uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en la actualidad para las ciencias ambientales y la ecología, ya que este fenómeno constituye uno de los factores involucrados en el calentamiento global al alterar los ciclos biogeoquímicos, como el del agua o el del carbono. No hay que olvidar que el suelo contiene las reservas más importantes de carbono en los continentes. La masa total del C orgánico en los suelos se ha estimado en 30 x 10^{-14} kg, similar al promedio de todos los otros reservorios de C en la superficie terrestre, el cual asciende a 21 x 10^{-14} kg. El cambio de uso del suelo también es una de las causas más importantes de la disminución de la biodiversidad. Al perder los suelos su cobertura natural se presenta, en seguida, una serie de cambios que repercuten de manera negativa en la fertilidad y la productividad natural del suelo; se ha demostrado la importancia de la cubierta vegetal en la conservación de los suelos. El remplazo de	

la vegetación para introducir cultivos altera el equilibrio natural, deja la superficie del suelo expuesta a los agentes erosivos e interrumpe el aporte de restos vegetales al suelo. Por otra parte, en las tierras secas, el abandono agrícola y la falta de prácticas adecuadas de manejo han desencadenado fuertes procesos erosivos, los cuales, aunados a la baja fertilidad del suelo tras largos periodos de cultivo, impiden la colonización vegetal o hacen que ésta avance con mucha lentitud, lo que acelera la pérdida del suelo durante los primeros años de abandono.

La pérdida de la cubierta vegetal es el primer paso del proceso de deterioro del suelo; si éste no se controla a tiempo, provocará que el paisaje se desertifique. La degradación del suelo es un término difícil de visualizar y entender. La mejor forma de saber si un suelo se está degradando es conociendo la dinámica de sus propiedades; esto significa que es necesario realizar monitoreos periódicos de indicadores. Sin embargo, los monitoreos son poco utilizados y no son bien vistos por las agencias de financiamiento gubernamental o privado porque no muestran resultados a corto plazo, son caros y difíciles de ejecutar, y no se ajustan a los tiempos de tomadores de decisiones. No obstante, hay que considerar que muchos procesos naturales son lentos y graduales; en particular, los cambios en las propiedades de los suelos sólo se manifiestan en décadas o, inclusive, en centurias o milenios. Por lo tanto, sólo a través de mediciones científicas periódicas se podrá contar con información confiable y obtener conclusiones válidas que permitan tomar decisiones correctas.

El proyecto pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Vegetación Secundaria de Selva mediana subperennifolia que se requieren para la operación del proyecto lo que conlleva a la reducción parcial de la vegetación forestal en esta misma superficie. Se conservarán componentes del ensamble actual formado por vegetación nativa siendo posteriormente reforestado con especies propias del lugar.

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos de acceso; de I**ntensidad media (4),** se considera de intensidad media, toda vez que se prevé recuperar el almacenamiento de carbono a través de acciones de rescate y reubicación de flora y de reforestación; de **Persistencia temporal (1), Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que como se mencionó se realizarán acciones de rescate y reubicación de flora, así como de acciones de reforestación con lo que se prevé recuperar el almacenamiento de carbono.

V.3.2.2.2 Impactos Moderados

Tabla 13. Impacto: Pérdida y desplazamiento de ejemplares faunísticos y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Impacto 7	**Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010**
Factor Ambiental	**Fauna**
México es reconocido como uno de los 17 países megadiversos, que en su conjunto reúnen entre el 65 y 70% de la riqueza mundial de especies. Como parte de su estrategia para la conservación, el gobierno federal mexicano, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), publica la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT (NOM-059 de aquí en	

adelante) cuyos objetivos son identificar a las especies o poblaciones de México en riesgo, elaborar los listados correspondientes y establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo mediante la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Especies Silvestres de México (MER). En 1994 se publicó la primera versión de la NOM-059, que consideraba cuatro categorías de riesgo: en peligro de extinción (P), amenazada (A), rara (R) y sujeta a protección especial (Pr). Unos años después se publicó la segunda versión con algunos cambios. Se estableció el uso del MER para determinar la inclusión o exclusión de especies, así como las categorías de riesgo. Se eliminó la categoría de rara y todas las especies que originalmente fueron incluidas en esta categoría se listaron de manera precautoria como sujetas a protección especial; además, se incluyó la categoría de probablemente extinta en vida silvestre (E). La versión más reciente de la NOM-059 se publicó en 2010 e incluye la revisión y actualización del listado previo.

Desde su primera versión, la NOM-059 ha sido usada como referencia para evaluar el estado de conservación de vertebrados terrestres nativos (e.g., anfibios y reptiles, aves, mamíferos, así como en el desarrollo y aplicación de las políticas de conservación, por ejemplo, en la elaboración de la lista de especies prioritarias para la conservación.

Debido a las actividades del proyecto tales como: desmonte, despalme, barrenación, voladuras y extracción se prevé disminuir y alterar el hábitat de la fauna silvestre, así como ahuyentar y acelerar el desplazamiento de la misma por la presencia de trabajadores y por el ruido generado en sitio (uso de maquinaria, equipo y uso de explosivos).

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos rurales; de I**ntensidad media (4),** considerando que la fauna se desplazará y se podrá distribuir en las Áreas de Conservación; de **Persistencia temporal (1), Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que en caso la fauna esta se podrá desplazar en el mismo predio pero en las áreas de conservación.

Tabla 14. Impacto: Alteración del hábitat.

Impacto 8	**Alteración del hábitat**
Factor Ambiental	**Fauna**
Diversos estudios en biodiversidad se han enfocado a describir como el aumento de distintas actividades humanas, han acelerado la disminución de dicha diversidad. En el último siglo se han comprometido seriamente los recursos naturales para satisfacer las demandas de una población humana cada vez más grande, provocando altas tasas de deforestación y degradación de los ecosistemas, con una deforestación anual neta de 3.3 millones de hectáreas del 2010 al 2015, siendo los bosques tropicales primarios los más amenazados con una pérdida de 3.6 millones de hectáreas durante 2018. En México se calcula que la pérdida y degradación de los ecosistemas tropicales equivale al 82.5% de su cobertura original. A pesar de que estas cifras pueden ser alarmantes, es importante señalar que en estos ecosistemas ocurren frecuentemente procesos de regeneración natural de la vegetación (sucesión secundaria), promovidos por la dinámica del manejo y abandono de tierras agrícolas y pecuarias, así como por fenómenos naturales. Todo esto favorece la formación de los	

bosques secundarios, los cuales se estima representan una cobertura cada vez más importante en el mundo, y en México, donde su porcentaje se acerca a la cobertura de los bosques naturales.

El proyecto pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Vegetación Secundaria de Selva mediana subperennifolia que se requieren para la operación del proyecto lo que conlleva a la reducción parcial de la vegetación forestal en esta misma superficie y la perdida de hábitat para la fauna que se distribuía en los sitios que serán modificados por CUSTF para la posterior extracción de material pétreo (roca caliza) por debajo del manto freático. Se conservarán componentes del ensamble actual formado por vegetación nativa siendo posteriormente reforestado con especies propias del lugar, así como preservar las zonas destinadas a áreas verdes con la misma vegetación propia del sitio

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)** puesto que la alteración del hábitat generará y se podrá acumular con otros impactos relacionados al proyecto; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos rurales; de I**ntensidad media (4),** considerando que la fauna se desplazará y se podrá distribuir en las Áreas de Conservación; de **Persistencia temporal (1), Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que en caso la fauna esta se podrá desplazar en el mismo predio pero en las áreas de conservación.

Tabla 15. Impacto: Modificación de la cuenca paisajística

Impacto 9	**Modificación de la cuenca paisajística**
Factor Ambiental	**Paisaje**
Las obras propias de la etapa de preparación del sitio y operación causarán una modificación en el paisaje por la presencia de máquinas, equipo, personal, barrenación, voladuras, extracción del material pétreo (roca caliza) por debajo del manto freático y el desmonte de la vegetación. Esta perturbación a la calidad visual del paisaje se llevará a cabo en 20.44 ha (áreas irregulares de extracción y caminos) dentro del SAR, el efecto sobre el paisaje por el desarrollo del proyecto ocurrirá desde el inicio de los trabajos implicados en la preparación del sitio hasta la última etapa de operación del proyecto. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación simple (1)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos rurales; de I**ntensidad media (4)**; de **Persistencia permanente (3),** toda vez que una vez aflorado el manto freático en la laguna artificial esta persistirá de forma permanente **Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que aunque la laguna artificial generada por el afloramiento del manto freático persistirá se implementará una alternativa de uso e incorporación de la laguna artificial al ambiente, con lo cual se prevé no se modifique la cuenca paisajística.	

Tabla 16. Impacto: Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.

Impacto 10	**Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia**
Factor Ambiental	**Flora**
La preparación del sitio a ser explotado requiere cambios de uso de suelo y cobertura forestal, debido a que implica como actividad inicial el desmonte, con lo cual acorde a los hallazgos mostrados en este reporte, se pierden de individuos adultos de especies que componen las selvas subcaducifolias y perennifolias, así como la perdida de la riqueza del germoplasma presente en el área. La recuperación de estos tipos de vegetación es extremadamente lenta debido que son especies cuyos organismos se encuentran adaptados a las condiciones adversas de los suelos, lo que implica un lento desarrollo y crecimiento, por lo que el arbolado que se mantiene posterior a una perturbación requiere de centenas o miles de años para alcanzar las tallas de una selva mediana subperennifolia primaria. De la misma forma, el germoplasma es bastante especifico y especializado, por lo que la perdida de superficies con esta composición florística derivada del desmonte no será recuperada. El proyecto pretende la remoción de vegetación secundaria selva mediana subperennifolia en 20.44 ha, en las cuales se prevé el rescate y reubicación de diversas especies, así como de acciones de reforestación, todas las anteriores de preferencia en el Área de Conservación. En total se requiere realizar trabajos de reubicación desde el CUSTF hacia el SAR de las siguientes especies 30 especies. En cuanto a las especies presentes tanto en el SAR como en el CUSTF, pero que son más abundantes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), fueron observadas un total de 46. Si bien es conveniente mencionar que se incluyeron tres especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A), las cuales son *Acaelorraphe wrightii, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*, A pesar de realizar las medidas preventivas y de compensación que fueron mencionadas es importante reconocer que durante el desmonte y ejecución del CUSTF se perderá germoplasma de selva mediana subperennifolia que no será posible recuperar al 100%. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones a las áreas de extracción, posiblemente en las áreas más cercanas a estas y los caminos de acceso; de I**ntensidad media (4),** se considera de intensidad media, toda vez que se prevé recuperar parte del germoplasma por el rescate y reubicación así como mediante la reforestación; de **Persistencia permanente (3),** debido a que el germoplasma perdido en el CUSTF podrá considerar como permanente. **Reversible (1)** y **Recuperable (1)**, debido a que como se mencionó se realizarán acciones de rescate y reubicación de flora, así como de acciones de reforestación con lo que se prevé recuperar parte del germoplasma, aunque se podrá realizar en otro sitio y no en las áreas de extracción de material.	

V.3.2.2.3 Impactos Severos

Tabla 17. Impacto: Modificación de la geomorfología y relieve.

Impacto 11	Modificación de la geomorfología y relieve
Factor Ambiental	**Suelo**
El proceso de extracción de roca caliza implica modificaciones sustanciales en el paisaje, que provocan la destrucción de ecosistemas, *cambios en la geomorfología*, modificación de patrones en el uso de suelo con pérdida de hábitats, polvos, generación de ruidos, vibraciones y erosión, debido a varios procesos de su operación tales como la perforación de sitio, voladuras y maniobra de materiales. Con respecto a la modificación a la geomorfología y relieve están relacionados principalmente con las actividades de barrenación y voladuras, así como de la propia extracción del material pétreo por debajo del manto freático. En este caso, la mayor repercusión es que este impacto está asociado con otros impactos ambientales que a su vez en conjunto podrán generar daños ambientales más severos; como cambios en funcionamiento de aguas subterráneas lo que implica: • Mezcla de aguas salinas (de mar) y dulces (manto freático) • Fracturas de roca caliza en zona aledaña • Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación sinérgica (5)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones solo en las dos áreas de extracción, de I**ntensidad media (4)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3)**, debido a que la modificación a la geomorfología es un impacto imposible de recuperar y de efecto permanente.	

V.3.2.2.4 Impactos Críticos

Tabla 18. Impacto: Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.

Impacto 12	**Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo**
Factor Ambiental	**Agua**
El impacto de afloramiento del nivel freático se verá reflejado en el predio por la presencia de lagunas artificiales, una vez que la voladura ha ocurrido, la roca se fractura si es necesario se rompe aún más, posteriormente, se extrae. La extracción de material por arriba del nivel freático no tiene efectos relevantes al entorno, por debajo del manto del nivel freático los efectos son evidentes, puesto que una vez que ésta se ha extraído, se forman lagunas artificiales. Para mantener las características originales del agua es muy importante evitar la introducción de material orgánico, nitrógeno, fósforo e hidrocarburos o algún otro elemento proveniente de actividades antropogénicas o asociadas a éstas. Esto independientemente del uso o disposición final que se proponga para tales lagunas o formaciones artificiales. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones solo en las dos áreas de	

extracción, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**

Tabla 19. Impacto: Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto

Impacto 13	**Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto**
Factor Ambiental	**Agua**
Los sistemas kársticos tienen una capacidad de auto purificación muy lenta, lo cual hace que el agua que fluye a través de dichos sistemas, sea muy susceptible a contaminación (Kresic et al., 1992). Al remover la cobertura del manto acuífero, la calidad de las aguas subterráneas se degrada rápidamente. El polvo puede entrar fácilmente en los conductos y pequeñas aberturas y puede ser transportado hacia el agua subterránea. Las rocas calizas y evaporitas que conforman la península de Yucatán presentan una alta conductividad hidráulica. Por ello, es importante señalar que las aguas son vulnerables a procesos de contaminación por diversas razones. Los residuos de la extracción (e.g. sedimentos) son mezclados con el acuífero expuesto en los sitios ya explotados, de tal forma que la calidad del agua subterránea se ve afectada incluso más allá del sitio de la actividad, ya que el sistema kárstico de flujos subterráneos arrastra los contaminantes.(Langer, 2001) Asimismo, la exposición de la roca caliza a las lluvias favorece la disolución del calcio afectando la calidad del agua, de manera que contenga una mayor concentración de sólidos, haciéndola no apta para uso potable. Asimismo, la calidad del agua se ve afectada por procesos secundarios de la exposición de la roca madre al agua de precipitaciones con aire, lo que conlleva a procesos químicos que involucran modificaciones en el pH del agua, mismos que afectan seriamente la calidad de las aguas del acuífero volviéndolas en algunos casos no potables. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)**; **Extensión parcial (2)**, toda vez que se ocasión una contaminación en las áreas de extracción esta se podrá extender por las aguas subterráneas del Área de influencia y del SAR; de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**	

Tabla 20. Impacto: Alteración del acuífero por intrusión salina.

Impacto 14	**Alteración del acuífero por intrusión salina.**
Factor Ambiental	**Agua**
La extracción del material pétreo (caliza), debe ser controlado sin afectar el flujo subterráneo, que afecte la cantidad y calidad del agua del acuífero, por lo que se requiere establecer una red de medición del nivel freático en la zona, que deberá ser verificada y reportada cuando menos dos veces al año, es decir, semestralmente (estiaje y época de lluvias). Debido a que en la zona existe influencia del frente salino, es necesario se monitoreé en la vertical la columna de agua en los pozos o cenotes cercanos, información requerida para caracterizar la estratificación del agua: dulce, mezcla y salina. Así se delimitará la línea de mayor concentración de solidos totales disueltos y otros parámetros (temperatura, cloruros, carbonatos, magnesio, sodio, por mencionar algunos), con los que se defina inicialmente la distribución espacial base, y subsecuentemente describir la evolución de la hidro-geoquímica del agua subterránea	

Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación sinérgica (5)**; **Extensión parcial (2)**, toda vez que en caso de ocurrir se prevé de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**

Tabla 21. Impacto: Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión.

Impacto 14	**Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión**
Factor Ambiental	**Agua**
Los impactos de aprovechamientos materiales pétreos mayores se relacionan con desabasto de aguas y modificación de los flujos subterráneos. Con la modificación de las corrientes del sistema subterráneo y el manto freático, existen diferentes implicaciones en las dinámicas hidrológicas y la calidad de sus aguas. De acuerdo con la literatura, las alteraciones de los flujos regionales en sistemas cársticos, con el tiempo pueden desarrollar síntomas sobre la superficie del terreno, tales como depresiones en la superficie del suelo, formación de sumideros por la expansión de fisuras y grietas (Beck et al. 1996), así como la subsidencia del terreno, visiblemente en forma de grietas y en casos mayores el colapso de cavernas o socavones. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)**; **Extensión parcial (2)**, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**	

Tabla 22. Impacto: Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza.

Impacto 16	**Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza**
Factor Ambiental	**Suelo**
La fase de despalme implica la remoción de la capa superficial del suelo que cubre la roca madre, por lo cual se lleva a cabo la eliminación del componente más fértil en su estructura, junto con la biosfera micro orgánica que le conforma y que en conjunto requiere miles de años para su formación. Al no haber vegetación que desarrolle sus procesos en estas superficies, el suelo fértil no será recuperado o renovado en ningún momento, perdiéndose así el servicio ecosistémico de soporte que brindaba a las plantas. Asimismo, la extracción del material pétreo implica la pérdida del material rocoso antes y después del manto freático, lo cual no podrá ser recuperado. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación sinérgica (5)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones solo en las dos áreas de extracción, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**	

Tabla 23. Impacto: Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza

Impacto 17	**Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza**
Factor Ambiental	**Suelo**
Para el desarrollo de la actividad se utiliza una gran cantidad de explosivos que liberan un enorme monto de energía, las cuales son fracturadas y desplazadas para su aprovechamiento, mientras	

que en otras zonas se transmiten vibraciones hacia la superficie del suelo y a través del aire. Estas vibraciones pueden producir la fractura de cavernas y su posterior colapso. Asimismo, la fractura de la roca madre incrementa la permeabilidad y el drenaje hacia la zona de aprovechamiento.
Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación sinérgica (5)**; **Extensión puntual (1)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones solo en las dos áreas de extracción, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**

Tabla 24. Impacto: Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.

Impacto 18	**Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez**
Factor Ambiental	**Suelo**
La preparación del sitio a ser explotado requiere cambios de uso de suelo y cobertura forestal, debido a que implica como actividad inicial el desmonte, con lo cual se pierden de individuos adultos de especies que componen las selvas subcaducifolias y perennifolias. La recuperación de estos tipos de vegetación es extremadamente lenta debido que son especies cuyos organismos se encuentran adaptados a las condiciones adversas de los suelos, lo que implica un lento desarrollo y crecimiento, por lo que el arbolado que se mantiene posterior a una perturbación requiere de centenas o miles de años para alcanzar las tallas de una selva mediana subperennifolia primaria. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación (3)**; **Extensión puntual (1)**, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**	

Tabla 25. Impacto: Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios

Impacto 19	**Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios**
Factor Ambiental	**Suelo**
El proyecto generará un beneficio a la sociedad por la contratación del personal indispensable para llevar a cabo las obras del proyecto, de igual manera en la etapa de operación del sitio se generarán fuentes de empleo hasta la vida útil del proyecto, esto causará un aumento en la economía local. El personal contratado serán habitantes del municipio de Solidaridad y la contratación será de manera inmediata para poder iniciar las actividades. Los criterios de reversibilidad y recuperabilidad no aplican en los impactos del medio socioeconómico. Por lo anterior, se considera que el impacto es de naturaleza **negativa (-)**; de **Acumulación sinérgica (5)**; **Extensión parcial (2)**, toda vez que solo se prevé se afectaciones solo en las dos áreas de extracción, de I**ntensidad alta (8)**; de **Persistencia permanente (3); irreversible (3)** e **irrecuperable (3).**	

V.4 Impactos residuales, acumulativos y sinérgicos

Impactos residuales

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos considerables como residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en este documento.

Derivado de la valoración cuantitativa se prevén que los impactos residuales serán 9:

- Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
- Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto
- Alteración del acuífero por intrusión salina.
- Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión
- Modificación de la geomorfología y relieve
- Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza
- Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza
- Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez.
- Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

Impactos acumulativos

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan 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.

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. De acuerdo a lo anterior, se desprende que el Proyecto generará un total de 6 impactos acumulativos;

- Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
- Contaminación de aguas por polvos y exposición del manto freático a cielo abierto
- Cambio de flujos subterráneos por diferencias de presión
- Pérdida de germoplasma típico de selva mediana subperennifolia.
- Pérdida de selva con un grado de medio de conservación y de madurez
- Alteración del hábitat

Impactos sinérgicos

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos sinérgicos, entendidos como aquellos que se producen cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

La identificación de los impactos sinérgicos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. Del total de impactos residuales son 5:

- Alteración del acuífero por intrusión salina.
- Modificación de la geomorfología y relieve
- Pérdida del suelo orgánico y manto rocoso por extracción de roca caliza
- Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza
- Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

V.5 Conclusiones

A través de la identificación de impactos ambientales y valoración a lo largo del presente capítulo fue posible identificar, evaluar y describir los impactos ambientales potenciales que pudieran generarse por el desarrollo del Proyecto en caso de resultar autorizado. De este modo se concluye que el Proyecto cumple con lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA, en términos de que los posibles efectos de las actividades del Proyecto, no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el Proyecto y el SAR. De igual forma, se concluye que:

- En la lista de chequeo (matriz de interacciones) se presentó el análisis objetivo de los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del proyecto. Esta lista es de gran certidumbre ya que en su realización se consideró un juicio de diversos participantes con experiencia en la evaluación de impacto ambiental de proyectos similares desarrollados en otros puntos del país.

- Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por juicio e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar.

- El propósito de la evaluación de los impactos es visualizar los escenarios en cada una de las etapas del proyecto en caso de desarrollarse el proyecto, conocer el efecto de las obras

y/o actividades, así como del alcance en los componentes bióticos y abióticos del ambiente en donde se plantea su desarrollo. Todo lo anterior, con la finalidad de saber cómo prevenirlos, mitigarlos o bien compensarlos con las medidas adecuadas. Con base en la matriz generada podemos observar que potencialmente se obtuvieron 64 interacciones nulas (48.12%), 62 negativas (46.62%) y 7 positivas (5.26%)

- En lo que respecta a la distribución de las interacciones por etapa del proyecto, se observó que la mayor parte de los calificados como interacciones negativas se prevé ocurran en las etapas de preparación y operación.

- El proyecto generará 9 impactos residuales, 6 impactos acumulativos y 5 sinérgicos.

CAPÍTULO VI

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

CONTENIDO

VI. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso de suelO 6

VI.1 Justificación técnica 6

VI.1.1 Que no se comprometa la biodiversidad 6

VI.1.1.1 Análisis comparativo de los índices de diversidad por tipo de vegetación y por estrato de las especies en la unidad de análisis y el área de cambio de uso del suelo en terrenos forestales 9

VI.1.1.2 Trabajos correspondientes a la reubicación y reforestación de especies para preservar la biodiversidad de la vegetación 33

VI.1.1.2.1 Estimación de las especies que se rescataran y reubicaran 33

VI.1.1.3 Análisis comparativo de la fauna 36

VI.1.1.3.1 Análisis comparativo de abundancia por especie de cada grupo faunístico 39

VI.1.1.3.2 Análisis comparativo de índices de diversidad de cada grupo faunístico 45

VI.1.2 Que no se provocará la erosión de los suelos 46

VI.1.2.1 Análisis de la pérdida de suelo 46

VI.1.2.1.1 Erosión Hídrica 46

VI.1.2.1.1.1 IALLU 47

VI.1.2.1.1.2 CAERO 47

VI.1.2.1.1.3 CATEX 48

VI.1.2.1.1.4 CATOP 48

VI.1.2.1.1.5 CAUSO 48

VI.1.2.1.1.6 Cálculo de erosión hídrica con el suelo leptosol en el CUSTF 49

VI.1.2.1.1.7 Estimación del potencial de captura de suelo de las obras propuestas 51

VI.1.2.1.1.8 Estimación del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuesta 53

VI.1.2.1.2 Erosión Eólica 56

VI.1.2.1.2.1 CATEX 57

VI.1.2.1.2.2 CAUSO 57

VI.1.2.1.2.3 IAVIE 58

VI.1.2.1.2.4 Resultados de la erosión eólica actual en el área de CUSTF 58

VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la cantidad del agua o la disminución en su captación 60

VI.1.3.1 Balance Hídrico e Infiltración.....60
VI.1.3.1.1 Precipitación.....60
VI.1.3.1.2 Evapotranspiración.....61
VI.1.3.1.3 Coeficiente de escurrimiento.....61
VI.1.3.1.4 Volumen precipitado en la superficie del CUSTF.....62
VI.1.3.1.5 Estimación de Evapotranspiración.....63
VI.1.3.1.6 Estimación de Coeficiente de escurrimiento (Ce).....63
VI.1.3.2 Cálculo del Balance hídrico para el suelo leptosol.....64
VI.1.3.3 Cálculo de la infiltración una vez ejecutado el CUSTF (con proyecto).....65
VI.1.3.4 Cálculo de la diferencia antes y después del proyecto.....65
VI.1.3.5 Cálculo de la infiltración con medidas de mitigación.....65
VI.1.3.6 Cálculo potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuestas.....66
VI.1.4 Que no se comprometa la captura de carbono.....67
VI.1.5 Medidas de mitigación y prevención para la captura de carbono.....70

FIGURAS

Figura 1. Dendrograma utilizando la distancia euclidiana en el estrato alto.....14
Figura 2. Dendrograma utilizando el índice de semejanza de Morisita en el estrato alto.....15
Figura 3. Dendrograma utilizando la distancia euclidiana en el estrato medio.....21
Figura 4. Dendrograma utilizando el índice de semejanza de Morisita en el estrato medio.....22
Figura 5. Dendrograma con el uso de la distancia euclidiana en el estrato bajo.....27
Figura 6. Dendrograma utilizando el índice de similitud de Morisita en el estrato bajo.....28
Figura 7. Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato alto del SAR y CUSTF.....30
Figura 8.Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato medio SAR y CUSTF.....31
Figura 9. Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato bajo del SAR y CUSTF.....33
Figura 10. Gráfica comparativa de la riqueza encontrada en el Sistema Ambiental y en el CUSTF.....37
Figura 11. Gráfica comparativa de la riqueza observa para el grupo de aves.....37
Figura 12. Gráfica comparativa de la riqueza observada para el grupo de mamíferos.....38

Figura 13. Gráfica comparativa de la riqueza observada para el grupo de mamíferos. 38
Figura 14. Parámetros poblacionales de las aves en el Sistema Ambiental 40
Figura 15. Parámetros poblacionales de los reptiles en el Sistema Ambiental 41
Figura 16. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el SAR.....42
Figura 17. Parámetros poblacionales de las aves en el Área de CUSTF 44
Figura 18. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el SAR.....45
Figura 19. Ejemplo de obra de conservación de suelo. 51

TABLAS

Tabla 1. IVI del estrato arbóreo. 9
Tabla 2. Índice de Shannon- Wiener del estrato arbóreo del SAR. 13
Tabla 3. Comparación del IVI del estrato arbustivo. 16
Tabla 4. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato arbustivo. 20
Tabla 5. Comparación del IVI en el estrato bajo.....23
Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato bajo.....26
Tabla 7. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato alto del SAR Y CUSTF 29
Tabla 8. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato medio en el SAR y CUSTF 30
Tabla 9. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato bajo en el SAR y CUSTF. 32
Tabla 10. Especies a reubicar. 33
Tabla 11. Especies a reforestar. 34
Tabla 12. Riqueza específica encontrada en el SAR 36
Tabla 13. Riqueza específica encontrada en el CUSTF 36
Tabla 14. Listado de aves encontradas en el SAR. 39
Tabla 15. Reptiles registrados en el SAR. 41
Tabla 16. Mamíferos registrados en el SAR 42
Tabla 17. Listado de aves encontradas en el Área de CUSTF. 43
Tabla 18. Mamíferos registrados en el Área de CUSTF 44
Tabla 19. Índices de diversidad de fauna en el SAR. 45
Tabla 20. Índices de diversidad de fauna en el CUSTF. 46

Tabla 21. Reclasificación de la edafología para el cálculo del Coeficiente de erodabilidad.....47

Tabla 22. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX. 48

Tabla 23. Valores de la pendiente para el cálculo de la variable CATOP. 48

Tabla 24. Valores causo a partir de los usos del suelo. 48

Tabla 25. Estimación de la erosión con suelo leptosol.....50

Tabla 26. Comparación de la erosión hídrica antes y después del CUSTF. 50

Tabla 27. Erosión total de suelo leptosol. 53

Tabla 28. Erosión a mitigar y el total que se capta con las obras propuestas en suelo leptosol. 53

Tabla 29. Porcentaje de la precipitación infiltrada por tipo de obra y clima para obras en ladera (2007 y años anteriores). Fuente: colegio de postgraduados. Evaluación externa de los apoyos de suelos forestales 2007. 54

Tabla 30. Resumen del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo. 55

Tabla 31. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX. 57

Tabla 32. Valores generales del causo a partir de los usos del suelo. 57

Tabla 33. Clasificación de los suelos tomando como referencia a la permeabilidad.....58

Tabla 34. Erosión eólica con y sin proyecto.....59

Tabla 35. Erosión hídrica, eólica, mitigación y residual.....59

Tabla 36. Coeficiente de escurrimiento por usos de suelo. 61

Tabla 37. Resumen del balance hídrico sin proyecto (actual) en el área sujeta al CUSTF. 64

Tabla 38. Resumen del balance hídrico después de realizar el CUSTF. 65

Tabla 39. Diferencia entre escurrimiento previo y posterior al CUSTF. 65

Tabla 40. Medidas de mitigación. 66

Tabla 41. Resumen de los tres escenarios. 66

Tabla 42. Retención de biomasa y carbono/ha en el estrato alto y medio del CUSTF. 67

Tabla 43. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas. 70

Tabla 44. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas.....71

VI. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso de suelo

VI.1 Justificación técnica

Considerando que en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, así como el artículo 141 de su Reglamento, se establece que, para poder autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales por excepción, se deberá demostrar lo siguiente:

- Que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga
- Que la erosión de los suelos se mitigue
- Que el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigue
- Que la capacidad de almacenamiento de carbono se mitigue

Lo anterior, en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. Por lo anterior y como parte del Documento Técnico Unificado y mediante la justificación ambiental y técnica, en el presente capítulo se hace un análisis de los cuatro supuestos arriba mencionados, basada en la información presentada, con el fin de justificar técnicamente la motivación de la autorización excepcional del cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

La información que se presenta deja en evidencia que con la implementación del proyecto no se generarán afectaciones ambientales mayores que impacten el SAR en la que se encuentra inmerso y, al mismo tiempo, que la aplicación de las medidas de mitigación y mitigación consideradas, son suficientes para disminuir los impactos provocados por el establecimiento del proyecto y que a su vez, garantizan que durante la construcción y operación del proyecto, el ecosistema cumpla con sus funciones ecológicas y no se interrumpan los servicios ambientales.

En lo siguiente se presentan las medidas de prevención y mitigación particulares para solventar el cumplimiento de los 4 supuestos anteriormente señalados.

VI.1.1 Que no se comprometa la biodiversidad

Wilson (1988) refiere que la biodiversidad o riqueza biótica es patrimonio de la humanidad, ya que tiene como característica su singularidad e irrepetibilidad en cada lugar, región o continente y, en última instancia, de todo el planeta. Si aceptamos que la biodiversidad es una propiedad de los seres vivos y, por tanto, algo más que el número de especies en un tiempo y lugar, hemos de plantearnos cómo medirla para averiguar cuál es el estado de los procesos ecológicos que tienen lugar y si es posible la aplicación de medidas que permitan detener y corregir los procesos de deterioro a que estén sometidas, hasta lograr la restauración de las interrelaciones funcionales originales.

Para aproximarse a la valoración de la conservación de la biodiversidad, es necesario realizarlo mediante la estimación de la diversidad real (H) y la máxima posible (H_{max}) de una comunidad hipotética con el mismo número de especies mediante el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener.

Para estimar la diversidad biológica, éste índice se basa en la teoría de la información y asume, que el muestreo de los individuos fue aleatorio a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies están representadas en la muestra. La fórmula para determinar este índice es:

$$H = -\sum pi \ln pi$$

Donde: *pi* representa la abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i*.

Debemos tener en cuenta que Shannon Wiener da más peso a las especies menos abundantes y poco comunes o raras, por lo que tiene la tendencia intrínseca a sobrevalorar este tipo de especies.

Así pues, es deseable que los índices de diversidad biológica de Shannon-Wiener por estrato, tanto en el sitio del proyecto (CUSTF) así como en la CHF de referencia, indiquen que la diversidad real encontrada en cada uno de los estratos esté razonablemente cercana a la máxima hipotética, de esta manera, ambos serían sitios que representan prácticamente la misma diversidad.

El índice de Equidad de Pielou (J): Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a las situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad.

$$J = H/H'_{max}$$

Donde: H es el índice de diversidad de Shannon-Wiener y H'_{max} es la diversidad máxima.

El Índice de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la diversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.
Tiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{(s-1)}{LnN}$$

Donde *I* es la diversidad específica, *s* es el número de especies presentes, y *N* es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación *Ln* denota el logaritmo neperiano de un número.

El índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.

$$\lambda = \Sigma pi^2$$

Donde: pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra y elevado al cuadrado. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad suele calcularse como 1 – λ.

Distancia Euclidiana. Es una función no negativa usada en diversos contextos para calcular la distancia o diferencia entre dos puntos, primero en el plano y luego en el espacio. También sirve para definir la distancia entre dos puntos en otros tipos de espacios de tres o más dimensiones. En su forma más simple, para hallar la longitud de un segmento definido por dos puntos de una recta, del plano o de espacios de mayor se utiliza la siguiente expresión:

$$d(A,B)=\sqrt{(x_B-x_A)^2+(y_B-y_A)^2}$$

Donde.
d = Distancia euclidiana entre dos puntos
x = Componente de un punto en el eje de las abscisas
y = Componente de un punto en el eje de las ordenadas

Índice de Morisita. Es uno de los modelos más utilizados para cuantificar la semejanza entre dos grupos de especies, ya que la influencia de la riqueza y el tamaño muestral es poco significativa. Sin embargo, es influenciado por la especie más común, para evitar esto, se utiliza la siguiente expresión:

IM-H = 2 Σ(ani bni) /[(da + db) (aN)(bN)].

Donde.
aN = número de individuos de la comunidad A
ani = número de individuos de la iesima especie en A.
bN = número de individuos de la comunidad B
bni = número de individuos de la iesima especie en B

El área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales sugiere la afectación de vegetación secundaria arbórea de selva mediana suberennifolia; a fin de presentar argumentos detallados para determinar que no se compromete la biodiversidad del área de interés, se hace una comparación con parámetros cuantitativos de biodiversidad entre el predio donde se propone el proyecto (CUSTF) y el sistema ambiental regional (SAR); dicho en otras palabras, se realiza la comparación CUSTF vs SAR, a fin de tener un punto de referencia entre el componente biológico del área propuesta para el proyecto en cuestión y el componente biológico propio de las áreas circundantes al mismo.

En este sentido, es importante mencionar que la riqueza específica es una forma sencilla de medir la riqueza biológica, porque a partir de ella se obtienen los diversos índices de biodiversidad, que junto con el valor de importancia de las mismas, nos proporciona una visión completa de este componente ambiental y así es posible demostrar la relación existente entre la composición florística observada en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF) en comparación con las áreas muestreadas en el SAR.

En el área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se requiere demostrar que no se compromete su diversidad biológica, ya que solo tendrá repercusiones negativas menores y temporales sobre la diversidad biológica local, debido a que se presentan estrategias y medidas de mitigación para su recuperación, mismas que se presentan más adelante.

Se realizará el rescate de las especies seleccionadas para su reubicación, siendo de modo preferente, aquellas que se encuentren en la norma oficial mexicana **NOM-059-SEMARNAT–2010**, y después el resto de las especies que así lo ameriten.

En el predio se contará con un área de conservación que representa el **59.12%** de la superficie total del predio; en cuya extensión no se afectará a la vegetación original.

Se realizará la restauración de las áreas afectadas, mediante el uso de estrategias de reforestación, para una rápida recuperación de los sitios afectados en el predio.

Comparando la vegetación del predio (CUSTF) con el Sistema Ambiental Regional (SAR) se encontró una composición florística similar en ambas áreas. Sin embargo, existen diferencias entre las especies presentes en el área del CUSTF con respecto a las que se encuentran en el SAR. Por lo cual es necesario llevar a cabo una serie de medidas de mitigación para garantizar la permanencia y desarrollo de las especies registradas en el área propuesta para el CUSTF, de acuerdo con los siguientes resultados.

VI.1.1.1 Análisis comparativo de los índices de diversidad por tipo de vegetación y por estrato de las especies en la unidad de análisis y el área de cambio de uso del suelo en terrenos forestales

ESTRATO ALTO

Índice de Valor de Importancia:

En el estrato alto podemos observar que, con 58 especies, la riqueza del CUSTF es menor con respecto al SAR donde solo fueron documentadas 62 especies. Al comparar el IVI de ambas áreas, nos encontramos con que en ninguna de ellas sobresale sobre el resto; en el caso de CUSTF tenemos que *Bursera simaruba* apenas alcanza un 26.02% del IVI total; en tanto que en el SAR tenemos que *Lysiloma latisiliquum* únicamente alcanza el 18.05%. En ambos casos es la abundancia relativa el parámetro de interés ecológico más sobresaliente.

Tabla 1. IVI del estrato arbóreo.

ESTRATO ALTO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Acacia dolichostachya	0.17%	0.58%	0.61%	1.59%	5.17%	0.60%	5.94%	2.77%
Bauhinia divaricata	0.17%	0.29%	0.61%	1.59%	2.02%	1.20%	2.79%	3.08%
Bunchosia glabra		1.89%		1.59%		0.26%		3.74%
Bursera simaruba	19.90%	11.50%	5.45%	1.59%	0.67%	0.84%	26.02%	13.92%
Byrsonima bucidaefolia	0.67%	1.02%	1.21%	1.59%	1.05%	1.12%	2.93%	3.72%
Caesalpinia gaumeri	2.17%	0.73%	4.24%	1.59%	1.12%	0.45%	7.53%	2.76%

ESTRATO ALTO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Caesalpinia violácea	0.50%	0.29%	0.61%	1.59%	2.02%	0.89%	3.13%	2.77%
Caesalpinia yucatanensis	0.17%	0.29%	0.61%	1.59%	1.29%	2.93%	2.07%	4.81%
Casaeria corymbosa		0.15%		1.59%		0.38%		2.12%
Cascabela gaumeri	0.17%	0.29%	0.61%	1.59%	0.73%	4.85%	1.50%	6.73%
Casearia corymbosa		0.15%		1.59%		0.36%		2.10%
Ceiba aesculifolia	0.84%	0.44%	3.03%	1.59%	0.36%	2.43%	4.22%	4.46%
Chrysophyllum mexicanum	0.50%		0.61%		1.18%		2.29%	
Coccoloba acapulcensis	0.17%		0.61%		0.73%		1.50%	
Coccoloba cozumelensis	0.50%	1.60%	1.21%	1.59%	3.04%	2.91%	4.75%	6.09%
Coccoloba diversifolia	0.67%	0.58%	1.82%	1.59%	1.63%	0.87%	4.12%	3.04%
Coccoloba ltzeus	1.51%	0.58%	2.42%	1.59%	0.55%	0.26%	4.48%	2.43%
Coccoloba spicata	0.33%	2.04%	1.21%	1.59%	0.25%	0.66%	1.80%	4.28%
Cordia alliodora	0.33%		0.61%		2.02%		2.96%	
Cordia dodecandra	0.33%		0.61%		0.40%		1.34%	
Crateva tapia		0.15%		1.59%		3.46%		5.19%
Crossopetalum gaumeri		0.15%		1.59%		0.38%		2.12%
Croton reflexifolius		0.73%		1.59%		0.43%		2.75%
Cuphea utriculosa	0.17%		0.61%		2.02%		2.79%	
Dendropanax arborea	1.00%	0.87%	0.61%	1.59%	0.30%	0.66%	1.91%	3.13%
Diospyros albens	2.68%	7.57%	4.24%	1.59%	0.35%	0.38%	7.27%	9.54%
Diospyros anisandra		0.15%		1.59%		0.38%		2.12%
Diospyros cuneata	2.51%	2.47%	2.42%	1.59%	0.62%	0.31%	5.55%	4.37%
Diospyros salicifolia	0.17%		0.61%		0.32%		1.10%	
Diphysa carthagenensis	0.67%	1.16%	1.21%	1.59%	0.29%	1.22%	2.17%	3.97%

ESTRATO ALTO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Dryapetes brownii	0.17%	5.39%	0.61%	1.59%	2.91%	0.42%	3.68%	7.39%
Elytraria bromoides		0.15%		1.59%		0.10%		1.83%
Esenbeckia berlandieri		0.15%		1.59%		0.86%		2.60%
Eugenia capuli	0.33%	2.04%	1.21%	1.59%	0.50%	0.39%	2.04%	4.02%
Exothea diphylla	0.50%	0.15%	1.21%	1.59%	0.67%	0.60%	2.38%	2.33%
Ficus cotinifolia	4.35%	3.93%	5.45%	1.59%	2.10%	1.75%	11.90%	7.27%
Ficus obtucifolia	0.17%		0.61%		2.02%		2.79%	
Ficus pertusa	1.84%	0.73%	1.21%	1.59%	2.23%	0.59%	5.28%	2.91%
Ficus yucatanensis		0.15%		1.59%		4.70%		6.44%
Gliricidia sepium	0.33%		1.21%		1.61%		3.16%	
Guettarda combsii	1.51%	0.44%	3.03%	1.59%	1.25%	0.78%	5.78%	2.80%
Guettarda elliptica	0.33%	1.02%	1.21%	1.59%	0.52%	0.43%	2.07%	3.04%
Gymnopodium flobundum	0.67%	1.16%	1.82%	1.59%	1.27%	1.86%	3.76%	4.61%
Hampea trilobata		0.15%		1.59%		0.86%		2.60%
Hippocratea excelsa		0.15%		1.59%		0.10%		1.83%
Jatropha gaumeri		0.73%		1.59%		0.17%		2.49%
Lonchocarpus rugosus	3.68%	3.20%	4.24%	1.59%	0.99%	1.19%	8.91%	5.98%
Lonchocarpus yucatanensis		2.91%		1.59%		1.37%		5.87%
Lysiloma latisiliquum	14.72%	13.25%	4.85%	1.59%	2.69%	3.21%	22.25%	18.05%
Malpighia clavera	1.84%	1.31%	1.82%	1.59%	2.42%	2.69%	6.08%	5.58%
Malpighia glabra		1.02%		1.59%		0.67%		3.27%
Malvaviscus arboreus	0.17%		0.61%		0.50%		1.28%	
Manilkara achras	2.01%	1.75%	2.42%	1.59%	2.80%	2.44%	7.23%	5.77%
Metopium brownei	9.70%	2.62%	4.85%	1.59%	1.67%	2.73%	16.21%	6.94%
Nectandra coriacea	0.17%		0.61%		0.50%		1.28%	

ESTRATO ALTO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Neea psychotrioides	2.68%	1.60%	2.42%	1.59%	1.88%	0.46%	6.98%	3.65%
Oxandra lanceolata	1.34%	1.02%	1.82%	1.59%	0.46%	1.61%	3.62%	4.21%
Piscidia piscipula	3.34%	1.46%	3.03%	1.59%	1.41%	2.33%	7.79%	5.37%
Platymiscium yucatanum	1.17%	1.02%	2.42%	1.59%	3.11%	3.59%	6.71%	6.20%
Plumeria obtusa	0.17%	0.15%	0.61%	1.59%	0.73%	0.86%	1.50%	2.60%
Pouteria campechiana	0.17%		0.61%		0.32%		1.10%	
Psidium sartorianum		0.29%		1.59%		3.26%		5.14%
Randia longiloba		0.15%		1.59%		0.22%		1.95%
Rehdera trinervis	0.17%		0.61%		1.29%		2.07%	
Sabal mexicana	0.50%	0.15%	0.61%	1.59%	11.63%	7.77%	12.73%	9.51%
Sabal yapa	0.50%		0.61%		1.74%		2.85%	
Sideroxylon foetidissimum		0.15%		1.59%		0.86%		2.60%
Sideroxylon salicifolium	0.17%	1.60%	0.61%	1.59%	5.17%	1.53%	5.94%	4.72%
Simarouba glauca	0.84%	0.29%	1.82%	1.59%	0.90%	5.10%	3.56%	6.98%
Swartzia cubensis	0.84%	1.31%	0.61%	1.59%	2.52%	5.05%	3.96%	7.95%
Talisia olivaeformis	0.17%	0.58%	0.61%	1.59%	8.07%	0.68%	8.85%	2.85%
Thouinia paucidentata	1.84%	3.49%	3.03%	1.59%	0.54%	0.80%	5.41%	5.88%
Trichilia glabra	1.67%	2.47%	1.82%	1.59%	1.91%	2.90%	5.40%	6.96%
Trichilia havanensis	0.50%	0.15%	0.61%	1.59%	0.65%	1.54%	1.75%	3.27%
Vitex gaumeri	4.01%	5.53%	3.64%	1.59%	2.46%	3.57%	10.11%	10.69%
Zuelania guidonia	1.17%	0.58%	1.82%	1.59%	0.44%	1.73%	3.43%	3.90%
TOTALES	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**300.00%**	**300.00%**

Por otro lado, es importante mencionar que 14 de las especies presentes en el CUSTF, están ausente en el área del SAR, por lo tanto, será necesario realizar trabajos reubicación de especies hacia aquellas áreas del SAR que garanticen el establecimiento y desarrollo de los siguientes taxones específicos: *Byrsonima bucidaefolia, Chrysiphyllum mexicanum, Coccoloba acapulcensis, Cordia alliodora, Cordia dodecandra, Cuphea utriculosa, Diospyros salicifolia Ficus obtusifolia,*

Gliricidia sepium, Malvaviscus arboreus, Nectandra coriácea, Pouteria campechiana, Rehdera trinervis y *Sabal yapa*; los cuales deberán ser reubicados en las mejores áreas del SAR.

Por otro lado, al considerar su abundancia, tenemos que 16 de las especies presentes en ambas áreas se encuentran en una mayor cantidad en el CUSTF comparándola con el SAR. Las cuales son *Bursera simaruba, Caesalpinia gaumeri, Caesalpinia violaceae, Ceiba aesculifolia, Coccoloba itzeus. Ficus pertusa, Guettarda combsii, Malpighia clavera, Metopium brownei, Neea psychotrioides, Oxandra lanceolata, Piscidia piscipula, Sabal mexicana, Simarouba glauca, Trichillia havanensis y Zuelania guidonia*. En consecuencia, será necesario implementar un programa de reforestación, para que nos aseguremos de que este grupo de especies se encuentren al menos en las mismas cantidades en ambas áreas.

Tabla 2. Índice de Shannon- Wiener del estrato arbóreo del SAR.

ESTRATO ALTO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)	Simpson	Margalef
CUSTF	3.13	3.99	0.78	0.92	8.29
SAR	3.42	4.14	0.82	0.95	9.49

Por otro lado, tenemos que la diversidad biológica de Shannon-Wiener en el área del CUSTF puede considerarse como intermedia, debido a que la diferencia del índice de Shannon-Wiener (H) con relación a la máxima diversidad (H´) es del 21.62% que puede decirse que es un valor moderado. Además de que el índice de equitatividad (J) es de 0.78 lo que significa que la abundancia de las especies presentes, ostenta un grado regular de homogeneidad. Asimismo, para Simpson la diversidad biológica es muy alta (0.92) y en el caso del índice de Margalef, se considera también como muy alta (8.29). En tanto que, en el caso del SAR, la diferencia entre H y H´ baja (17.53%), por lo cual, puede considerarse que el índice de diversidad es alto, lo cual es confirmado por un índice de equitatividad (J) de 0.82 y esto indica que la abundancia de las especies presentes en el SAR, es notoriamente homogéneo o claramente equitativo. Así tenemos que, para el índice de Simpson, la diversidad biológica es muy baja (0.95) y el índice de diversidad biológica Margalef también da cuenta de una biodiversidad muy alta (9.49).

De forma complementaria, haciendo uso del programa PAST 4.15 se elaboraron dos dendrogramas considerando tanto la totalidad de las especies inventariadas, asociadas a los sitios de muestreo levantados en el CUSTF y el SAR. En el caso del dendrograma de la distancia Euclidiana, podemos observar que se forman tres grupos de especies de acuerdo con su grado de diferencia. Así tenemos que el mayor grupo lo conforman las especies con menores diferencias (valores menores de siete), las cuales constituyen aproximadamente dos terceras partes de la riqueza total del estrato alto; con casi la totalidad del segundo tercio de las especies presentes, tenemos al grupo con distancias moderadas (entre ocho y nueve), las cuales presentan una creciente distancia entre sí. Y por último tenemos a un pequeño grupo (cinco especies) con altas diferencias, si bien mantienen relaciones de coincidencia con el grupo contiguo, las distancias son altas con el resto de las especies; aquí tenemos a *Lysiloma latisiliquum, Bursera simaruba, Metopium brownei, Diospyros albens* y *Lonchocarpus yucatanensis*, así tenemos que este pequeño grupo de especies mantiene altas diferencias en prácticamente todos los sitios de muestreo.

Con relación a los sitios de muestreo, podemos observar que se forman dos grupos, siendo el sitio SAR11 el punto de unión entre ambos. Uno de ellos está integrado por los sitos SAR1,3,4,5,7,8, 10 y 12, así como CUSTF4 y 7. El otro grupo está conformado por SAR2,6,9 y CUSTF1,3,5,6,8,9 Y 10. Si bien todos ellos mantienen diferencias moderadas entre sí.

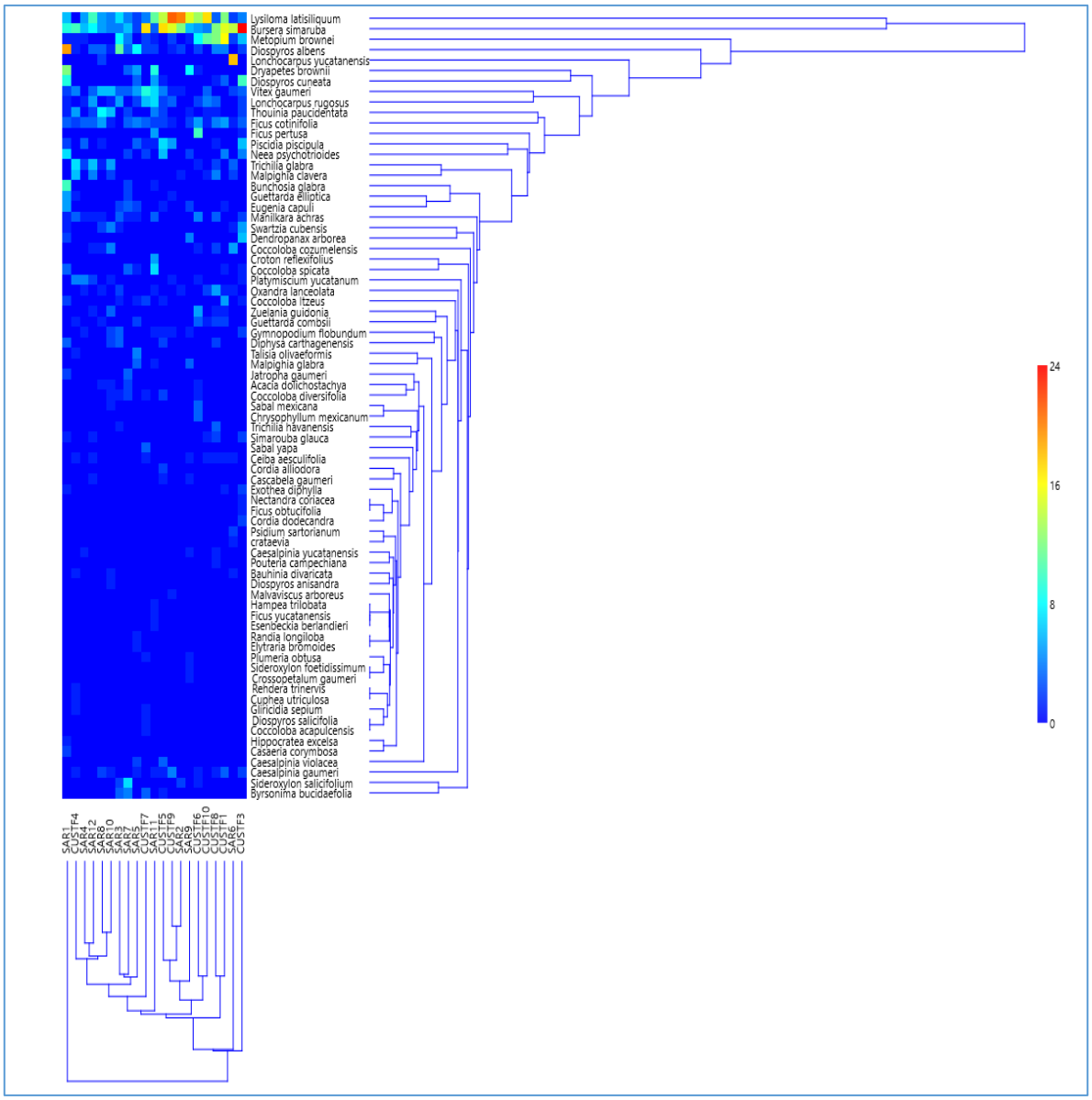


Figura 1. Dendrograma utilizando la distancia euclidiana en el estrato alto.

Para el índice de Morisita, se observa un continuo de especies sin que llegue a conformarse más de un grupo; si bien las similitudes entre la gran mayoría de las especies se encuentran entre baja y moderada. También puede observarse algunas especies con similitudes muy bajas y un pequeño grupo donde las semejanzas son mayores, aquí podemos observar nuevamente a *Lysiloma latisiliquum, Bursera simaruba, Metopium brownei, Diospyros albens* y *Lonchocarpus yucatanensis*

Si bien es *Lysiloma latisiliquum* y *Bursera simaruba* las dos especies que mantienen las menores coincidencias en todos los sitios de muestreo. En este sentido, también se observa que se integran dos grupos en los sitos de muestreo, uno de los cuales está formado por CUSTF1,3,4,7 y 8 así como SAR8y10 y otro grupo de mayores dimensiones conformado por el resto de los sitios de muestreo.

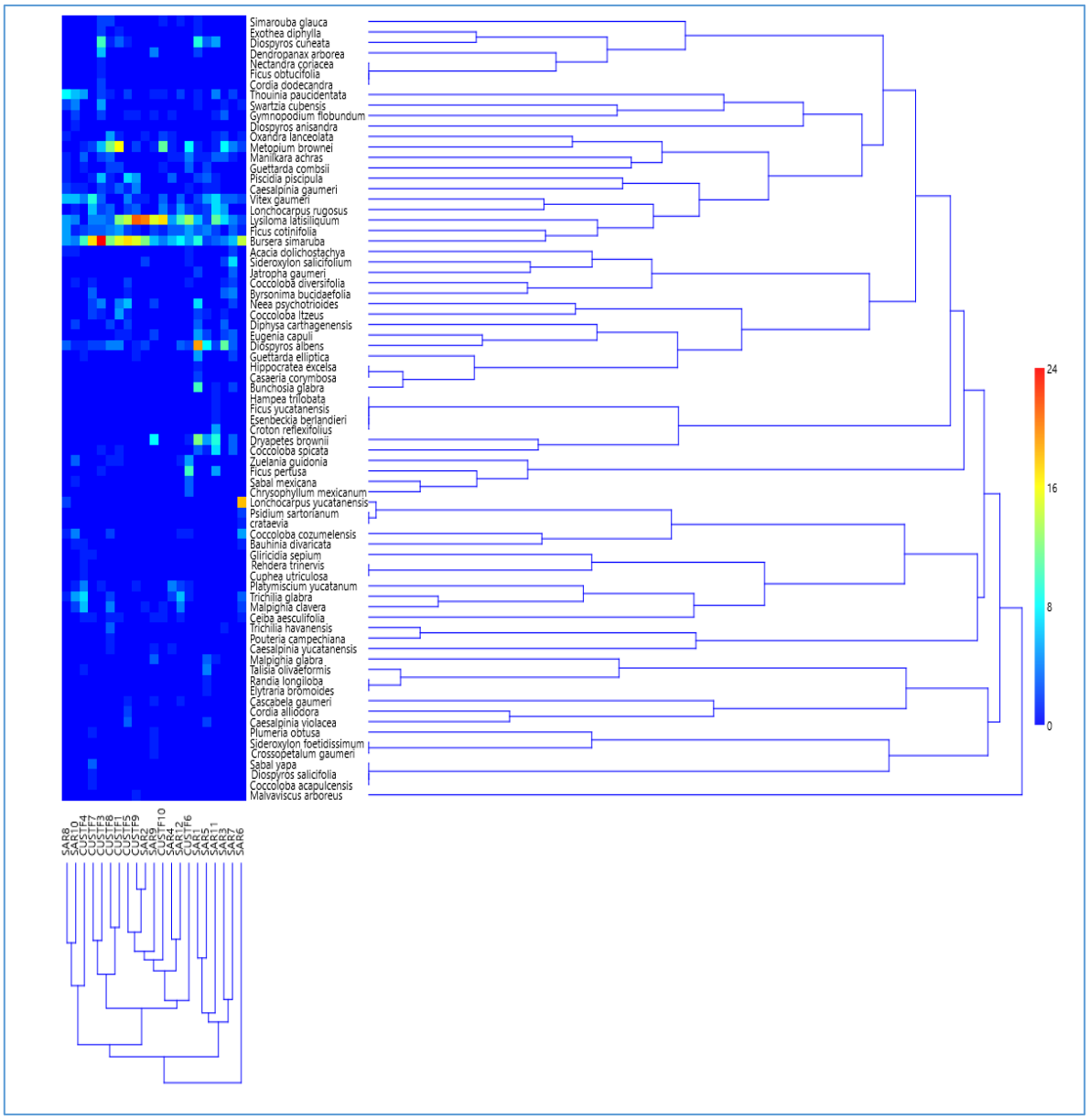


Figura 2. Dendrograma utilizando el índice de semejanza de Morisita en el estrato alto.

ESTRATO MEDIO

Índice de Valor de Importancia:

En el estrato medio, la comparación entre el IVI del sistema ambiental (SAR) y el IVI del área propuesta para el proyecto (CUSTF), muestra que la riqueza en el área del CUSTF es de 49 especies y el SAR es de 48. En el área del CUSTF pueden observarse que no sobresale ninguna especie, lo cual también ocurre el caso del SAR. La única especie con alguna importancia es *Bauhinia jenningsii* con únicamente el 23.93% en el CUSTF y apenas 18.83% en el SAR. Los parámetros de ecológicos más importantes para dicha especie es la abundancia relativa y en el caso del SAR, también la frecuencia relativa.

Tabla 3. Comparación del IVI del estrato arbustivo.

ESTRATO MEDIO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Acacia cornigera	0.56%	0.90%	2.20%	2.61%	0.31%	1.14%	3.06%	4.65%
Acaelorraphe wrigthi	1.86%		1.10%		4.85%		7.81%	
Amyris sylvatica	2.78%	1.54%	3.30%	2.61%	0.83%	0.93%	6.91%	5.07%
Bauhinia divaricata		2.44%		3.48%		1.20%		7.12%
Bauhinia jenningsii	10.76%	8.97%	8.79%	8.70%	4.38%	1.16%	23.93%	18.83%
Bougainvillea buttiana	0.93%		1.10%		0.89%		2.91%	
Bunchosia glabra	2.23%	1.03%	4.40%	1.74%	1.07%	1.33%	7.69%	4.10%
Callicarpa acuminata	0.19%		1.10%		1.83%		3.12%	
Capparis cynophallophora	2.41%	3.85%	2.20%	0.87%	0.27%	1.30%	4.88%	6.01%
Casaeria corymbosa	2.97%	5.51%	1.10%	1.74%	0.59%	3.24%	4.65%	10.50%
Cascabela gaumeri	0.74%		2.20%		0.75%		3.69%	
Cascabella thevetia	0.74%	0.38%	1.10%	1.74%	0.37%	0.13%	2.21%	2.26%
Casearia corymbosa	4.64%	0.77%	2.20%	0.87%	0.73%	7.32%	7.57%	8.95%
Chiococca alba	8.91%	3.97%	2.20%	1.74%	8.00%	4.83%	19.10%	10.54%
Chiococca coriacea		1.15%		0.87%		2.68%		4.70%

ESTRATO MEDIO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Chrysophyllum mexicanum	0.19%	0.13%	1.10%	0.87%	4.12%	1.36%	5.41%	2.36%
Coccoloba acapulcensis	0.19%	0.38%	1.10%	1.74%	1.83%	3.74%	3.12%	5.86%
Coccoloba diversifolia	1.30%	4.87%	3.30%	3.48%	0.47%	0.56%	5.07%	8.91%
Coccoloba spicata	1.48%	2.69%	4.40%	3.48%	5.15%	1.67%	11.03%	7.84%
Coccothrinax readii		1.54%		0.87%		4.42%		6.83%
Colubrina arborecens		0.13%		0.87%		0.28%		1.27%
Croton flavens		0.26%		0.87%		0.42%		1.54%
Croton reflexifolius	0.56%	2.56%	2.20%	3.48%	0.66%	1.00%	3.41%	7.04%
Dendropanax arborea		0.38%		0.87%		6.35%		7.61%
Diospyros albens		1.03%		1.74%		1.53%		4.30%
Diospyros cuneata		0.13%		0.87%		1.96%		2.96%
Dryapetes brownii	5.01%	0.51%	2.20%	0.87%	0.79%	3.40%	8.00%	4.78%
Esenbeckia berlandieri	1.30%		1.10%		1.52%		3.92%	
Eugenia capuli	2.23%		2.20%		2.02%		6.45%	
Eugenia mayana	6.49%	1.67%	2.20%	1.74%	0.63%	1.37%	9.32%	4.78%
Exothea diphylla	0.19%		1.10%		1.17%		2.46%	
Gymnopodium flobundum	1.11%	0.26%	1.10%	0.87%	0.93%	4.25%	3.15%	5.38%
Hampea trilobata	1.11%	1.54%	2.20%	2.61%	1.61%	2.02%	4.92%	6.17%
Hippocratea excelsa	0.74%	0.90%	2.20%	1.74%	2.06%	0.24%	5.00%	2.88%
Hybanthus yuctanensis		0.77%		1.74%		0.88%		3.39%
Hyperbaena winzerlingii	0.37%	1.54%	1.10%	1.74%	1.19%	2.08%	2.66%	5.35%

ESTRATO MEDIO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Jacquinia aurantiaca	0.37%	0.77%	2.20%	3.48%	9.91%	0.46%	12.48%	4.71%
Jaquinia macrocarpa	0.19%		1.10%		0.22%		1.51%	
Jatropha gaumeri	0.37%		1.10%		0.78%		2.25%	
Lasiacis divaricata		1.79%		0.87%		0.10%		2.77%
Lonchocarpus rugosus	1.67%		3.30%		4.74%		9.71%	
Malmea depressa		2.82%		2.61%		1.77%		7.20%
Malvaviscus arboreus	1.67%	2.18%	3.30%	3.48%	7.39%	1.82%	12.35%	7.47%
Manilkara achras	2.23%	8.46%	3.30%	4.35%	1.71%	2.93%	7.23%	15.74%
Myrciaria floribunda	1.11%	0.26%	1.10%	0.87%	0.42%	0.14%	2.63%	1.27%
Nectandra coriacea	11.87%	13.97%	3.30%	4.35%	0.71%	1.88%	15.88%	20.20%
Neomillspaughia emarginata	1.11%	1.92%	1.10%	1.74%	6.11%	2.30%	8.32%	5.96%
Oxandra lanceolata	1.11%		1.10%		1.53%		3.74%	
Paratesis cubana	0.74%	0.77%	2.20%	2.61%	0.24%	0.11%	3.18%	3.49%
Paulinia cururu	0.37%		1.10%		0.82%		2.29%	
Pisonia aculeata		0.26%		0.87%		3.50%		4.62%
Pithecellobium campechense		0.51%		0.87%		0.47%		1.85%
Pithecellobium leucospermum		1.41%		0.87%		0.53%		2.81%
Psychotria nervosa	1.48%	4.10%	1.10%	2.61%	2.52%	0.96%	5.10%	7.67%
Randia abscordata	1.11%	1.67%	2.20%	3.48%	1.43%	0.72%	4.74%	5.87%
Randia abscordata								
Randia aculeata	9.83%	5.51%	5.49%	4.35%	1.91%	0.51%	17.24%	10.37%

ESTRATO MEDIO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**
Rhacoma crossopetalum		0.38%		0.87%		0.08%		1.34%
Sabal yapa	0.56%	0.90%	1.10%	1.74%	0.06%	11.71%	1.71%	14.35%
Samida yucatanensis	0.56%		2.20%		1.13%		3.88%	
Sapranthus campechianus	0.56%		1.10%		6.39%		8.04%	
Thrinax radiata		0.26%		1.74%		6.68%		8.67%
Trichilia glabra		0.26%		0.87%		0.54%		1.67%
Zanthoxylum fagara	0.19%		1.10%		1.83%		3.12%	
Zantoxylon caribaeum	0.93%		1.10%		1.12%		3.15%	
TOTALES	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**

En relación con la presencia de las diversas especies en ambas áreas, nos encontramos con que en el estrato medio existen 16 especies que solo fueron documentadas en el área propuesta para el cambio de uso del suelo (CUSTF). Por lo tanto, será necesario realizar trabajos de reubicación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) de las siguientes especies: *Acaelorraphe wrighti, Bougainvillea buttiana, Callicarpa acuminata, Cascabela gaumeri, Esenbeckia berlandieri, Eugenia capuli, Exothea diphylla, Jacquinia macrocarpa, Jatropha gaumeri, Lonchocarpus rugosus, Oxandra lanceolata, Paulinia cururu, Samida yucatanensis, Spranthus campechianus, Zanthoxylon fagara* y *Zanthoxylon caribaeum*.

Por otro lado, existen 17 especies que estando presentes en ambas áreas, se encuentran en mayor cantidad en el CUSTF que en SAR, las cuales son *Amyris sylvatica, Bauhinia jenningsii, Bunchosia glabra, Neea psychotrioides, Casearia corymbosa, Chiococca alba, Chrysophyllum mexicanum, Coccothrinax readii, Dryapetes brownii, Eugenia mayana, Gymnopodium floribundum, Hippocratea excelsa, Malvaviscus arboreus, Myrciaria floribunda, Nectandra coriacea, Paratesis cubana, Randia aculeata* y *Thrinax radiata*; por lo cual se deberá implementar un Programa de Reforestación, ya que de esta manera nos aseguramos que dichas especies se encuentren al menos en las mismas cantidades en ambas áreas.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener:

Tabla 4. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato arbustivo.

ESTRATO MEDIO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)	Simpson	Margalef
CUSTF	3.29	3.89	0.85	0.94	7.60
SAR	3.30	3.87	0.85	0.95	7.06

Con relación al estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF), tenemos que la diferencia entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y la máxima diversidad (H´) es del 15.45%, la cual es notoriamente corta, por lo cual puede afirmarse que dicho índice es alto. Esto se confirma con un valor de 0.85 del índice de equitatividad (J) y que nos da cuenta de la existencia de una notoriamente alta homogenidad en la abundancia que presentan las especies registradas en el CUSTF. En el caso del SAR, la diferencia entre H y H´ alcanza el 14.80% que es claramente baja, es decir, se puede decir que la diversidad es alta; de tal forma que con un índice de equitatividad (J) de 0.85 resulta claro que la abundancia registrada entre las especies presentes en el estrato medio del SAR es evidentemente homogénea. En el caso del índice de Simpson, se considera que la diversidad biológica es muy alta tanto en el CUSTF como en el SAR; en tanto que para Margalef se puede considerar una diversidad alta en ambas áreas, es decir, tanto en el CUSTF como el SAR.

Por otro lado, tenemos que la distancia euclidiana en el estrato medio nos indica la formación de dos grupos de especies, uno de los cuales apenas está formado por cuatro especies y que se caracterizan por tener una alta distancia con el otro grupo, los cuales con *Casearia corymbosa, Capparis cynophallophora, Nectandra coriácea* y *Manilkara chras.* El otro grupo está formado por el resto de las especies y tiene bajas diferencias entre sí. En cuanto a los sitos de muestreo, también se pueden diferencias tres grupos, el primero integrado por SAR10 y 11 que es el que mantiene las mayores diferencias; otro grupo formado por SAR5, 7, 9 y 12 con diferencias intermedias y otro más con las menores distancias entre sí y que integra a la mayor cantidad de sitios de muestreo.

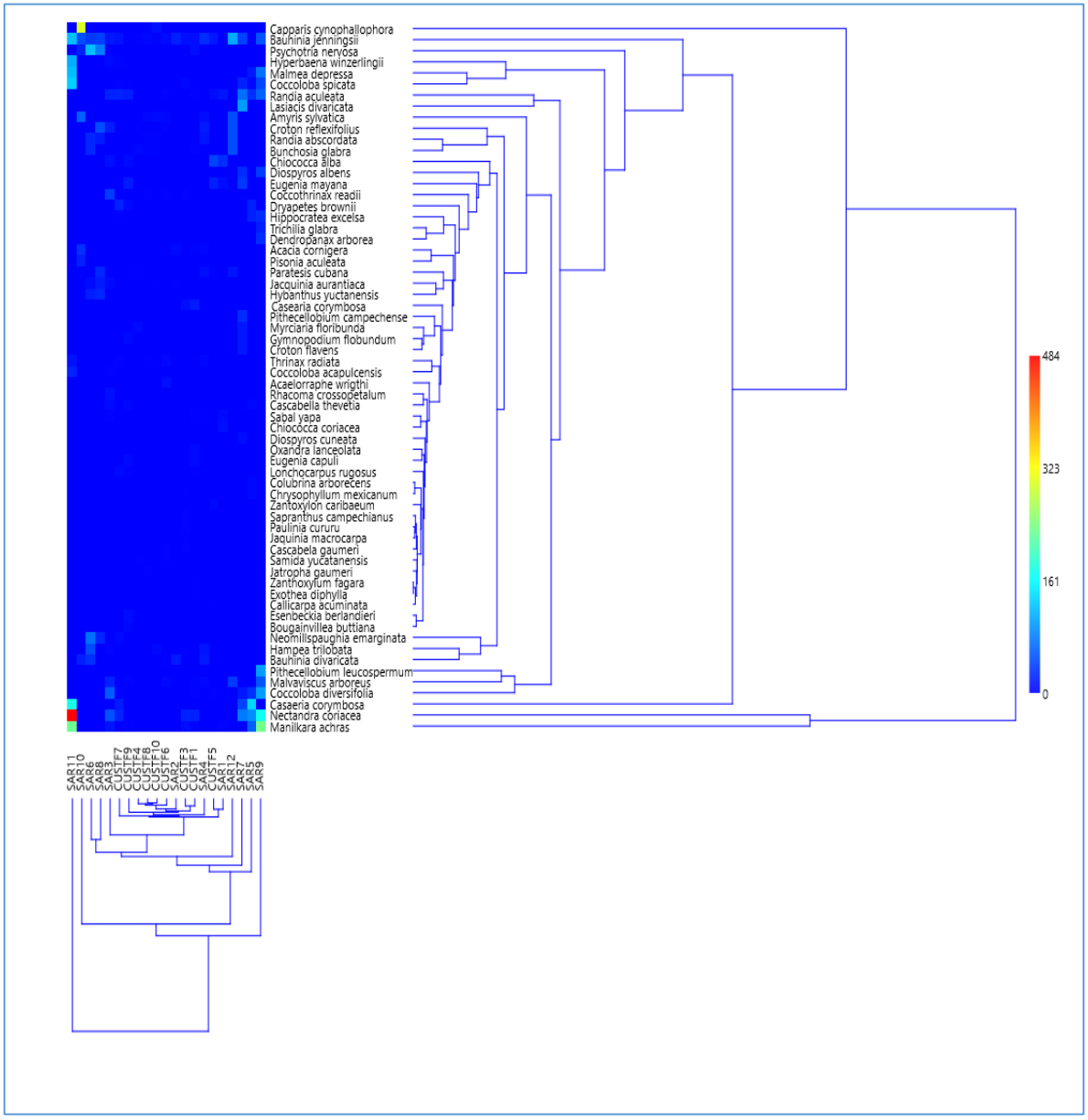


Figura 3. Dendrograma utilizando la distancia euclidiana en el estrato medio

Con respecto al índice de similitud de Morisita, tenemos que conformar un solo grupo con altos valores de similitud, si bien con algunas excepciones en ciertos sitios de muestreo con especies tales como *Manilkara achras, Melmea depressa, Coccoloba spicata, Hyperbaena winzerlingii, Caseaira corymbosa* y *Bauhinia jeningsii* en SAR11 y *Manilkara achras* así como *Nectandra coriácea* en SAR9, por citar a las especies con menores similitudes con el resto.

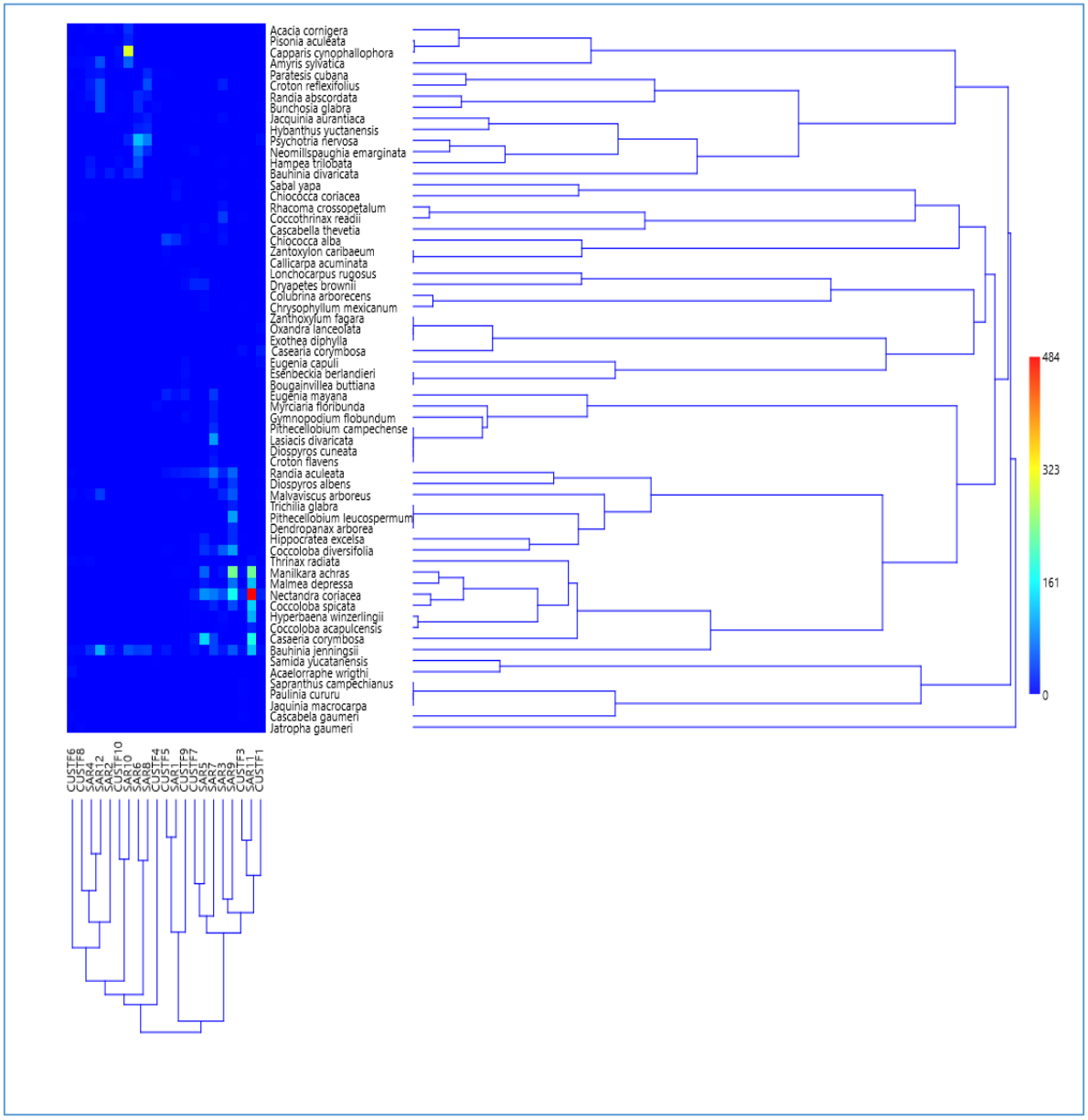


Figura 4. Dendrograma utilizando el índice de semejanza de Morisita en el estrato medio

En este sentido, tenemos que se integran en los sitios de muestreo se forman dos grupos, si bien con diferencias que pueden considerarse que van de menores a intermedias en el grupo integrado por los sitios de muestreo SAR1,3,5,7,9 Y 11 así como por CUSTF1,3,5,7 y 9; el otro grupo acusa una homogeneidad aún mayor.

ESTRATO BAJO

Índice de Valor de Importancia:

La comparación entre el IVI del estrato bajo del predio, nos indica que la riqueza en el área del CUSTF, así como en el SAR es de 37 especies. Asimismo, podemos decir que en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF), existen dos especies que tienen valores importancia con cierta importancia, las cuales son *Arrabidaea floribunda* con el 89.49% y *Elytraria imbricata* con 32.82%; en conjunto, este pequeño grupo de especies suman el 122.32% del IVI total. Con relación al SAR, solo se observa a *Elytraria imbricata* con el 38.04% del total.

Tabla 5. Comparación del IVI en el estrato bajo.

ESTRATO BAJO	**AR**		**FR**		**DR**		**IVI**	
NOMBRE CIENTIFÍCO	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**	**CUSTF**	**SAR**
Acrostichum danaeifolium	0.18%		1.47%		3.58%		5.23%	
Aechmea bracteata		0.16%		1.19%		10.21%		11.56%
Agave sp.		0.16%		1.19%		15.95%		17.30%
Amphilophium paniculathum	0.55%	0.80%	1.47%	1.19%	0.19%	2.26%	2.21%	4.25%
Anturio schlechtendalii	0.18%		1.47%		1.89%		3.55%	
Anturio sp	1.10%	0.16%	1.47%	1.19%	0.52%	10.21%	3.08%	11.56%
Arrabidaea floribunda	8.42%	4.62%	10.29%	8.33%	70.77%	1.56%	89.49%	14.52%
Arrabidaea petellifera	1.47%	0.48%	2.94%	1.19%	0.38%	0.27%	4.79%	1.94%
Arrabidaea podopogon	1.10%	2.23%	1.47%	4.76%	0.92%	1.27%	3.49%	8.26%
Arrabidaea pubescens		0.64%		1.19%		3.67%		5.50%
Blechum sp.	3.66%	1.91%	1.47%	2.38%	0.03%	0.17%	5.16%	4.47%
Bromelia pinguin	0.55%	1.11%	2.94%	4.76%	1.04%	10.31%	4.53%	16.19%
Bromelia sp	0.18%		1.47%		1.25%		2.90%	
Caladium bicolor	1.65%	1.27%	2.94%	4.76%	0.23%	0.33%	4.82%	6.37%
Chamaedorea seifrizii	1.28%	0.64%	4.41%	2.38%	0.15%	6.97%	5.84%	9.98%
Cissampelos pareira		0.16%		1.19%		0.23%		1.58%

ESTRATO BAJO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Cnidoscolus aconitifolius	0.37%		1.47%		0.93%		2.77%	
Coccothrinax readii	0.37%		1.47%		0.50%		2.34%	
Croton malvaviciifolius	5.86%		1.47%		0.29%		7.62%	
Cydista potosina	0.73%	0.96%	1.47%	1.19%	1.70%	2.43%	3.90%	4.58%
Diospyros albens	4.03%		2.94%		0.15%		7.12%	
Dryapetes brownii		0.96%		1.19%		2.98%		5.12%
Elytraria imbricada	25.27%	32.32%	4.41%	4.76%	3.14%	0.96%	32.82%	38.04%
Epiphyllum oxypetalum		0.32%		1.19%		5.77%		7.28%
Galactica striata	0.92%		1.47%		0.19%		2.58%	
Helicteres baruensis		1.27%		1.19%		0.43%		2.89%
Henrya insularis	2.20%	2.39%	1.47%	1.19%	0.05%	0.40%	3.72%	3.98%
Heteropterys laurifolia	0.55%	1.91%	1.47%	2.38%	0.00%	1.85%	2.02%	6.14%
Lasiacis divaricata	0.18%	10.03%	1.47%	8.33%	0.00%	1.73%	1.66%	20.09%
Lasiacis ligulata	5.86%	5.41%	5.88%	4.76%	0.05%	0.16%	11.79%	10.33%
Lasiacis ruscifolia		0.96%		1.19%		1.23%		3.38%
Morinda yucatanensis	4.58%	3.82%	4.41%	4.76%	0.33%	0.79%	9.32%	9.38%
Oeceoclades maculata	0.92%	0.16%	4.41%	1.19%	0.06%	0.92%	5.38%	2.27%
Olyra glaberrima	0.55%	3.50%	1.47%	2.38%	0.06%	0.30%	2.08%	6.19%
Olyra yucatanensis	7.88%	9.39%	2.94%	4.76%	0.57%	0.42%	11.39%	14.58%
Oncidium luridium	2.20%		2.94%		0.16%		5.30%	

ESTRATO BAJO	AR		FR		DR		IVI	
NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
Passiflora coriacea	0.18%	0.64%	1.47%	3.57%	0.27%	1.17%	1.92%	5.38%
Passiflora obovata		0.16%		1.19%		0.64%		1.99%
Paulinia cururu	3.85%	4.46%	7.35%	5.95%	8.10%	1.24%	19.30%	11.65%
Pedilanthus tithimaloides		0.16%		1.19%		2.07%		3.42%
Petrea volubilis	0.18%		1.47%		0.27%		1.92%	
Polypodium macrophyllum	2.20%		1.47%		0.03%		3.70%	
Rhoeo pallida		0.64%		1.19%		3.27%		5.10%
Sabal yapa		1.11%		1.19%		5.08%		7.38%
Scleria lithosperma	2.01%		4.41%		0.18%		6.61%	
Selenicereus testudo		0.80%		1.19%		0.27%		2.26%
Serjania adiantoides	1.28%	3.18%	2.94%	5.95%	0.21%	1.52%	4.44%	10.66%
Smilax mollis	1.47%	0.96%	2.94%	1.19%	0.11%	0.74%	4.52%	2.88%
Tillandsia brachycaulos	5.49%		1.47%		0.08%		7.05%	
Tragia yucatanensis		0.16%		1.19%		0.23%		1.58%
Zamia loddigesii	0.55%		1.47%		1.61%		3.63%	
TOTALES	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**

Con relación a la presencia de las diversas especies en ambas áreas, nos encontramos con que en el estrato bajo existen 15 especies que solo fueron documentadas en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), las cuales son *Acrostichum danaeifolium, Anturio schlechtendalii, Bromelia sp., Cnidoscolus aconitifolius, Coccothrinax readii, Croton malvaviciifolius, Cydista potosina, Diospyros albens, Galactica striata, Oncidium luridium, Petrea volubilis, Polypodium macrophyllum, Scleria lithosperma, Tillandsia brachycaulos* y *Zamia lodigesii*. Por lo tanto, deberán realizarse trabajos de reubicación de especies hacia las mejores áreas del sistema ambiental o SAR.

Por otro lado, existen nueve especies que, estando presentes tanto en ambas áreas, se encuentran en mayor cantidad en el CUSTF, las cuales son *Anturio sp., Arrabidaea floribunda, Arrabidaea petellifera, Blechum sp., Caladium bicolor, Chamaecrista seifrizii, Morinda yucatanensis, Oeceoclades maculata y Smilax mollis*; por lo tanto, será necesario implementar un Programa de Reforestación para asegurar que dichas especies se encuentren en cantidades similares en ambas áreas.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener:

Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato bajo.

ESTRATO BAJO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)	Simpson	Margalef
CUSTF	2.87	3.61	0.79	0.90	5.71
SAR	2.65	3.61	0.74	0.86	5.59

En el estrato bajo del área del CUSTF, el índice de Shannon-Wiener (H) comparado con la máxima diversidad (H´), presentan una diferencia del 20.43% que puede considerarse como regular, por lo cual, puede decirse que la diversidad es intermedia tendiendo a ser alta; condición que se corrobora con un valor de 0.79 del índice de equitatividad (J), el cual nos dice que la abundancia de las especies presentes en dicha área es notoriamente equitativa u homogénea.

Con relación a los valores en el SAR para H y H´, la diferencia entre ambos es del 26.49%, lo cual nos indica que se presenta una diversidad biológica que puede considerase como intermedia y esto se comprueba con un índice de equitatividad (J) de 0.74, lo que también nos está indicando que la abundancia de las especies presentes en el estrato bajo del SAR es suficientemente equitativo u homogéneo.

Al analizar el dendrograma de la distancia euclidiana podemos observar que se presentan dos grupos; uno de los cuales está formado por una sola especie (*Elytraria imbricata),* misma que tiene diferencias que pueden calificarse de altas de intermedias en los sitios SAR3,5 y 9 y CUSTF 5,7 y 9 aunque en el resto de los sitios la distancias son pequeñas ya que incluso *Olyra yucatanensis* no se relaciona dicha especie. El otro grupo se integra con el resto de las especies debido a que existen diferencias bajas de forma generalizada, si bien pueden apreciarse algunos valores intermedios en sitios de muestreo aislados.

En cuanto a los sitios de muestreo, tenemos que puede apreciarse la conformación de dos grupos, uno de los cuales es precisamente el que se encuentra relacionado con *Elytraria imbricata* ya mantiene algunas diferencias con el resto y se integra por SAR3,5 y 9 y CUSTF 5,7 y 9. El otro grupo se forma por el resto de los sitos de muestreo, los cuales se caracterizan por tener diferencias pequeñas entre sí.

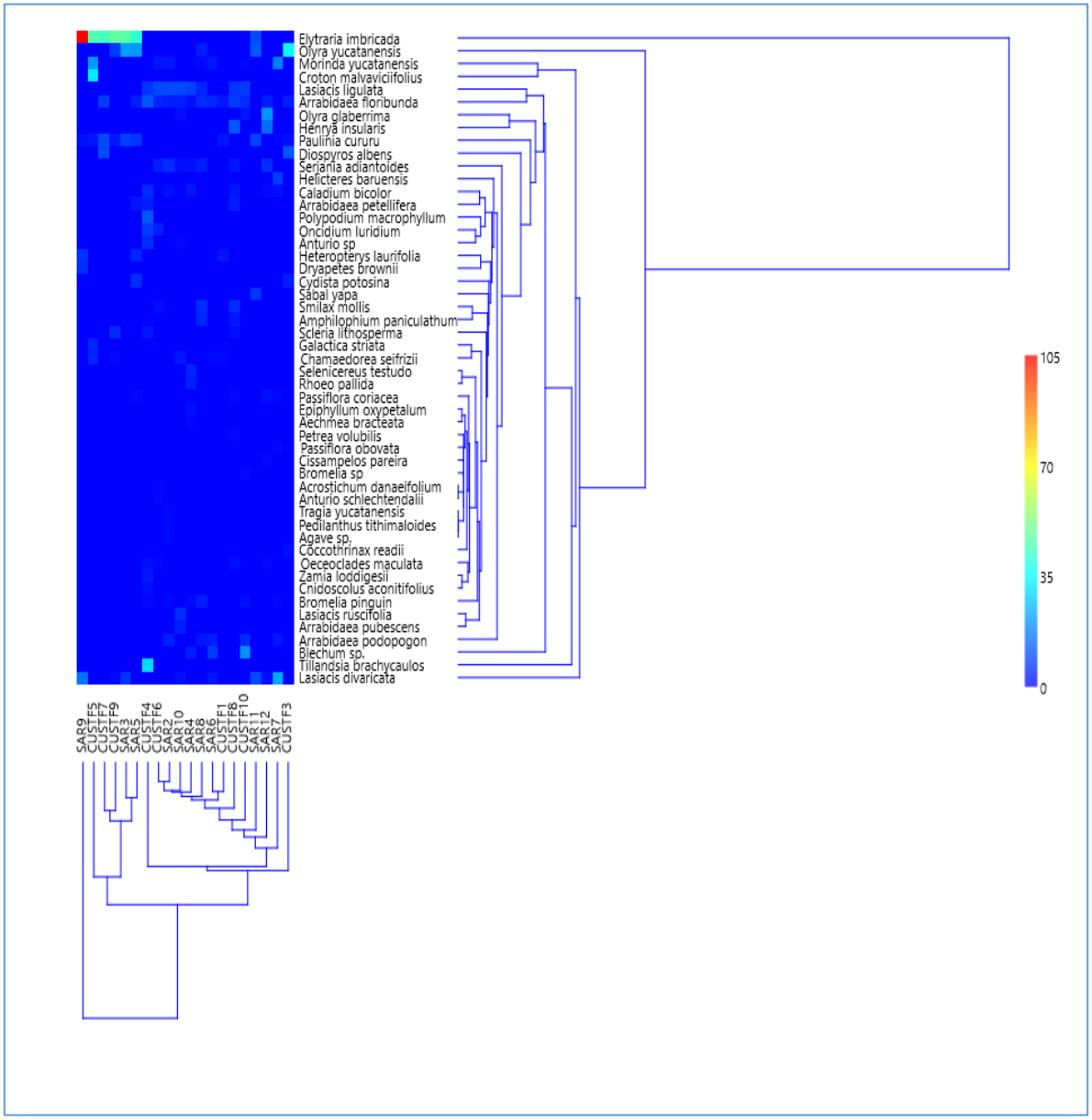


Figura 5. Dendrograma con el uso de la distancia euclidiana en el estrato bajo

Por otro lado, podemos observar que el dendrograma con el índice de similitud de Morisita, nos muestra que las especies conforman un grupo notoriamente homogéneo, si bien con algunas diferencias asociadas a *Elytraria imbricata,* si bien no se separa del resto de las especies.

En cuanto a los sitios de muestreo, tenemos que se conforman dos grupos, uno de los cuales lo integran los sitios SAR3,5 y 11 así como CUSTF5,7 y 9 donde la menor similitud se asocia con *Elytraria imbricata,* si bien *Olyra yucatanensis, Lasiacis divaricata, Morinda yucatanensis* y aún *Croton malvavicifolius* contribuyen a la integración de dicho grupo con valores intermedios de similitud. El otro grupo se integra con la mayoría de los sitios de muestreo y es notoriamente parecido u homogéneo.

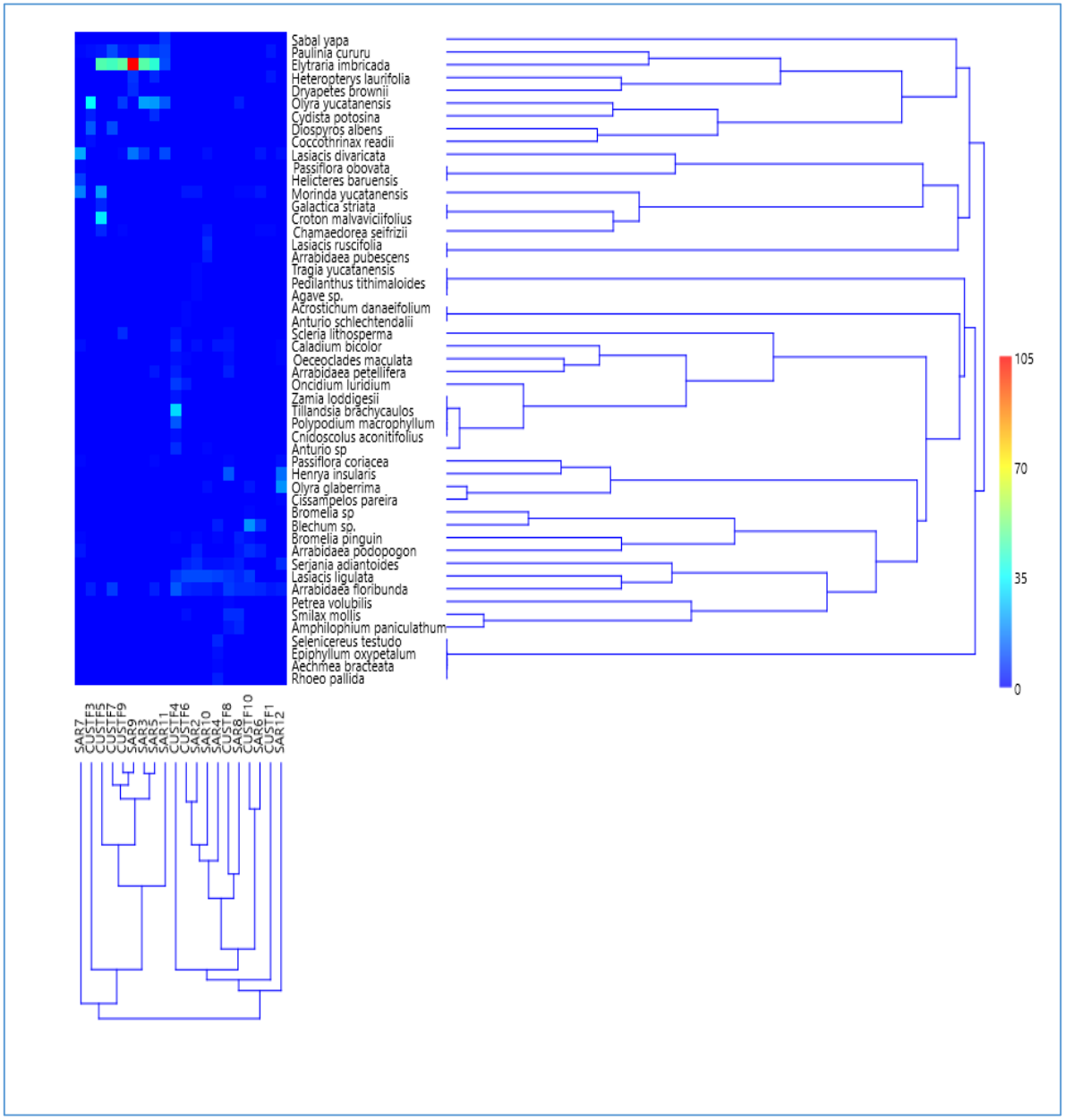


Figura 6. Dendrograma utilizando el índice de similitud de Morisita en el estrato bajo.

Habiendo realizado el análisis comparativo de las especies de flora presentes tanto en el área del CUSTF, así como en el SAR para los tres estratos (alto, medio y bajo), podemos observar que la vegetación presente en el CUSTF y el SAR presentan muchas similitudes y pocas diferencias. En consecuencia, deberán llevarse a cabo una serie de acciones de reubicación y reforestación para garantizar que no se verá afectada la diversidad biológica de la vegetación presente en el área del proyecto (CUSTF), para lo cual, se cuenta con un muy buen respaldo en el sistema ambiental (SAR) en el mantenimiento de la diversidad biológica en el CUSTF.

Asimismo, tenemos que el análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística multivariante de simplificación, que permite transformar un conjunto de variables originales correlacionadas entre sí, en un conjunto sintético de variables no correlacionados denominados factores o componentes principales. En esta transformación no se establecen jerarquías entre variables y se elimina la información repetida (Jolliffe, 1986). Las nuevas variables son combinaciones linealmente independientes de las variables originales, ordenadas de acuerdo a la representación de dispersión respecto a la nube total de información recogida en las muestras. De esta forma, tenemos que con el apoyo del programa PAST 4.15, se llevó a cabo el análisis de componentes principales (PCA) por estrato para estar en condiciones de aportar elementos adicionales de juicio que contribuyan a mantener la diversidad biológica en el área propuesta para el proyecto (CUSTF).

Estrato alto

Tabla 7. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato alto del SAR Y CUSTF

PC	Eigenvalue	% variance
1	59.1681	51.973
2	11.5924	10.183
3	11.247	9.8793
4	7.2115	6.3345
5	4.93924	4.3386
6	4.3344	3.8073
7	2.92923	2.573
8	2.39091	2.1002
9	1.67408	1.4705
10	1.62312	1.4257
11	1.42201	1.2491
12	1.1791	1.0357
13	0.858844	0.7544
14	0.784866	0.68942
15	0.63213	0.55526
16	0.479271	0.42099
17	0.362656	0.31855
18	0.331392	0.29109
19	0.300541	0.26399
20	0.227988	0.20026
21	0.155887	0.13693

Podemos observar que con los tres primeros componentes principales (PC) se explica el 72.0353% de la varianza presente en el estrato alto. De esta forma tenemos que prácticamente todos los sitos se tienen correlaciones positivas (mutualistas) con el componente principal 1; si bien con el componente principal 2 lo hacen los sitios CUSTF1,3,4,5,7 8 y SAR4,6,8 y 10. Si bien a mayor parte

de las especies mantienen correlaciones negativas (de competencia) con ambos componente principales, destacan con correlaciones positivas para ambos componentes *Bursera simaruba, Trichilia glabra, Diospyron cuneata, Vitex gaumeri, Ficus cotinifolius, Piscidia piscipula* y *Neea psychotrioides.* Además de que *Metopium brownei, Diospyros albens, Lonchocarpus rugosus y Dryapetes brownei* mantiene correlaciones positivas con el componente principal 1 y negativas con el 2. Asimismo, *Lonchocarpus yucatanensis, Suartzia cubensis, Coccoloba acapulcensis y Dendropanax arborea* tiene correlaciones negativas con el componente 1 y positivas con el componente 2.

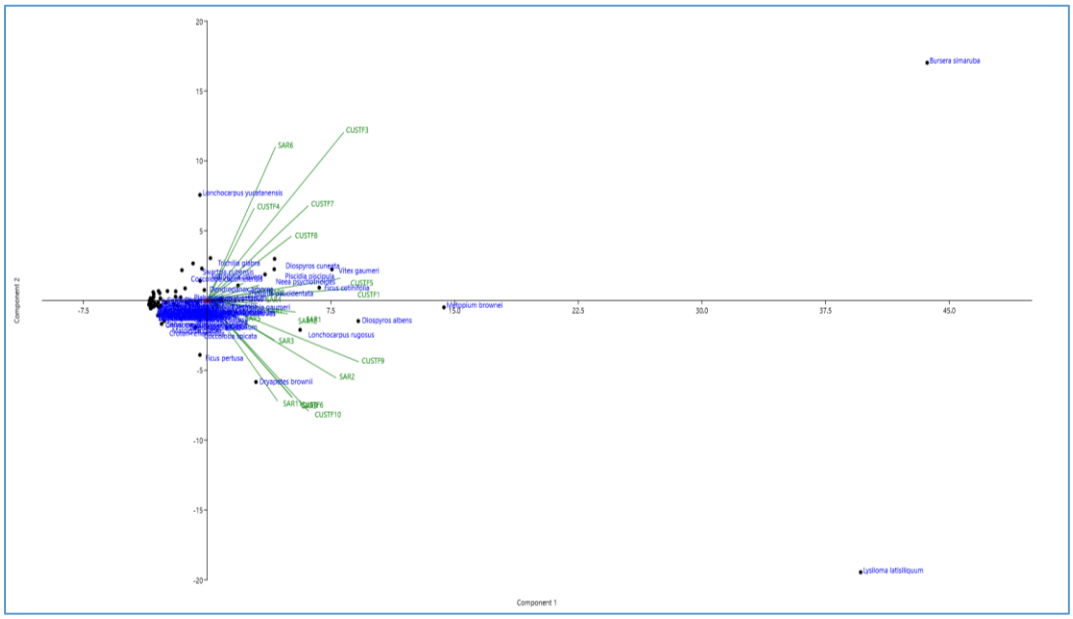


Figura 7. Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato alto del SAR y CUSTF.

Estrato medio

Aquí tenemos que los tres primeros componentes principales explican el 85.235% de la varianza en la diversidad biológica de dicho estrato.

Tabla 8. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato medio en el SAR y CUSTF

PC	Eigenvalue	% variance
1	6880.49	64.071
2	1509.99	14.061
3	762.78	7.103
4	555.612	5.1739
5	330.537	3.078
6	290.203	2.7024
7	178.233	1.6597
8	80.4844	0.74947
9	51.5456	0.47999

PC	Eigenvalue	% variance
10	48.1891	0.44874
11	14.3801	0.13391
12	13.1711	0.12265
13	8.49746	0.079129
14	4.6375	0.043185
15	3.27995	0.030543
16	2.45481	0.022859
17	2.12912	0.019826
18	0.904025	0.0084183
19	0.738337	0.0068754
20	0.353351	0.0032904
21	0.181019	0.0016857

Al analizarlo de forma detallada nos encontramos con que entre los componentes 1 y 2 la especie de mayor importancia es *Bauhinia jiningsii* ya que tiene una correlación positiva para ambos componentes, en tanto que solo es positiva para el componente 1 en *Hyperbaena winzerlingii, Coccoloba spicata, Melmea depressa, Casearia corymbosa* y *Manilkara achras.* Mientras que solo mantene una correlación positiva (comensalista) con el componente 2 *Capparis cynophallophora, Amyris silvatica, Acacia cornígera, Psychotria nervosa, Bauhinia divaricata* y *Pisonia aculeata.* Mientras que para el resto de las especies se mantiene una correlación negativa que puede ser considerada de competencia (o mutuamente excluyente) para los componentes principales 1 y 2. Asimismo, los sitios más representativos son el SAR5,7,9,10,11 Y 12.

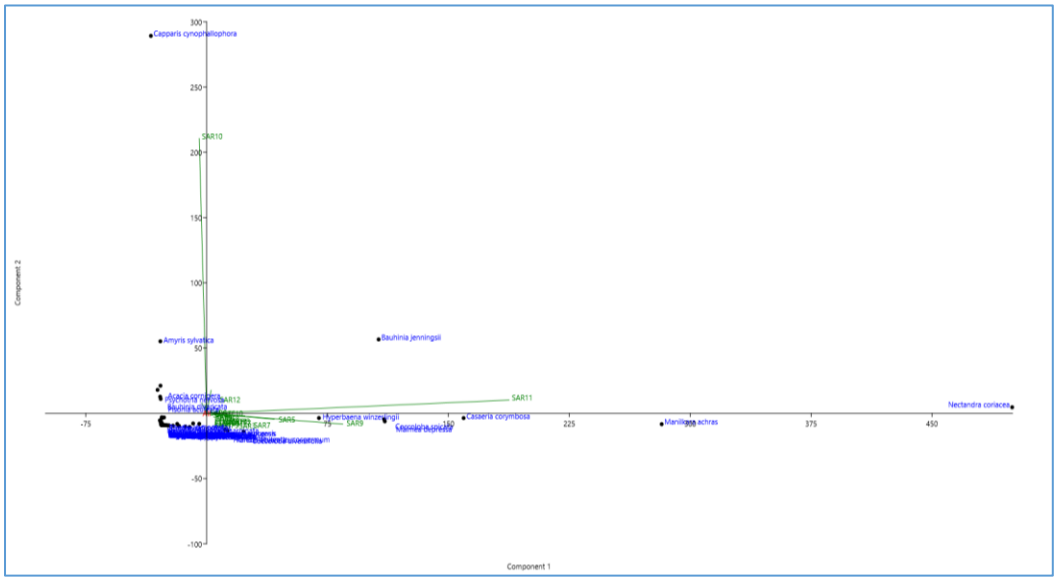


Figura 8.Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato medio SAR y CUSTF.

Estrato bajo

El aporte en la explicación de la varianza de los primeros dos componentes principales es del 78.8399%.

Tabla 9. Valores y aporte de la varianza de los componentes principales en el estrato bajo en el SAR y CUSTF.

PC	Eigenvalue	% variance
1	424.397	71.195
2	45.5716	7.6449
3	29.163	4.8923
4	23.6292	3.9639
5	18.1459	3.0441
6	16.7801	2.815
7	12.5851	2.1112
8	7.48883	1.2563
9	4.61514	0.77422
10	3.20714	0.53802
11	3.04975	0.51161
12	1.64112	0.27531
13	1.40842	0.23627
14	1.36386	0.22879
15	1.17222	0.19665
16	0.681583	0.11434
17	0.469183	0.078708
18	0.369846	0.062044
19	0.234163	0.039282
20	0.130805	0.021943

Al llevar a cabo un análisis más detallado, tenemos que los sitios SAR3,5,7, 8, 9,11 así como CUSTF3,5 y 9 se correlacionan positivamente con *Olyra yucatanensis*, *Paulinia cururu, Arrabidaea floribunda, Morinda yucatanensis y Croton malvaviciifolius* en el eje del componente principal 1; por otro lado, tenemos una relación mutualista con el componente 2 y negativa o de competencia con el componente 1 con *Cydista potosina* y *Diospyros albens*. Asimismo, se presentó una relación negativa o de competencia con el componente 2 en SAR7 y 9; así como con CUSTF 5 y 7. El resto de las especies presentan correlaciones negativas o de competencia tanto con el componente principal 1 como con el 2.

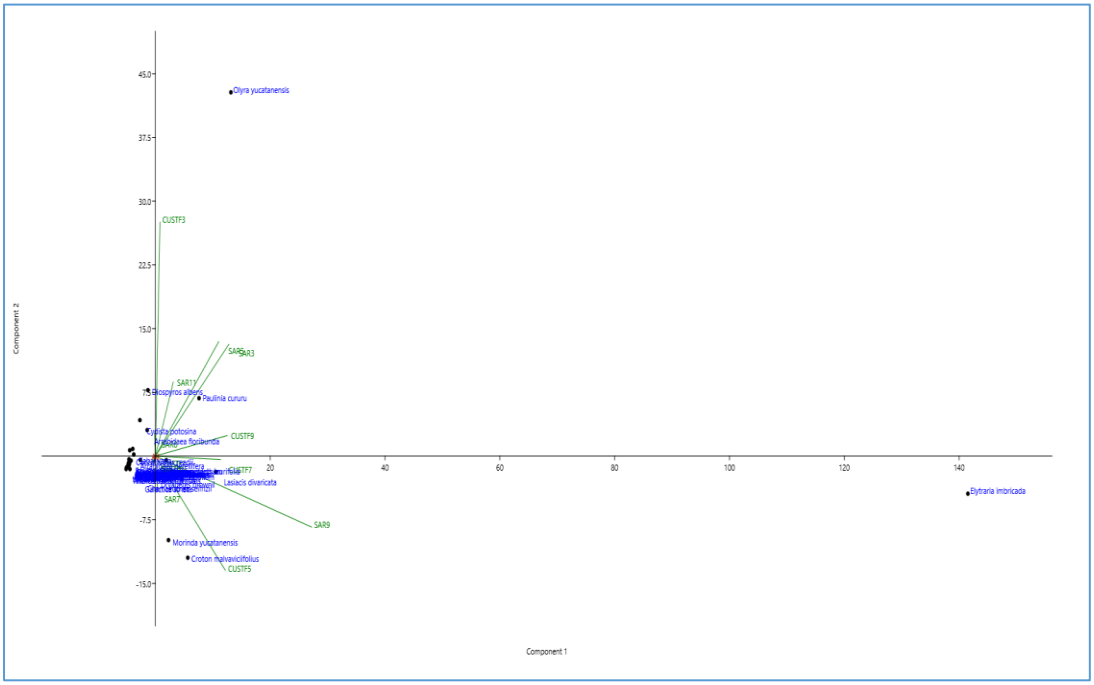


Figura 9. Relación entre sitios de muestreo y especies con los componentes principales 1 y 2 en el estrato bajo del SAR y CUSTF.

VI.1.1.2 Trabajos correspondientes a la reubicación y reforestación de especies para preservar la biodiversidad de la vegetación

VI.1.1.2.1 Estimación de las especies que se rescataran y reubicaran

De manera complementaria, los trabajos correspondientes al salvamento y reubicación, así como a la reforestación de especies en el área del SAR, los cuales se presentan en los siguientes cuadros.

De acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT-2010,** existen tres especies susceptibles a ser reubicadas, las cuales son *Acaelorraphe wrightii, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*, las cuales se encuentran enlistadas como ***amenazadas (A)***. En total se requiere realizar trabajos de reubicación desde el CUSTF hacia el SAR de las siguientes especies 30 especies.

Tabla 10. Especies a reubicar.

Nombre científico	Cantidad
Acaelorraphe wrigthi	**559**
Acrostichum danaeifolium	**28**
Anturio schlechtendalii	**28**
Bougainvillea buttiana	**280**
Bromelia sp	**28**
Callicarpa acuminata	**56**
Cnidoscolus aconitifolius	**56**
Cordia alliodora	**56**
Cordia dodecandra	**56**

Nombre científico	Cantidad
Croton malvaviciifolius	**895**
Cuphea utriculosa	**28**
Diospyros salicifolia	**28**
Ficus obtucifolia	**28**
Galactica striata	**140**
Gliricidia sepium	**56**
Jaquinia macrocarpa	**56**
Oncidium luridium	**336**
Petrea volubilis	**28**
Polypodium macrophyllum	**336**
Pouteria campechiana	**28**
Rehdera trinervis	**28**
Samida yucatanensis	**168**
Sapranthus campechianus	**168**
Scleria lithosperma	**308**
Tillandsia brachycaulos	**839**
Zamia lodigesii	**84**
Zanthoxylum fagara	**56**
Zantoxylon caribaeum	**280**
Coccothrinax readii	**503**
Thrinax radiata	**447**
TOTALES	**5,984**

En cuanto a las especies presentes tanto en el SAR como en el CUSTF, pero que son más abundantes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), fueron observadas un total de 46. Si bien es conveniente mencionar que se incluyeron tres especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A), las cuales son *Acaelorraphe wrightii, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*,

A continuación, se presentan las especies que estarían sujetas a un programa de reforestación.

Tabla 11. Especies a reforestar.

Nombre científico	Cantidad
Amyris sylvatica	**2,516**
Anturio sp	**699**
Arrabidaea floribunda	**2,377**
Arrabidaea petellifera	**699**
Bauhinia jenningsii	**6,431**
Blechum sp.	**21,949**
Bunchosia glabra	**419**

Nombre científico	Cantidad
Bursera simaruba	**7,829**
Caesalpinia gaumeri	**1,118**
Caesalpinia violacea	**140**
Caladium bicolor	**140**
Cascabela gaumeri	**979**
Cascabella thevetia	**699**
Casearia corymbosa	**5,872**
Ceiba aesculifolia	**280**
Chamaedorea seifrizii	**419**
Chiococca alba	**9,087**
Chrysophyllum mexicanum	**559**
Coccoloba Itzeus	**699**
Coccothrinax readii	**839**
Dryapetes brownii	**1,118**
Esenbeckia berlandieri	**1,817**
Eugenia capuli	**1,678**
Eugenia mayana	**7,969**
Exothea diphylla	**559**
Ficus pertusa	**839**
Guettarda combsii	**839**
Gymnopodium flobundum	**839**
Lonchocarpus rugosus	**2,516**
Malpighia clavera	**280**
Malvaviscus arboreus	**280**
Metopium brownei	**5,592**
Morinda yucatanensis	**140**
Myrciaria floribunda	**1,398**
Nectandra coriacea	**2,796**
Neea psychotrioides	**699**
Oeceoclades maculata	**559**
Oxandra lanceolata	**1,817**
Paratesis cubana	**280**
Piscidia piscipula	**1,398**
Randia aculeata	**8,808**
Simarouba glauca	**419**
Smilax mollis	**280**
Thrinax radiata	**1,957**
Acaelorraphe wrigthi	**2,796**

Nombre científico	Cantidad
Zuelania guidonia	**419**
TOTALES	**111,843**

La planta a utilizarse para reforestar puede ser producida en uno o varios viveros que son factibles establecer al interior de predio o provenir de UMA´s intensivas especializadas en la producción de planta nativa.

De esta forma tenemos que una vez ejecutados los programas de reubicación y reforestación considerando las especies ya referidas por los componentes principales, ya que las mismas le proporcionan su fisonomía característica y además contribuyen de manera determinante en mantener los índices de diversidad, semejanza y diferencias que caracteriza a la vegetación del predio y su sistema ambiental, de tal manera que podamos garantizar que NO será afectada su diversidad biológica.

VI.1.1.3 Análisis comparativo de la fauna

Como resultado de los muestreos, tanto en SAR como en CUSTF, se puede observar que la mayor riqueza la presenta el SAR, ya que se registraron 43 especies, mientras que en el CUSTF se obtuvo un total de 24 spp, el equivalente al 55% de las especies reportadas para el SAR, adicionalmente, los órdenes, familias, géneros, especies e individuos, para el caso del SAR, el número fue mayor que en el CUSTF. En el siguiente gráfico comparativo, se puede observar la diferencia en la riqueza reportada en el caso del SAR comparado con el CUSTF.

Tabla 12. Riqueza específica encontrada en el SAR

Grupo	Ordenes	Familias	Especies	Organismos	Organismos (%)	Especies (%)
Aves	9	17	31	181	83.02	72
Mamíferos	4	6	8	32	14.6	18.6
Reptiles	3	4	4	5	2.4	9.4
TOTAL	**16**	**27**	**43**	**218**	**100**	**100**

Tabla 13. Riqueza específica encontrada en el CUSTF

Grupo	Ordenes	Familias	Especies	Organismos	Organismos (%)	Especies (%)
Aves	5	10	17	50	76.9	70.8
Mamíferos	3	4	6	14	21.5	25
Reptiles	1	1	1	1	1.6	4.2
TOTAL	**9**	**15**	**24**	**65**	**100**	**100**

Tanto para el SAR como para el CUSTF, las aves son el grupo faunístico más representativo, seguido por los mamíferos y culminando con los reptiles.

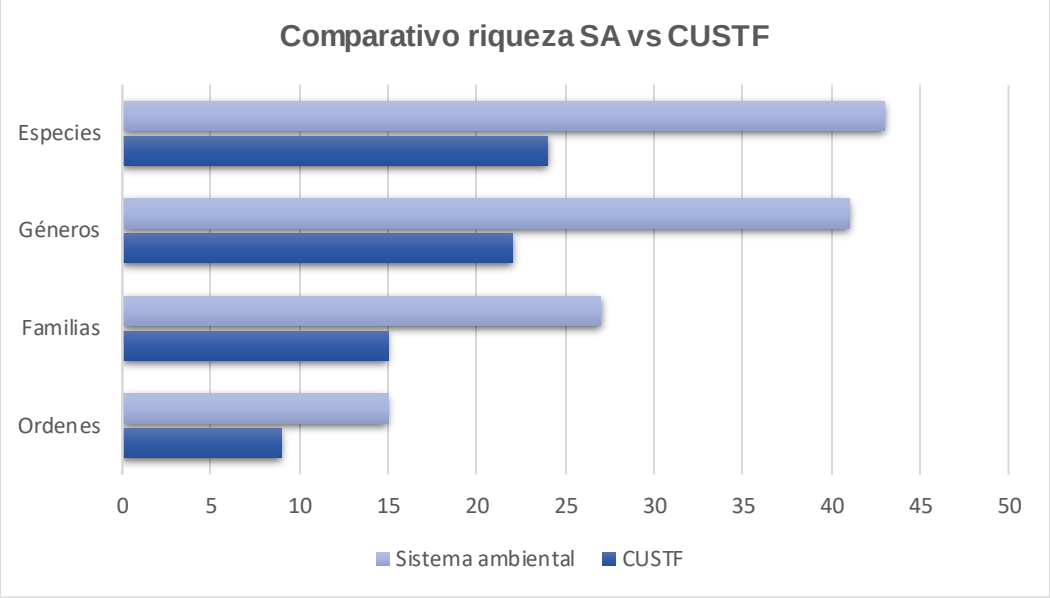


Figura 10. Gráfica comparativa de la riqueza encontrada en el Sistema Ambiental y en el CUSTF.

Ornitofauna

Para el caso de las aves, la riqueza encontrada en el SAR fue de 31 especies con 181 individuos, mientras que para el caso del CUSTF fue de 17 con 50 individuos, observándose en la siguiente gráfica, la diferencia en composición para el caso del grupo de aves en las dos áreas muestreadas, observándose la comparativa en cuanto órdenes, familias, géneros, especies e individuos.

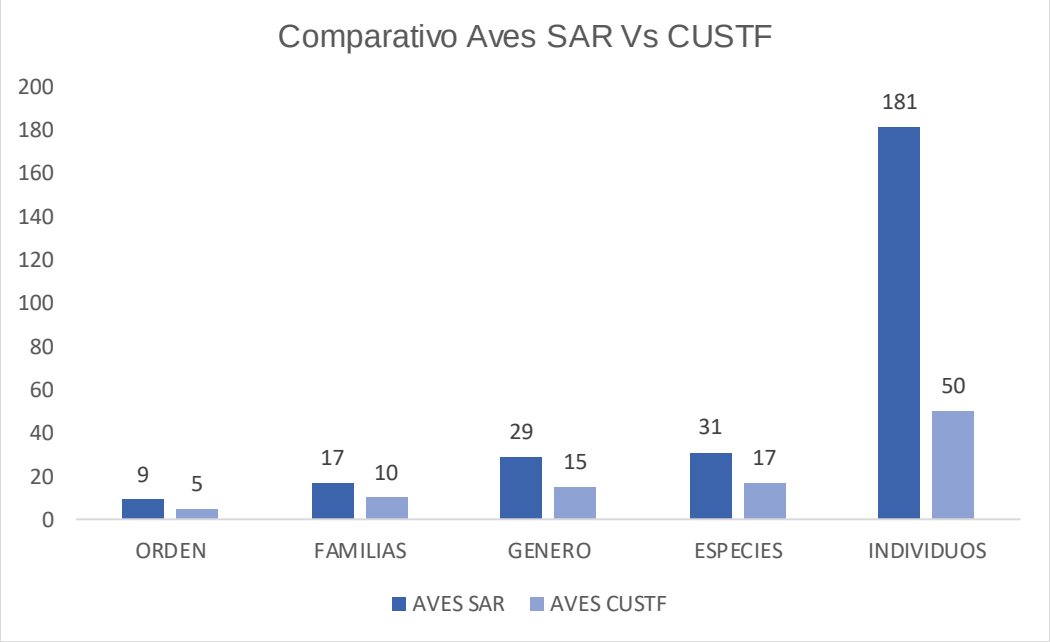


Figura 11. Gráfica comparativa de la riqueza observa para el grupo de aves.

Mamíferos

Con respecto al caso de mamíferos, se observaron 14 individuos pertenecientes a seis especies en el CUSTF, y para el caso del SAR, se reportaron 32 individuos pertenecientes a ocho especies, notándose que, en el caso de los mamíferos, la riqueza y cantidad es mayor en el SAR con respecto al CUSTF.

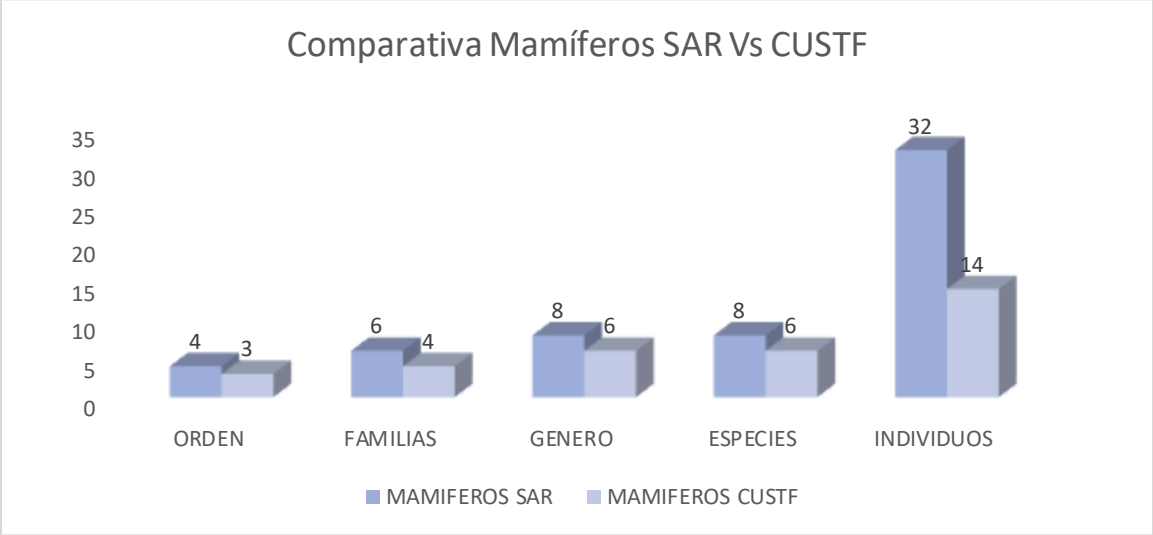


Figura 12. Gráfica comparativa de la riqueza observada para el grupo de mamíferos.

Herpetofauna

Con respecto al caso de la herpetofauna encontrada durante los muestreos, se observaron cuatro especies y cinco individuos en el SAR, y para el caso del CUSTF, se reportó únicamente un individuo y una especie, observándose que el SAR contiene una mayor riqueza de reptiles.

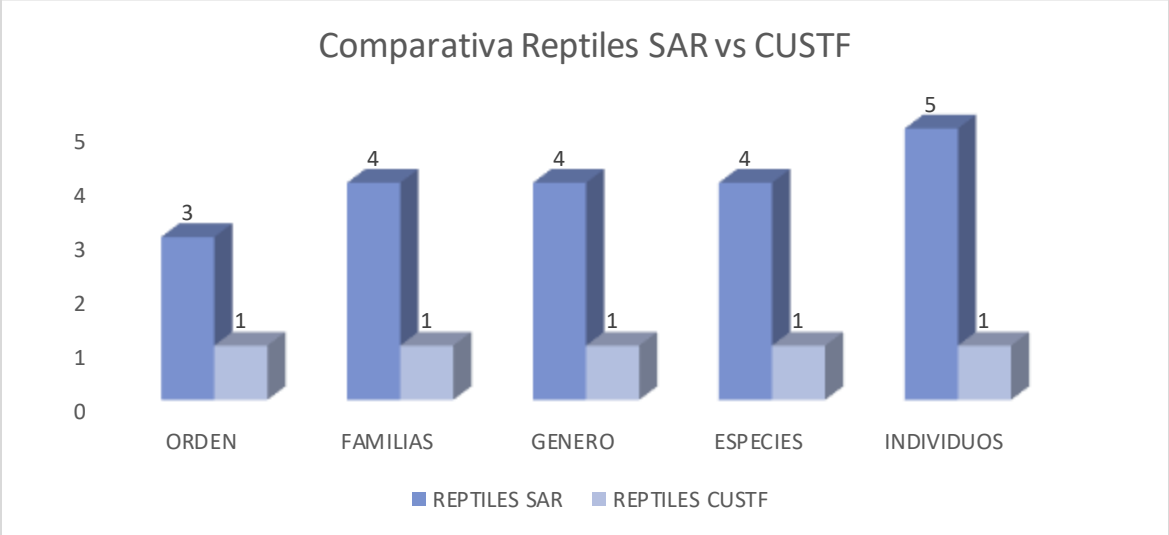


Figura 13. Gráfica comparativa de la riqueza observada para el grupo de mamíferos.

VI.1.1.3.1 Análisis comparativo de abundancia por especie de cada grupo faunístico

En el caso de las aves en el Sistema Ambiental, se registraron 181 organismos, de 31 especies pertenecientes a 29 familias y 17 órdenes ornitológicos, la familia más representada fue Columbidae e Icteridae, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 14. Listado de aves encontradas en el SAR.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Gavilán caminero	1
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra	6
Columbidae	*Columba livia*	Paloma común	4
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	8
Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma	3
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar	1
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Tórtola aliblanca	1
Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	2
Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	18
Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea	10
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	12
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Pijuy	2
Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	golondrina pueblera	34
Icteridae	*Amblycercus holosericeus*	Cacique piquiclaro	5
Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor	1
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor	4
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor	3
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	1
Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle	5
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2
Parulidae	*Parkesia sp*	Chipe arroyero	1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco	13
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	6
Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio	7
Thraupidae	*Saltator atricep*	Saltador cabeza negra	4
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo	1
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	7
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero	9
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	6
Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de Campanario	1
Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	3
TOTAL			**181**

Se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de aves encontradas en el Sistema Ambiental, observándose que la golondrina pueblera *Petrochelidon fulva*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus* y el carpintero yucateco *Melanerpes pygameus* fueron las especies más abundantes encontradas durante los muestreos, resumiéndose en la siguiente gráfica.

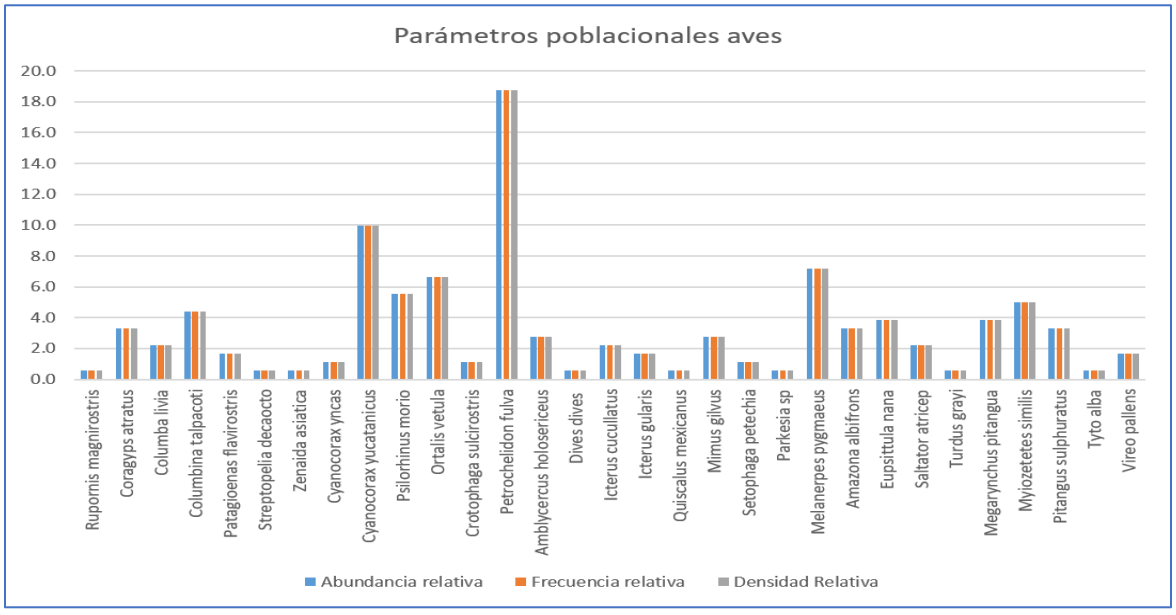


Figura 14. Parámetros poblacionales de las aves en el Sistema Ambiental

En el caso de la herpetofauna en el sistema ambiental, se registraron 5 organismos, de 4 especies pertenecientes a 4 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 15. Reptiles registrados en el SAR.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Colubridae	Culebra perico	*Leptophis ahaetulla*	1
Dactyloidae	Lagartija común	*Anolis sagrei*	2
Emydidae	tortuga jicotea	*Trachemys venusta*	1
Iguanidae	Iguana rayada	*Ctenosaura similis*	1
TOTAL			**5**

Se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de reptiles encontradas en el Sistema Ambiental, observándose que la lagartija común *Anolis sagrei* es la especie más abundante encontrada en el sistema ambiental, resumiéndose en la siguiente gráfica.

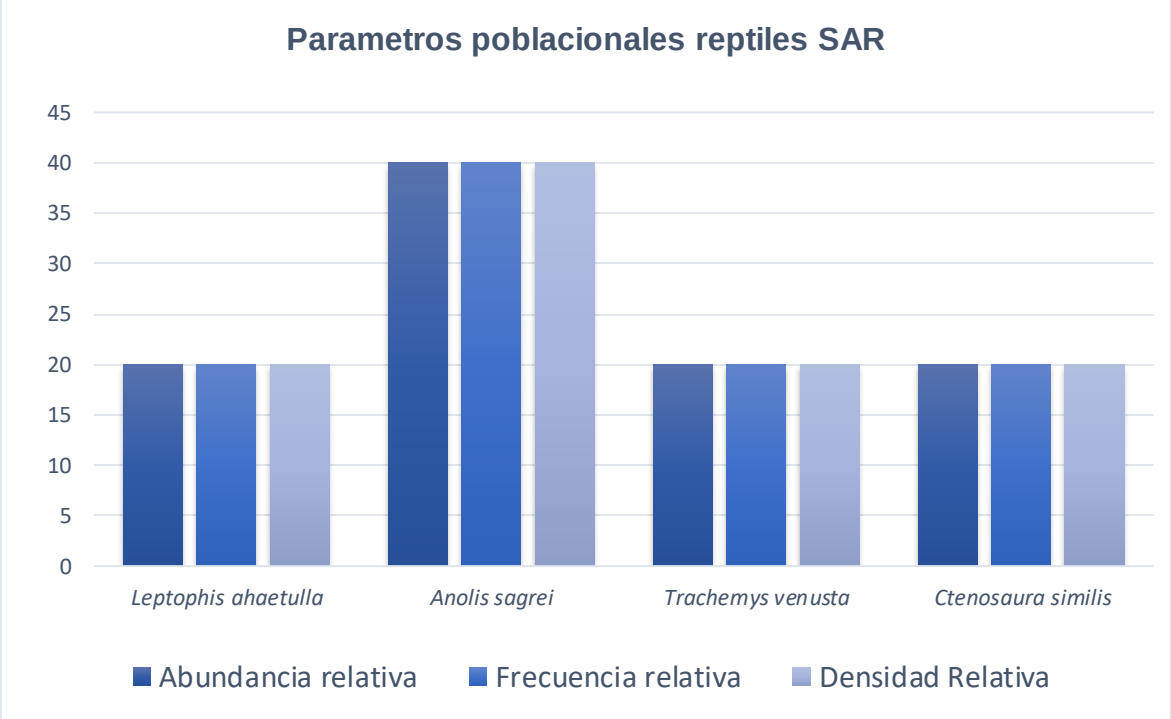


Figura 15. Parámetros poblacionales de los reptiles en el Sistema Ambiental

En el caso de los mamíferos presentes en el área del SAR, se registraron 19 organismos, de 8 especies pertenecientes a 7 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 16. Mamíferos registrados en el SAR

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Atelidae	Mono araña	*Ateles geoffroyi*	3
Canidae	zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	4
Cervidae	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	4
Cervidae	venado temazate	*Mazama americana*	2
Dasyproctidae	Sereque	*Dasyprocta punctata*	1
Procyonidae	Coati	*Nasua narica*	3
Procyonidae	mapache	*Procyon lotor*	2
Sciuridae	Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	13
TOTAL			**32**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de mamíferos encontrados en el Sistema Ambiental, observándose que la ardilla *Sciurus yucatanensis* fue la especie más abundante encontrada en los muestreos, resumiéndose en la siguiente gráfica.

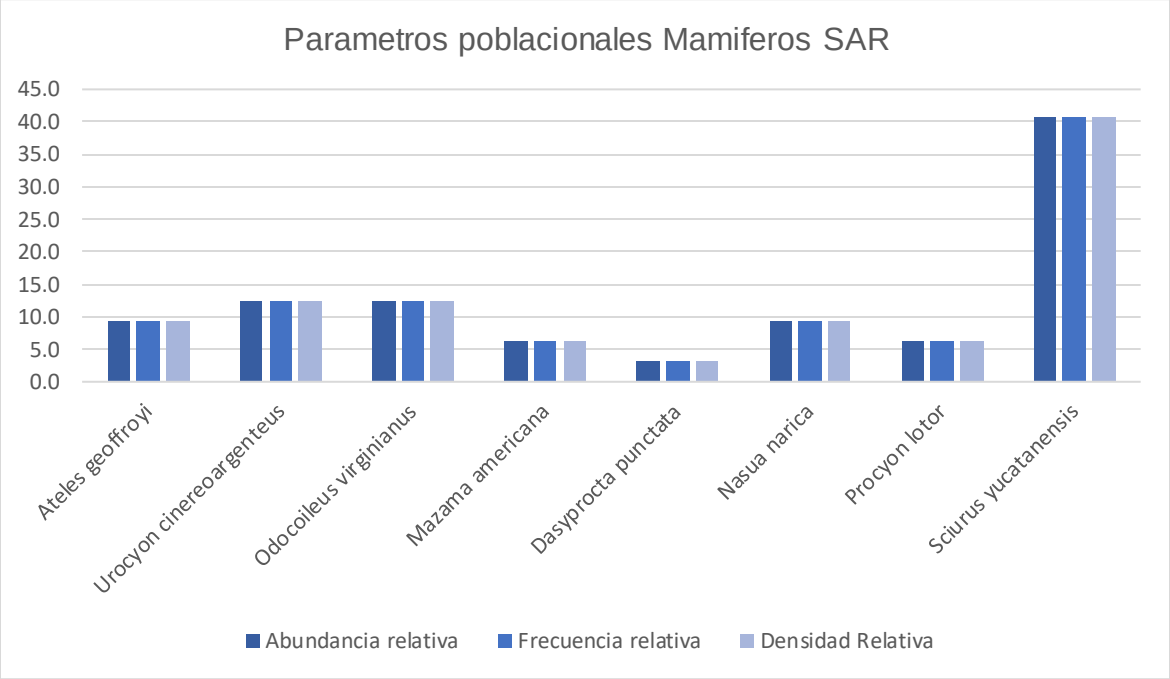


Figura 16. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el SAR.

En el caso de los muestreos obtenidos en el CUSTF, para las aves se registraron 50 organismos, de 17 especies pertenecientes a 10 familias y 5 órdenes ornitológicos, las familias más representadas fueron Corvidae, Icteridae y Tyrannidae, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 17. Listado de aves encontradas en el Área de CUSTF.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote cabeza negra	1
Corvidae	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	2
Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	3
Corvidae	*Psilorhinus morio*	Chara pea	4
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	4
Hirundinidae	*Petrochelidon fulva*	Golondrina pueblera	8
Icteridae	*Dives dives*	Tordito cantor	1
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria menor	2
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria mayor	2
Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle	3
Picidae	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco	2
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	3
Psittacidae	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio	3
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo pardo	2
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	4
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común mosquero	3
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	3
TOTAL			**50**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de aves encontradas en el Área de CUSTF, observándose al igual que en el Sistema Ambiental, que la golondrina pueblera es la especie más abundante en los muestreos, resumiéndose en la siguiente gráfica.

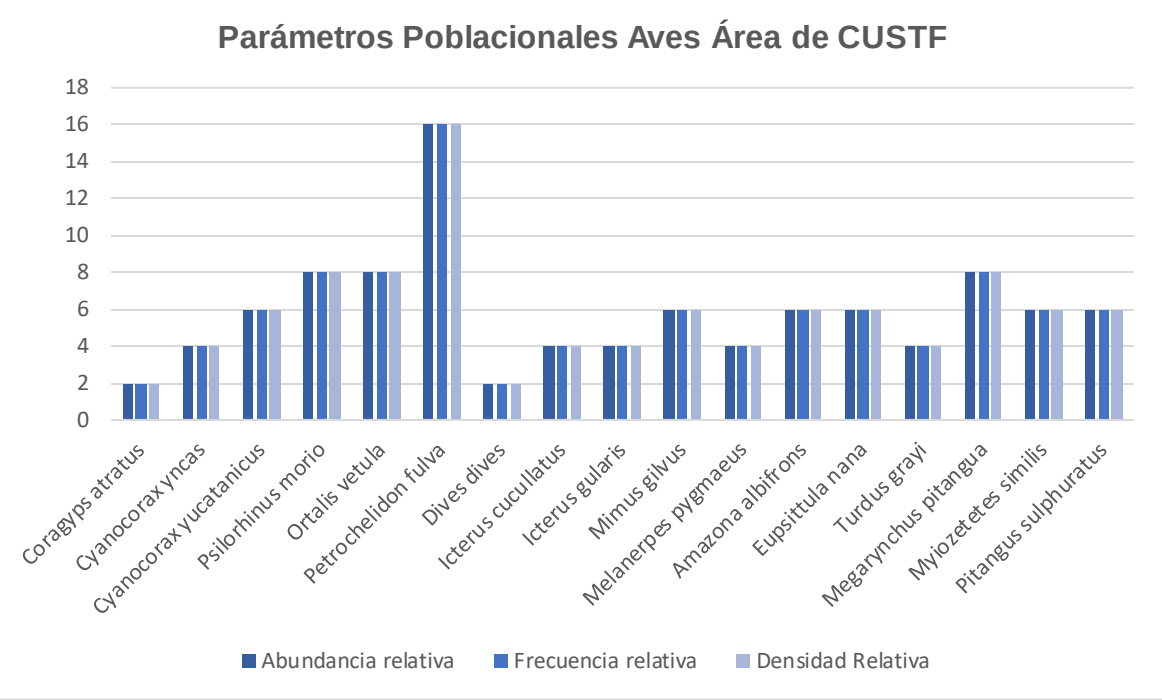


Figura 17. Parámetros poblacionales de las aves en el Área de CUSTF

En el caso del muestreo para herpetofauna, se registró únicamente un organismo, de 1 especie perteneciente a 1 familia zoológica, siendo el caso de la serpiente ratonera yucateca *Pseudalaphe phaescens*, caso contrario con el Sistema Ambiental donde se encontrón cuatro especies en sus muestreos.

En el caso de los mamíferos, se registraron 19 organismos, de 8 especies pertenecientes a 7 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 18. Mamíferos registrados en el Área de CUSTF

Familia	Nombre científico	Nombre común	Organismos registrados
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	**1**
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	**1**
Cervidae	*Mazama americana*	Venado temazate	**2**
Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	**2**
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	**2**
Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	**6**
TOTAL			**14**

Adicionalmente, se graficaron los parámetros poblacionales (Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Densidad relativa), de las especies de mamíferos encontrados en el Área de CUSTF, observándose al igual que en el Sistema Ambiental, que la ardilla *Sciurus yucatanensis* fue la especie más encontrada en los muestreos resumiéndose en la siguiente gráfica.

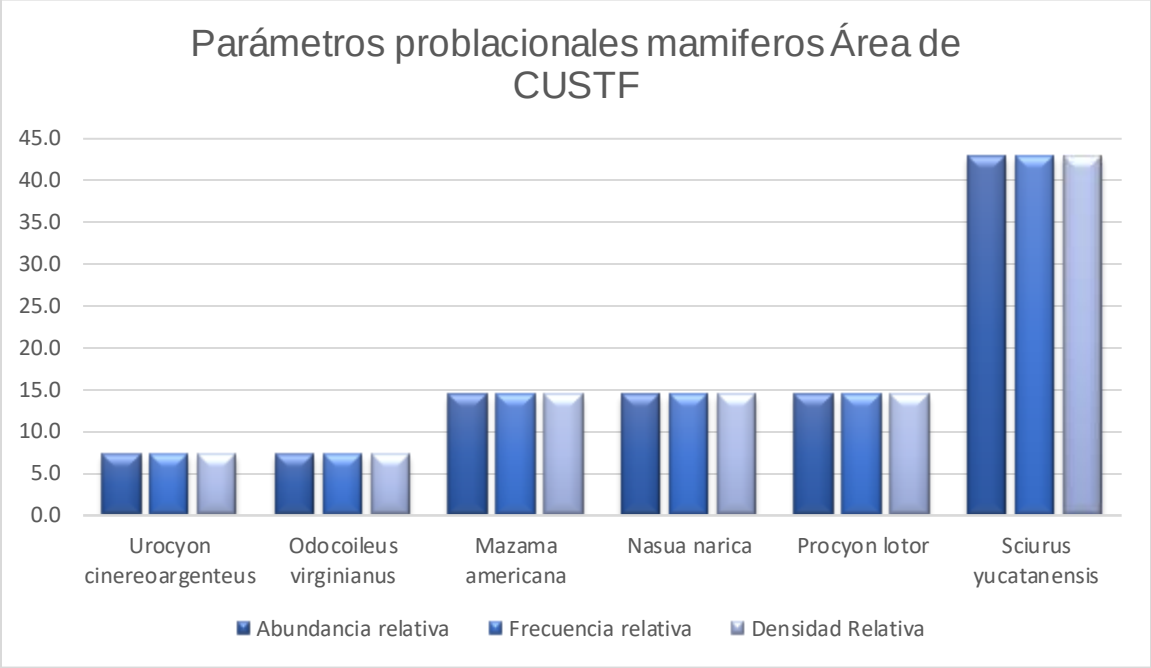


Figura 18. Parámetros poblacionales de los mamíferos en el SAR.

VI.1.1.3.2 Análisis comparativo de índices de diversidad de cada grupo faunístico

Con base en los cálculos realizados de los respectivos índices de diversidad para el Sistema Ambiental y el CUSTF, se puede observar

Tabla 19. Índices de diversidad de fauna en el SAR.

ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS		
	AVES	REPTILES	MAMÍFEROS
H (Shannon)	2.984	1.332	1.785
D (Dominancia)	0.073	0.28	0.2227
1-D (Simpson)	0.927	0.72	0.7773
Pielou (J')	**0.869**	**0.961**	**0.858**

En los resultados presentados anteriormente, el índice de Shannon-Wiener observado para Aves en fue de 2.984, siendo este un nivel medio de biodiversidad mientras que en el caso de reptiles fue de 1.332 y en mamíferos 1.785, los cuales corresponden a niveles bajos de biodiversidad.

Por otra parte, el índice de dominancia obtenido en aves fue de 0.073, en reptiles de 0.28 y en mamíferos de 0.2227, lo cual indica en el caso de las aves, la dominancia de especies es baja, es decir, su probabilidad de encontrar dos individuos escogidos al azar y que pertenezcan a la misma especie es baja, mientras que en el caso de mamíferos y aves. la dominancia es ligeramente mayor.

Para el caso de los respectivos índices de Simpson, en aves fue de 0.927, en reptiles de 0.72, mientras que en mamíferos fue de 0.7773, mostrando para el caso de las aves, una diversidad mayor que en el caso de los reptiles y mamíferos, cuya diversidad es menor a la de las aves.

Tabla 20. Índices de diversidad de fauna en el CUSTF.

ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS		
	AVES	REPTILES	MAMÍFEROS
H (Shannon)	2.712	-------	1.574
D (Dominancia)	0.075	----------	0.2551
1-D (Simpson)	0.925	----------	0.7449
Pielou (J')	**0.957**	**----------**	**0.879**

Como se puede observar en los resultados presentados anteriormente, el índice de Shannon-Wiener observado para Aves fue de 2.712, siendo este un nivel moderado de biodiversidad mientras que en el caso de los mamíferos es de 1.574, el cual corresponde a un nivel bajo, en el caso de los reptiles no fue posible calcular su diversidad dado que solo fue colectado un ejemplar durante todos los muestreos realizados, al final, es un indicador de que en esta zona puede haber pocos ejemplares de reptiles.

Por otra parte, el índice de dominancia obtenido en aves fue de 0.075 y en mamíferos de 0.2551, lo cual indica en el caso de las aves, la dominancia de especies es baja, es decir, su probabilidad de encontrar dos individuos escogidos al azar y que pertenezcan a la misma especie es baja, mientras que en el caso de mamíferos la dominancia es un poco mayor.

Para el caso de los respectivos índices de Simpson, en aves fue de 0.925 y en mamíferos de 0.7449, mostrando para el caso de las aves, una diversidad mayor que en el caso de mamíferos, cuya diversidad es menor a la de las aves.

VI.1.2 Que no se provocará la erosión de los suelos

VI.1.2.1 Análisis de la pérdida de suelo

VI.1.2.1.1 Erosión Hídrica

La erosión es la remoción del suelo causada por la acción de los agentes físicos, como el agua o el viento, razón por la cual las capas superiores y más fértiles dan paso a las pedregosas y áridas.

Para determinar cuál es el grado de erosión existente en el área para el cual se solicita el CUSTF es preciso estimar en qué proporción ocurre, por lo tanto, se realiza el cálculo de la tasa de erosión en el presente estudio. Se utilizó la fórmula universal de pérdida de suelo, la cual considera variables tales como pendiente, precipitación, cobertura de la vegetación y textura de suelo para estimar la tasa de erosión en un terreno determinado, expresado en m^3 o bien en toneladas.

La metodología es la siguiente:

$$Eh = IALLU \times CAERO \times CATEX \times CATOP \times CAUSO$$

Dónde:

Eh= Erosión hídrica
IALLU: Índice de agresividad de la lluvia (variable dependiente de la precipitación media anual)
CAERO: Coeficiente de erodabilidad (variable dependiente del tipo de suelo)
CATEX: Calificación de textura y fase del suelo

CATOP: Calificación de la topografía (porcentaje de pendiente)
CAUSO: Calificación por uso del suelo (cobertura de vegetación)

VI.1.2.1.1.1 IALLU

El índice de agresividad de la lluvia por su parte (IALLU), se determina mediante la siguiente expresión:

$$IALLU = 1.1244 \times (PECRE) - 14.7875$$

La variable PECRE se define como el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de vegetación. Su estimación se hace con base a la expresión:

$$PECRE = 0.2408 \times (PREC) - 0.0000372 \times (PREC)^2 - 33.1019$$

Dónde:

PREC = Precipitación media anual (mm)
La precipitación media anual es de 1,372.20 mm.

Determinación de la variable **PECRE**.

PECRE = 0.2408 x (1,372.20) – 0.0000372 x (1,372.20) ² – 33.1019
PECRE = 227.2788

Para la variable **IALLU** el valor fue:

IALLU = 1.1244 x (227.2788) – 14.7875
IALLU = 240.7646

VI.1.2.1.1.2 CAERO

Para esta variable existen los valores tabulados en la siguiente tabla considerando el tipo de suelo. Cabe señalar que, para el área propuesta para el CUSTF, fue observado un solo tipo de suelo, que es el Leptosol. Los resultados son los siguientes.

Tabla 21. Reclasificación de la edafología para el cálculo del Coeficiente de erodabilidad.

CAERO	Unidades de suelo							
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck	Cl
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx	Gc
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc	Lf
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa	Qc
	Qf	Q1	Rc	Th	Tm	U	Zm	
1	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk	Gd
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Kl	Lc
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl	Rd
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg	Zo

CAERO	Unidades de suelo							
2	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg	Gx
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg	Po
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We	Ws
	Wx	Xh	Xk	X1	Xy	Yh	Yk	Y1

El valor del CAERO para el suelo Leptosol es 2.0

VI.1.2.1.1.3 CATEX

El valor de esta variable está dado por el tipo de textura y fase de los suelos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX.

CATEX	Textura y Fase
0.2	**Gruesa**
0.3	Media
0.1	Fina
0.5	Fase pedregosa o gravosa

Para el suelo Leptosol, se observa una textura fina que tiene un valor **CATEX** de **0.1.**

VI.1.2.1.1.4 CATOP

Esta variable está directamente relacionada por la pendiente, el valor que asume, es el que se muestra a continuación.

Tabla 23. Valores de la pendiente para el cálculo de la variable CATOP.

CATOP	Clase de pendiente	Rango (%)
0.35	A	0 – 8
3.5	B	8 – 30
11	C	Mayor del 30

Debido a que la pendiente de toda el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (leptosol) es en promedio de 3.0%, el valor de **CATOP** es de **0.35** ya que dicha pendiente está ubicada entre el rango 0–8%.

VI.1.2.1.1.5 CAUSO

Esta variable queda determinada a partir del uso de suelo y vegetación en el sitio.

Tabla 24. Valores causo a partir de los usos del suelo.

Uso de suelo y vegetación	CAUSO
Agricultura de riego	0.8
Agricultura de temporal	0.8

Uso de suelo y vegetación	CAUSO
Asentamientos humanos	0
Bosque de encino	0.1
Bosque de encino secundario	0.11
Bosque de encino-pino	0.1
Bosque de galería	0.05
Bosque de pino-encino	0.1
Bosque de pino-encino secundario	0.11
Chaparral	0.11
Cuerpo de agua	0
Matorral desértico micrófilo	0.15
Matorral desértico rosetófilo	0.15
Mezquital	0.15
Pastizal halófilo	0.12
Pastizal inducido	0.12
Pastizal natural	0.12
Sin vegetación aparente	0.4
Vegetación de galería	0.1
Vegetación halófila	0.12
Zona urbana	0

La formación vegetal presente en el área del proyecto es vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, cuya fisonomía es similar al "bosque de encino secundario" el cual está presente en la tabla CAUSO, y cuyo valor es de 0.11.

Asimismo, cabe mencionar que para el escenario que tiene contemplada la implementación del proyecto, se considera que el CAUSO es "**sin vegetación aparente"**, el cual alcanza un valor de **0.4**.

Tomando los datos anteriores, se procedió a determinar la erosión hídrica por tipo de suelo en el área propuesta para el cambio de uso de suelo.

VI.1.2.1.1.6 Cálculo de erosión hídrica con el suelo leptosol en el CUSTF

La totalidad del área propuesta para el cambio de uso de suelo alcanza **20.44 ha**.

A continuación, se presentan los cálculos correspondientes para dicho tipo de vegetación:

Cálculo de la erosión sin proyecto en el área.

Eh = 240.7646 x 2.0 x 0.1 x 0.35 x 0.11 = 1.8539
Eh (total) = 1.8539 x 20.44 = 37.8935 m^3 x 1.435 = 54.3771 ton en 20.44 ha
Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m^3)

Cálculo de la erosión con proyecto en el área:

Eh = 240.7646 x 2.0 x 0.1 x 0.35 x 0.4 = 6.7414 m³/ha
Eh (total) = 6.7414 x 20.44 = 137.7944 m³ x 1.435 = 197.7350 ton en 20.44 ha.

Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m³)

Tabla 25. Estimación de la erosión con suelo leptosol.

Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia, Leptosol		
Variable	**Estimación sin proyecto**	**Estimación con proyecto**
	Valor	**Valor**
PECRE	227.2788	227.2788
IALLU	240.7646	240.7646
CAERO	2	2
CATEX	0.1	0.1
CATOP	0.35	0.35
CAUSO	0.11	0.4
Tasa de erosión m³/ha	1.8539	6.7414
Erosión Total del predio en m³ (20.4400 ha)	**37.8935**	**137.7944**

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la estimación de la erosión por tipo de vegetación antes del proyecto y también después del mismo, en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

Incremento de la erosión hídrica = 197.7350 – 54.3771 = 143.3579

Tabla 26. Comparación de la erosión hídrica antes y después del CUSTF.

Polígono	**Antes del CUSTF**		**Después del CUSTF**		**Diferencia a mitigar (toneladas)**
	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	**Erosión Total (toneladas)**	**Tasa de Erosión/Ha (toneladas)**	**Erosión Total (toneladas)**	
Erosión total del predio (20.4400 ha)	2.6603	54.3771	9.6739	197.7350	143.3579
		54.3771		**197.7350**	**143.3579**

Al realizar el comparativo entre la tasa erosiva total antes del CUSTF, tenemos una diferencia de **143.3579 toneladas** en **20.44 ha**. Esta cantidad refleja lo que deberá mitigarse o compensarse con la propuesta de medidas de conservación al componente suelo, para así dar atención al precepto de excepción del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que señala que el proyecto no genera erosión del suelo. Este apartado se desarrolla a continuación:

VI.1.2.1.1.7 Estimación del potencial de captura de suelo de las obras propuestas

Los tipos de obras a construir como medidas de mitigación por el desarrollo del CUSTF se tomaron en base a las características del terreno: clima, topografía, suelo, etc., así como la disponibilidad de material en el terreno para su elaboración.
Para definir la cantidad de obras a construir, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Su capacidad de retención de sedimentos
- La cantidad de suelo que debe mitigarse son **143.3579 toneladas**, de acuerdo con las estimaciones presentadas en el apartado anterior.
- El Colegio de Postgraduados, por ejemplo, señala que para calcular la capacidad de retención de suelo (m^3 o ton) de las obras es mediante la determinación del volumen de los sedimentos retenidos aguas arriba a través de la cubicación de estos según su geometría. El resultado se expresa primero en volumen y luego de acuerdo con el peso específico de los sedimentos, se calcula el peso expresado en toneladas (CONAFOR-CP-SEMARNAT, 2008).

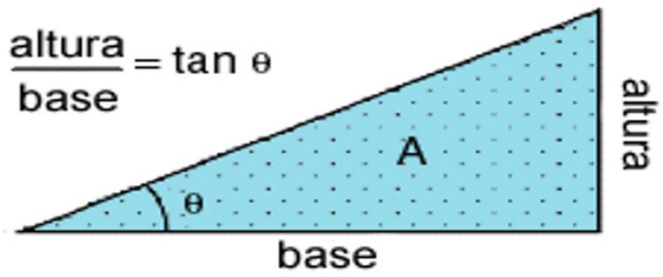
A continuación, se desarrollan los cálculos que indican la capacidad de retención de sedimentos de una obra propuesta como medida de mitigación del proyecto en cuestión.



Figura 19. Ejemplo de obra de conservación de suelo.

Se definió que los sedimentos retenidos pendiente arriba de las obras de conservación de suelo y agua tienden a formar un prisma triangular en el área donde se acomoda el material vegetal muerto. De acuerdo con las siguientes fórmulas se procede a determinar el volumen acumulado con la siguiente expresión:

$$\text{grado de pendiente} = \theta$$



$$b = a / \tan \Theta$$

Dónde:

a = altura de la obra de conservación (cateto opuesto)
b= longitud de acumulación de sedimentos (cateto adyacente)
Θ = pendiente promedio del terreno (3% = 1°21')
tan Θ = tan1°21' = 0.0236 (de tablas)

A = (a x b) / 2

Dónde:
A= área del triángulo rectángulo

V = A x l

Dónde:

V = volumen del cuerpo prismático triangular
l = largo de la obra = 55 m

Al sustituir los valores en las ecuaciones, tenemos que:

b= 0.30 / 0.0236 = 12.712 m
A= (0.3 x 12.712) / 2 = 1.91m²

V = 1.91 x 55
V= 104.87 m³
Determinado el volumen del cuerpo prismático triangular que se formaría con la acumulación de sedimento, se procedió a estimar la cantidad de suelo retenido en toneladas, utilizando el peso volumétrico del suelo con la siguiente expresión:

$$SR = V \times Pv$$

Dónde:

SR = suelo retenido
V = volumen del prisma triangular (m^3)
Pv = Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m^3)

Al sustituir los valores, se tiene que la cantidad de suelo del tipo leptosol retenido por la obra: acomodo de material vegetativo muerto es de:

SR = 104.87 X 1.435 = **150.4926 ton**

Número de obras propuestas**: Una barrera con acomodo de material vegetativo muerto**, la cual tiene el potencial de retener **150.4926** toneladas de suelo leptosol en 20.44 ha.

Por otro lado, el resumen de la erosión se presenta a continuación.

Tabla 27. Erosión total de suelo leptosol.

Erosión	Sin proyecto	Con proyecto
Tasa de erosión/ha (ton)	2.6603	9.6739
Tasa de erosión total (ton)	54.3771	197.7350

La erosión por hectárea obtenida sin la implementación del proyecto es de **2.6603 toneladas/ha.**

La erosión por hectárea obtenida con la implementación del proyecto es de **9.6739 toneladas/ha.**

La erosión en las **20.44 hectáreas** obtenida sin la implementación del proyecto es de **54.3771 toneladas**.

La erosión en las **20.44 hectáreas** obtenida con la implementación del proyecto es de **197.7350 toneladas**.

El incremento o diferencia en toneladas de la erosión total del suelo que deberá mitigarse con las obras de conservación de suelos es de **150.4926 ton**, para lo cual se propone construir de manera temporal (al menos durante el tiempo que dure la etapa de construcción) una obra de restauración del tipo conocido como **acomodo de material vegetativo muerto** con 55 m de longitud, con la cual se logrará retener dicha pérdida de suelo durante al menos el periodo de tiempo en que la superficie del mismo se encontrará expuesta.
El potencial total de retención de la obra de conservación de suelo y agua que se propone construir es de **150.4926 toneladas**, cantidad que supera por **7.1347 toneladas**, al peso de los sedimentos que se estima deberán mitigarse con la eventual ejecución del CUSTF.

Tabla 28. Erosión a mitigar y el total que se capta con las obras propuestas en suelo leptosol.

Diferencia de la erosión a mitigar (toneladas)	143.3579
Retención de las obras de restauración (toneladas)	150.4926
Excedente de retención de las obras de restauración (toneladas)	7.1347

VI.1.2.1.1.8 Estimación del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuesta

Para el cálculo de la infiltración con las obras de conservación de suelo se manejaron parámetros del potencial de infiltración para el acomodo de material vegetativo muerto publicadas en el estudio

"Evaluación externa de los apoyos de restauración de suelos 2007" de la CONAFOR, donde este tipo de obras de conservación de suelo y agua, infiltra el 45.93% de la precipitación en clima húmedo.

Tabla 29. Porcentaje de la precipitación infiltrada por tipo de obra y clima para obras en ladera (2007 y años anteriores). Fuente: colegio de postgraduados. Evaluación externa de los apoyos de suelos forestales 2007.

Tipo de obra	2007			Años anteriores (2004-2006)			General		
	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)
Clima húmedo	**840.6**	**345.41**	**37.26**	**982.87**	**485.14**	**49.1**	**888.02**	**391.99**	**41.21**
Acomodo de material vegetativo muerto	----	----	----	903.73	415.09	45.93	903.73	415.09	**45.93**
Barreras de piedra en curvas a nivel	717.35	233.85	zz32.60	----	----	----	717.35	233.85	32.6
Roturación	368.27	94.95	25.78	----	----	----	368.27	94.95	25.78
Sistema de zanja a bordo	1410.53	693.44	49.16	----	----	----	1410.93	693.44	49.16
Terrazas individuales	866.25	359.4	41.49	1062.02	555.19	52.28	964.13	457.29	46.88
Clima seco	**354.89**	**121.15**	**32.04**	**438.45**	**161.56**	**34.88**	**382.74**	**134.62**	**32.99**
Acomodo de material vegetativo muerto	559.25	218.4	35.7	439.53	156.23	33.2	469.456	171.77	33.83
Bordos en curva a nivel	280.96	109.97	35.01	491.09	274.82	55.93	310.98	133.52	38
Roturación	299.84	40.67	11.57	----	----	----	299.84	40.67	11.57
Sistema de zanja a bordo	376.84	126.21	31.59	----	----	----	376.84	126.21	31.59
Terrazas de formación sucesiva	344.29	112.61	34.45	367.16	92.67	25.24	348.86	108.62	32.61
Terrazas individuales	410.53	140.5	33.4	387.77	131.56	31.78	402.95	137.52	32.86

Tipo de obra	2007			Años anteriores (2004-2006)			General		
	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada	Ppt.	Infil.	Ppt infiltrada
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)
Zanjas trincheras (tinas ciegas)	463.95	151.42	32.64	470.5	160.44	32.89	469.74	158.93	32.85
Clima templado	**60.09**	**221.86**	**36.43**	**611.61**	**243.7**	**39.28**	**608.41**	**231.06**	**37.63**
Acomodo de material vegetativo muerto	648.16	225.45	34.78	----	----	----	648.16	225.45	34.78
Barreras de piedra en curvas a nivel	534.3	114.29	18.6	332.86	144.38	43.16	433.58	129.34	30.88
Sistema de zanja a bordo	625.01	229.25	37.67	808.29	283.71	35.31	703.56	252.59	36.66
Terrazas individuales	622.56	260.06	41.76	607.33	253.16	38.74	616.7	257.4	40.6
Zanjas trincheras (tinas ciegas)	590.95	204.22	34.96	609.74	248.91	40.42	599.62	224.85	37.48
General	**475.36**	**171.36**	**33.93**	**545.65**	**216.04**	**37.63**	**501.18**	**187.77**	**35.29**

De esta forma tenemos que la obra de conservación de suelo y agua conocida como acomodo de material vegetativo muerto que se propone, tiene las siguientes dimensiones: 55 m de largo por 0.3 m de altura y 12.712 m de profundidad, con forma de un prisma triangular.

Tabla 30. Resumen del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo.

Obra de Restauración	CONAFOR	PROYECTO	
	Precipitación infiltrada (%)	Precipitación (mm)	Potencial de infiltración con las obras de conservación de suelo y agua (m^3)
Acomodo de material vegetativo muerto	**45.93**	**1,372.20**	**128,823.40**

Esto significa que con una precipitación media de 1,372.20 mm anuales (1.3722 m) en una superficie de total de 204,400.00 m² (20.44 ha) que corresponde al área propuesta para el cambio de uso del suelo; con la construcción de una obra de conservación de suelo y agua conocida como "acomodo de material vegetativo muerto" de las dimensiones ya mencionadas, en el área del proyecto se tiene una precipitación anual de 280,477.68 m³, si bien con las obras propuestas y de acuerdo con la información proporcionada por CONAFOR, en climas húmedos, se tiene la capacidad de retener el 45.93% de la precipitación anual que se presenta en el área del CUSTF. Por lo tanto, el potencial de infiltración total alcanza un volumen de **128,823.40 m³.**

VI.1.2.1.2 Erosión Eólica

De acuerdo con Wilson (1984), citado por Becerra, M. A. (2005) la erosión eólica es "el proceso por el cual el viento recoge y trasporta el material del suelo, y las partículas por él llevadas desgastan la superficie del terreno". Así mismo, Becerra, M. A. (2005) señala que el viento causará erosión sólo si el suelo ya está "suelto" o si lleva partículas en suspensión, pero difícilmente lo hará sin estas condiciones.

Dicho autor indica que este proceso erosivo ha sido grave en la mayoría de los casos después de que el hombre, los animales, los insectos o las enfermedades han agotado o suprimido la vegetación. Sin dejar de mencionar que, en algunos casos la falta de vegetación se debe a causas naturales, básicamente relacionadas con el clima.
En este sentido, el ITESM et al (1998), indica que la erosión eólica se presenta de manera predominante en las zonas áridas y semiáridas, si bien claramente se verifica en menor proporción en aquellas regiones con vegetación arbórea densa durante la estación seca.

Dichos autores indican que este tipo de erosión afecta al 43% de la superficie de México con niveles severos, es decir, una velocidad de erosión de 50 a 200 toneladas por hectárea por año; al 33% con niveles moderados (10 a 50 ton/ha/año); y al 17.6% de la superficie total del país, con niveles muy severos, con velocidades de pérdida de suelo superiores a las 200 toneladas por hectárea por año. La metodología empleada para determinar la cantidad de suelo que se erosionará durante las actividades de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales fue la siguiente:

Ee = IAVIE * CATEX * CAUSO

Donde:
Ee es la Erosión eólica (ton/ha/año)
IAVIE es el Índice de Agresividad del Viento
CATEX es el Índice de Textura Edáfica y Fase Física
CAUSO es el Índice por Efecto del Uso del Suelo

El procedimiento asigna a cada punto del territorio o zona de evaluación un valor de susceptibilidad a la erosión en función de la clase textural o fase física del suelo (CATEX) y un valor dependiendo del tipo de vegetación y/o uso del suelo (CAUSO).

VI.1.2.1.2.1 CATEX

Tabla 31.Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX.

CATEX	Textura y Fase
0.5	Fase pedregosa o gravosa
0.2	**Gruesa**
0.3	Media
0.1	Fina

Para obtener la calificación de CATEX, se revisó en la carta de INEGI el tipo de suelo en la superficie propuesta para el cambio de uso del suelo, el cual corresponde a 20.44 ha de superficie cubierta con suelo leptosol con textura fina, por lo tanto, el valor **CATEX es de 0.1**.

VI.1.2.1.2.2 CAUSO

Estos valores corresponden al uso de suelo y vegetación y se obtuvieron a partir de la siguiente tabla:

Tabla 32. Valores generales del causo a partir de los usos del suelo.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	PERMEABILIDAD DEL SUELO		
	A	B	C
Bosque de pino. Bosque mixto de pino. Bosque de oyamel. Bosque De táscate. Bosque mesófilo de montaña. Selva mediana subperennifolia. Selva baja caducifolia. Bosque de encino. Bosque de galería.	0.07	0.16	0.24
Bosque de pino perturbado. Bosque mixto de pino-encino perturbado. Bosque de oyamel perturbado. Bosque de galería perturbado. Bosque de táscate perturbado. Bosque mesófilo de montaña perturbado. Selva mediana subperennifolia perturbado. Bosque de encino perturbado.	0.12	0.22	0.26
Vegetación secundaria. Matorrales y vegetación arbustiva de porte bajo	0.22	0.28	0.3
Pastizal	0.2	0.24	0.3
Agricultura	0.24	0.27	0.3
Asentamientos humanos	0.28	0.29	0.32
Cuerpo de agua	0	0	0
Vialidades	0.27	0.3	0.33
Banco de materiales	0.26	0.28	0.3
Sin vegetación aparente	0.4	0.4	0.4

Para la Calificación del Uso de Suelo (CAUSO), nos basamos en los resultados del muestreo de vegetación, así como en la clasificación de vegetación del INEGI serie VII. De esta forma, conociendo la permeabilidad del suelo podemos obtener el valor de dicha variable.

Tabla 33. Clasificación de los suelos tomando como referencia a la permeabilidad.

TEXTURA	DESCRIPCIÓN
A	Suelos permeables tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables tales como arena de mediana profundidad son algo más compactos que los correspondientes a los suelos en terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable o bien arcillas

El valor de **CAUSO es 0.26** antes del proyecto, debido a que la permeabilidad del suelo puede considerarse como C (suelos casi impermeables) y el área correspondiente se encuentra cubierta por vegetación de "selva mediana subperennifolia perturbada".
Con la implementación del proyecto, el valor de **CAUSO es de 0.4** debido a que su permeabilidad es del tipo C y el área puede ser considerada "Sin vegetación aparente".

VI.1.2.1.2.3 IAVIE

Con un valor PECRE de 227.2788, el cual fue calculado en el apartado de la erosión hídrica, se procedió a determinar el Índice de Agresividad del Viento (IAVIE), mediante la siguiente fórmula:

IAVIE = 160.8252 - 0.7660 (PECRE)
Sustituyendo:

IAVIE = 160.8252 - 0.7660 (227.2788)
IAVIE = -13.2703

VI.1.2.1.2.4 Resultados de la erosión eólica actual en el área de CUSTF

Para calcular el valor de la erosión eólica se utilizaron los valores de CAUSO, CATEX y de IAVIE obtenidos en los apartados anteriores.

Los resultados se presentan a continuación:
Sin proyecto.
Ee = -13.2703*0.1*0.26 = -0.3450 ton/ha
Ee = -0.3450*20.44 = -7.0524 ton/20.44 ha

Con proyecto.
Ee = -13.2703*0.1*0.4 = -0.5308 ton/ha

Ee = -0.5308*20.44 = -10.8498 ton/20.44 ha

El área propuesta para el CUSTF actualmente (sin proyecto) presenta una erosión eólica de -0.3450 ton/ha; los cuales pueden considerarse "sin erosión" debido a que presentan un valor negativo. Si bien aún con proyecto, la erosión eólica es de -0.5308 ton/ha, también se consideran "sin erosión" debido al valor negativo.

Tabla 34. Erosión eólica con y sin proyecto.

Erosión eólica sin proyecto		**E. eólica total**	**Diferencia a mitigar**
-0.3450	ton/ha/año	-7.0524	
Erosión eólica con proyecto		E. eólica total	-3.7974
-0.5308	ton/ha/año	-10.8498	

En la tabla anterior se puede observar que la erosión eólica total sin proyecto en las 20.44 ha. es de -7.0524 ton y con proyecto en la misma superficie alcanza un total de –10.8498 ton. Por lo tanto, la diferencia a mitigar es de -3.7974 ton. en las 20.44 ha. del CUSTF, es decir, NO existe erosión eólica en el área del proyecto.

Si regresamos a la erosión hídrica, recordaremos que tenemos un excedente de mitigación de erosión de **7.1347 toneladas**, por lo tanto, se mantiene este excedente ya que NO se pierde suelo debido a que la erosión eólica prácticamente es inexistente en el área del CUSTF. A continuación, se presenta la tabla donde aparece la erosión hídrica y eólica en conjunto.

Tabla 35. Erosión hídrica, eólica, mitigación y residual.

Erosión		**Erosión Sin Proyecto (Ton.)**	**Erosión Con Proyecto (Ton.)**	**Diferencia a mitigar (Ton.)**	**Diferencia total a mitigar (Ton.)**	**Aplicación de obras de mitigación (ton)**	**Residual (ton)**
Hídrica	Erosión /Ha/Año	2.6603	9.6739	7.0136	**143.3579**	**150.4926**	**7.1347**
	Erosión /CUSTF/Año	54.3771	197.7350	**143.3579**			
Eólica	Erosión /Ha/Año	-0.3450	-0.5308	-0.1858			
	Erosión /CUSTF/Año	-7.0524	-10.8498	**-3.7974**			

Al mitigar las dos erosiones (hídrica y eólica) con una obra de conservación de suelo y agua que tiene la capacidad de retener **150.4926 toneladas**, nos queda un residual positivo de mitigación de **7.1347 toneladas** debido a que NO existe diferencia a mitigar con la erosión eólica (-3.7974 toneladas). Por lo tanto, este proyecto es factible ya que cumple lo establecido en el artículo 93 de la LGDFS, es decir, que no se compromete la erosión de los suelos.

De manera complementaria, es necesario realizar una serie de prácticas para la conservación de los suelos durante la etapa constructiva.

VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la cantidad del agua o la disminución en su captación

VI.1.3.1 Balance Hídrico e Infiltración

El concepto de balance en hidrología, hace referencia al equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado y para el cual existen una gran variedad de fórmulas aplicables a diferentes escenarios. El estudio del balance hídrico es complejo ya que las variables generalmente utilizadas para tal calculo no son independientes unas de otras.

Jiménez (1994) citado por Aguilar (2010), menciona que el balance hídrico es una representación teórica del intercambio de agua entre la vegetación, el suelo y la atmósfera dentro del cual intervienen gran cantidad de variables aplicables a toda clase de escenarios. El balance hídrico da como resultado la cantidad de agua disponible luego de restar lo referente a la intercepción, evapotranspiración, escurrimiento superficial, infiltración y recarga subterránea.

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, a partir de la forma en que el agua que se recibe por precipitación, se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración. De acuerdo con Sánchez San Román (2001) citado por Aparicio et ál., (2006)ii, se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por precipitación y después en forma de escorrentía superficial y subterránea. La fórmula general que se utiliza en el balance hidrológico es la siguiente:

PRECIPITACIÓN – EVAPOTRANSPIRACIÓN = ESCORRENTÍA SUPERFICIAL + INFILTRACIÓN

La metodología utilizada para calcular el balance hídrico del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se basó en la metodología antes mencionada. Para el cálculo del balance hídrico se tomó la ecuación citada por Pladeyra, (2003), la estimación de la precipitación, evapotranspiración real y escurrimiento se siguió la metodología mencionada por Aparicio et al., (2006).

VI.1.3.1.1 Precipitación

Para determinar la variable de precipitación se tomó como referencia la precipitación media anual con el fin obtener el volumen total de lluvia caída en un año, a partir de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

VI.1.3.1.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración es la conjunción de dos procesos: la evaporación y la transpiración. La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas transfieren agua a la atmósfera, toman agua del suelo a través de sus raíces, una pequeña parte es para su nutrición y el resto lo transpiran. Como es difícil medir ambos procesos por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera, se calculan conjuntamente bajo el concepto mixto de evapotranspiración. Existen numerosas fórmulas, teóricas o semiempíricas, y procedimientos de cálculo para estimar la evapotranspiración considerando parámetros climatológicos, agrícolas e hidrológicos.

Para la estimación de la evapotranspiración se requieren los datos de precipitación y temperatura; los datos fueron obtenidos mediante el promedio de estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto. Para el cálculo de la evapotranspiración, se utilizó la fórmula de Coutagne:

$$ETR = P - XP^2$$

Donde

ETR = Evapotranspiración real, m/año
P = Precipitación media anual, m/año
t = Temperatura media anual en °C

VI.1.3.1.3 Coeficiente de escurrimiento

En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual de la cuenca en estudio, se clasifican los suelos del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 36. Coeficiente de escurrimiento por usos de suelo.

Uso de Suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, arenas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			

Uso de Suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Mas del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50% al 75% -regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25% al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3
A Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos			
B Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos **A**; terrenos migajosos			
C Suelos impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcilla			

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante alguna de las fórmulas siguientes:
Si **K** resulta menor o igual que 0.15:

$$Ce = \frac{K\,(P - 250)}{2000}$$

Si **K** es mayor o igual que 0.15:

$$Ce = \frac{K\,(P - 250)}{2000 + \left(\frac{K - 0.15}{1.5}\right)}$$

VI.1.3.1.4 Volumen precipitado en la superficie del CUSTF

El cálculo del volumen de precipitación (m^3) se determina por medio de:

Vp = P*SCUSTF

Dónde:

Vp= Volumen precipitado en la superficie del CUSTF
P= Precipitación en m³/año = 1.3722 m /año
SCUSTF = Superficie de Cambio de Uso del Suelo

SCUSTF total= 20.44 ha = 204,400.00 m²

Vp total = 1.3722 * 204,400.00 = 280,477.68 m³

VI.1.3.1.5 Estimación de Evapotranspiración

De acuerdo con los datos de precipitación y temperatura promediados de las estaciones meteorológicas consideradas, se procedió como primer paso a estimar el valor de la ETR de acuerdo con la fórmula de Coutagne:

$ETR=P-XP^2$

Dónde:

ETR= Evapotranspiración
P= Precipitación en m/año
X= 1/(0.8+0.14t), donde t= temperatura media anual de las estaciones climatológicas.
Temperatura en el área de CUSTF = 26.5°C

$$X = \frac{1}{0.8 + 0.14t}$$

X= 1 / (0.8 + (0.14*26.5))
X= 0.2217

ETR = 1.3722 – (0.2217*1.3722²) =
ETR = 1.3722 – (0.2217*1.8829) =
ETR = 1.3722 – 0.4175 = **0.9547**

El volumen de ETR por tipo de vegetación es:
VOL (ETR) = 280,477.68 * 0.9547 = 267,771.55 m³

VI.1.3.1.6 Estimación de Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Sin proyecto.
En suelo leptosol (textura fina, C) se determinó el valor de K= 0.26 de acuerdo con las condiciones actuales de cobertura de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia sin proyecto (vegetación cubierta del 50 al 75%).

Coeficiente de escurrimiento sin proyecto.
Ce = (0.26*(1,372.2-250)) / ((2000 + ((0.26-0.15) /1.5)
Ce = ((0.26*1,122.2) / (2000 + 0.07)
Ce = 291.77 / 2000.07 = 0.1459

Con proyecto.
En suelo leptosol (textura fina, C) el valor de K = 0.30 de acuerdo con las condiciones de cobertura con proyecto (barbecho, arenas incultas y desnudas).

Coeficiente de escurrimiento con proyecto.
Ce = (0.30*(1,372.2-250)) / ((2000 + ((0.30-0.15) /1.5)
Ce = ((0.30*1,122.2) / (2000 + 0.10)
Ce = 336.66 / 2000.10 = 0.1683

Mitigación
Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento en suelo leptosol (textura fina, C) se determinó el valor de K= 0.24 de acuerdo con las condiciones de cobertura para la mitigación (con más del 75% de cubierta vegetal).

El coeficiente de escurrimiento con mitigación.
Ce = (0.24*(1,372.2-250)) / ((2000 + ((0.24-0.15) /1.5)
Ce = ((0.24*1,122.2) / (2000 + 0.06)
Ce = 269.33 / 2000.06 = 0.1347

VI.1.3.2 Cálculo del Balance hídrico para el suelo leptosol

Resultados del volumen de agua que se infiltra en las condiciones actuales (sin proyecto), considerando un valor del parámetro K= 0.26 para suelo leptosol, con una cobertura de copa del 50 al 75% con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. De esta manera, el volumen total precipitado en el área del CUSTF alcanza los **280,477.68 m³** al año, de los cuales un **95.47%** es el volumen de evapotranspiración (267,771.55 m³), permitiendo que escurra el **14.59%** del agua precipitada (40,916.27 m³), en tanto que el -**10.06%** es la totalidad del volumen que se infiltra al subsuelo, es decir, -28,210.14 m³, por lo tanto, podemos afirmar que NO se produce infiltración de agua pluvial debido a que el resultado es negativo. Tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 37. Resumen del balance hídrico sin proyecto (actual) en el área sujeta al CUSTF.

Balance hídrico	m³/año	%
Volumen precipitado	280,477.68	100.00%
Volumen EVT	267,771.55	95.47%
Escurrimiento	40,916.27	14.59%
Infiltración	**-28,210.14**	-10.06%

VI.1.3.3 Cálculo de la infiltración una vez ejecutado el CUSTF (con proyecto)

Para realizar la estimación del volumen de agua que se dejaría de infiltrar con el escenario de haber realizado el CUSTF, se utilizó la misma metodología y los mismos parámetros, con excepción del valor de K en el proceso de obtención del escurrimiento, el cual ahora fue de **0.30** para suelo del tipo leptosol en condiciones de "barbecho, arenas incultas y desnudas". De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 38. Resumen del balance hídrico después de realizar el CUSTF.

Balance hídrico	m³/año	%
Volumen precipitado	280,477.68	100.00%
Volumen EVT	267,771.55	95.47%
Escurrimiento	47,210.45	16.83%
Infiltración	**-34,504.32**	-12.30%

Bajo el escenario de haber realizado el CUSTF se tiene que el volumen de escurrimiento tiende a aumentar como consecuencia de la eliminación de la vegetación. Así tenemos que el volumen total precipitado alcanza los **280,477.68 m³** al año, de los cuales el **95.47%** es el volumen de evapotranspiración (267,771.55 m³), permitiendo entonces que en total escurra el 16.83% del agua precipitada (47,210.45 m³) y pueda infiltrarse al subsuelo el -12.30**%** del volumen pluvial, es decir, NO se verifica ninguna infiltración debido a que el resultado obtenido es negativo.

VI.1.3.4 Cálculo de la diferencia antes y después del proyecto.

Así tenemos que la diferencia entre el escurrimiento sin proyecto (actual) y el escurrimiento después de implementado el proyecto, es de 6,294.18 m³/ año, que es el volumen a mitigar.

Tabla 39. Diferencia entre escurrimiento previo y posterior al CUSTF.

Escurrimiento sin proyecto (m³)	40,916.27
Escurrimiento con proyecto (m³)	47,210.45
Diferencia entre el volumen previo y posterior al CUSTF (m³)	6,294.18

VI.1.3.5 Cálculo de la infiltración con medidas de mitigación.

Las medidas de mitigación consisten en el incremento de la cobertura vegetal (más del 75%), lo cual estará contribuyendo a la captación de agua. Para efectos de estimar el volumen que se captará con esta práctica vegetativa, se utilizó la misma metodología y los mismos parámetros que en los casos anteriores, siendo ahora que el valor de K para suelo leptosol es de 0.24.

Tabla 40. Medidas de mitigación.

Medidas de mitigación: Incremento de la cobertura del 50% al 75%	Resultado del incremento de la cobertura en la zona de conservación.
Balance Hídrico	m^3/año
Volumen precipitado	280,477.68
Volumen EVT	267,771.55
Escurrimiento	37,770.25
Infiltración	**-25,064.12**

VI.1.3.6 Cálculo potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuestas

En cálculo de la infiltración con las obras de conservación de suelo y agua, se manejaron parámetros del potencial de infiltración para las prácticas de "acomodo de material vegetativo muerto" reportados en la **"Evaluación externa de los apoyos de restauración de suelos 2007"** realizada para la CONAFOR por el Colegio de Postgraduados, donde se reporta que en clima húmedo se tiene una infiltración del 45.93% de la precipitación en la zona. De tal manera que en el área del proyecto es posible lograr una infiltración de **128,823.40 m³** con el acomodo de material vegetativo muerto (que será implementado al menos durante la etapa de preparación del sitio). Que sumado al volumen que no se infiltra por efecto de las medidas de mitigación, es decir, **-25,064.12 m³** (no se verifica infiltración debido a que se obtiene un valor negativo), mantenemos un volumen de 128,823.40 **m³**, lo cual es muy superior a la diferencia a mitigar entre el volumen previo y posterior al CUSTF (**6,294.18 m³**); de tal manera que obtendríamos un excedente de **122,529.22 m³**, demostrando así que no se compromete la captación del agua. En la siguiente tabla se resumen los tres escenarios:

Tabla 41. Resumen de los tres escenarios.

Escenario	ESCENARIO E1	ESCENARIO E2	Diferencia total a mitigar (m^3)	ESCENARIO E3	
	Condiciones actuales (sin proyecto)	Realizando el CUSTF (sin medidas de mitigación)		Una vez realizado el CUSTF y ejecutando las medidas de Mitigación	
				Incremento de la cobertura a más de 75%	Acomodo de material vegetativo muerto
Balance hídrico	m^3/año	m^3/año	-----	m^3/año	-----
Volumen precipitado	280,477.68	280,477.68	-----	280,477.68	-----
Volumen EVT	267,771.55	267,771.55	-----	267,771.55	-----
Escurrimiento	40,916.27	47,210.45	-----	37,770.25	-----
Infiltración	**-28,210.14**	**-34,504.32**	**6,294.18**	**-25,064.12**	**128,823.40**
TOTAL BRUTO				**128,823.40**	
TOTAL NETO (con mitigación)				**122,529.22**	

Finalmente, con relación al deterioro de la calidad de agua por efecto de la eventual ejecución del proyecto, es conveniente mencionar que dadas las actividades a realizar durante las tres etapas del mismo (preparación del sitio, construcción y operación), no existen fuentes de contaminación que

afecten su calidad. La única afectación no significativa y de manera temporal será el arrastre de los sedimentos ocasionados por la paulatina remoción de la cubierta vegetal, que eventualmente se llevaría a cabo durante la fase de preparación del terreno.

VI.1.4 Que no se comprometa la captura de carbono

La captura de Carbono, así como la generación de oxígeno, es un servicio ambiental, que provee la vegetación a través del proceso de la fotosíntesis, que, balanceado con los procesos de respiración, da como resultado la captura neta de carbono; lo cual se ve reflejado en la acumulación de material leñoso como tallos y raíces de las plantas, en donde el monto de esta captura depende de factores tales como la edad del arbolado, así como la estructura y composición de la masa forestal.

Cálculo de cantidad de carbono secuestrado en la vegetación afectada por CUSTF

Para determinar la cantidad de carbono secuestrado en una superficie 20.44 ha cubierta con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, se utilizó la siguiente ecuación alométrica desarrollada en el estado de Quintana Roo por Guyot (2011).

$$B = \exp(-2.9267+1.3636\ln(D)+1.615\ln(H))$$

Tabla 42. Retención de biomasa y carbono/ha en el estrato alto y medio del CUSTF.

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Acacia cornigera	8	0.0066	0.0033	168	0.1341	0.0670
Acacia dolichostachya	1	0.2696	0.1348	28	5.5098	2.7549
Amyris sylvatica	41	0.0059	0.0029	839	0.1198	0.0599
Bauhinia divaricata	1	0.1103	0.0551	28	2.2542	1.1271
Bauhinia jenningsii	159	0.0959	0.0480	3242	1.9608	0.9804
Bougainvillea buttiana	14	0.0046	0.0023	280	0.0944	0.0472
Bunchosia glabra	33	0.2788	0.1394	671	5.6987	2.8493
Bursera simaruba	163	14.0579	7.0289	3,327	287.3428	143.6714
Byrsonima bucidaefolia	5	0.4127	0.2063	112	8.4348	4.2174
Caesalpinia gaumeri	18	1.0869	0.5434	363	22.2162	11.1081
Caesalpinia violacea	4	0.1458	0.0729	84	2.9806	1.4903
Caesalpinia yucatanensis	1	0.0573	0.0286	28	1.1712	0.5856
Callicarpa acuminata	3	0.0005	0.0003	56	0.0108	0.0054
Capparis cynophallophora	36	0.0032	0.0016	727	0.0654	0.0327
Casaeria corymbosa	44	1.4968	0.7484	894	30.5950	15.2975
Cascabela gaumeri	12	0.0774	0.0387	252	1.5820	0.7910
Cascabella thevetia	11	0.0041	0.0020	224	0.0833	0.0416
Casearia corymbosa	68	0.0902	0.0451	1398	1.8432	0.9216

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Ceiba aesculifolia	7	0.3262	0.1631	140	6.6685	3.3342
Chiococca alba	131	5.1403	2.5701	2683	105.0674	52.5337
Chrysophyllum mexicanum	7	0.2517	0.1258	140	5.1440	2.5720
Coccoloba acapulcensis	4	0.1174	0.0587	84	2.3989	1.1995
Coccoloba cozumelensis	4	0.2508	0.1254	84	5.1268	2.5634
Coccoloba diversifolia	25	0.1959	0.0980	503	4.0051	2.0026
Coccoloba Itzeus	12	0.5872	0.2936	252	12.0032	6.0016
Coccoloba spicata	25	0.1327	0.0664	503	2.7125	1.3563
Cordia alliodora	3	0.1639	0.0819	56	3.3498	1.6749
Cordia dodecandra	3	0.2102	0.1051	56	4.2967	2.1484
Croton reflexifolius	8	0.0008	0.0004	168	0.0170	0.0085
Cuphea utriculosa	1	0.0624	0.0312	28	1.2760	0.6380
Dendropanax arborea	8	0.2191	0.1096	168	4.4785	2.2393
Diospyros albens	22	1.5112	0.7556	447	30.8891	15.4445
Diospyros cuneata	21	1.5761	0.7881	419	32.2163	16.1081
Diospyros salicifolia	1	0.1656	0.0828	28	3.3847	1.6923
Diphysa carthagenensis	5	0.5995	0.2997	112	12.2531	6.1266
Dryapetes brownii	75	1.7226	0.8613	1537	35.2098	17.6049
Esenbeckia berlandieri	19	0.4071	0.2035	391	8.3209	4.1604
Eugenia capuli	36	0.0426	0.0213	727	0.8711	0.4355
Eugenia mayana	96	0.6394	0.3197	1957	13.0693	6.5347
Exothea diphylla	7	0.0724	0.0362	140	1.4804	0.7402
Ficus cotinifolia	36	6.0178	3.0089	727	123.0042	61.5021
Ficus obtucifolia	1	0.4900	0.2450	28	10.0158	5.0079
Ficus pertusa	15	0.2714	0.1357	308	5.5464	2.7732
Gliricidia sepium	3	0.0378	0.0189	56	0.7722	0.3861
Guettarda combsii	12	0.5792	0.2896	252	11.8379	5.9189
Guettarda elliptica	3	0.3730	0.1865	56	7.6238	3.8119
Gymnopodium flobundum	22	0.8713	0.4357	447	17.8095	8.9048
Hampea trilobata	16	0.0125	0.0062	335	0.2547	0.1274
Hippocratea excelsa	11	0.0065	0.0033	224	0.1335	0.0668
Hyperbaena winzerlingii	5	0.0017	0.0009	112	0.0352	0.0176
Jacquinia aurantiaca	5	0.0026	0.0013	112	0.0534	0.0267

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Jaquinia macrocarpa	3	0.0003	0.0001	56	0.0056	0.0028
Jatropha gaumeri	5	0.0008	0.0004	112	0.0164	0.0082
Lonchocarpus rugosus	55	1.2027	0.6013	1118	24.5829	12.2914
Lysiloma latisiliquum	120	1.8487	0.9244	2,461	37.7877	18.8939
Malpighia clavera	15	3.1824	1.5912	308	65.0491	32.5245
Malvaviscus arboreus	26	0.4067	0.2033	531	8.3125	4.1562
Manilkara achras	49	0.3843	0.1922	1006	7.8552	3.9276
Metopium brownei	79	1.5182	0.7591	1,622	31.0313	15.5156
Myrciaria floribunda	16	0.0022	0.0011	335	0.0451	0.0226
Nectandra coriacea	176	0.6942	0.3471	3606	14.1904	7.0952
Neea psychotrioides	22	0.4934	0.2467	447	10.0842	5.0421
Neomillspaughia emarginata	16	0.0346	0.0173	335	0.7066	0.3533
Oxandra lanceolata	27	3.0044	1.5022	559	61.4097	30.7048
Paratesis cubana	11	0.0009	0.0005	224	0.0185	0.0092
Paulinia cururu	5	0.0027	0.0014	112	0.0560	0.0280
Piscidia piscipula	27	3.7599	1.8800	559	76.8528	38.4264
Platymiscium yucatanum	10	0.5145	0.2572	196	10.5155	5.2578
Plumeria obtusa	1	0.4059	0.2029	28	8.2958	4.1479
Pouteria campechiana	1	0.1375	0.0687	28	2.8101	1.4050
Psychotria nervosa	22	0.0182	0.0091	447	0.3718	0.1859
Randia abscordata	16	0.0077	0.0039	335	0.1576	0.0788
Randia aculeata	145	0.7410	0.3705	2963	15.1468	7.5734
Rehdera trinervis	1	0.1731	0.0865	28	3.5378	1.7689
Sabal mexicana	4	0.2511	0.1255	84	5.1321	2.5661
Sabal yapa	12	0.2804	0.1402	252	5.7305	2.8653
Samida yucatanensis	8	0.0121	0.0060	168	0.2470	0.1235
Sapranthus campechianus	8	0.0051	0.0025	168	0.1035	0.0517
Sideroxylon salicifolium	1	0.2188	0.1094	28	4.4720	2.2360
Simarouba glauca	7	0.9400	0.4700	140	19.2132	9.6066
Swartzia cubensis	7	0.3262	0.1631	140	6.6685	3.3342
Talisia olivaeformis	1	0.1278	0.0639	28	2.6113	1.3056
Thouinia paucidentata	15	1.9039	0.9519	308	38.9153	19.4576
Trichilia glabra	14	1.1628	0.5814	280	23.7680	11.8840
Trichilia havanensis	4	0.5640	0.2820	84	11.5279	5.7640
Vitex gaumeri	33	2.8060	1.4030	671	57.3551	28.6776
Zanthoxylum fagara	3	0.0016	0.0008	56	0.0337	0.0169

Especie	Abun-dancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Abun-dancia /20.44 HA	Biomasa (TON)/ 20.44 HA	Carbono (TON) /20.44 HA
Zantoxylon caribaeum	14	0.0025	0.0013	280	0.0520	0.0260
Zuelania guidonia	10	0.4011	0.2005	196	8.1981	4.0990
TOTALES	**2,265**	**68.8009**	**34.4004**	**46,294**	**1,406.2901**	**703.1451**

Se estiman unas existencias de 68.8009 ton/ha de biomasa leñosa en ambos estratos (alto y medio); en tanto que en las 20.44 ha propuestas para el proyecto (CUSTF) las existencias de biomasa leñosa son de 1,406.2901 ton. En caso de implementarse el proyecto, dejarían de captarse 34.4004 ton/ha/año de carbono en los dos estratos con vegetación leñosa ya mencionados, en tanto que en las **20.44 ha del CUSTF** se dejarían de capturar un total de 703.1451 ton/año de carbono en los estratos alto y medio.

Con las acciones de mitigación que se platean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse, se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por la implementación del proyecto ya que la eventual afectación sería a nivel del área de influencia del propio proyecto.

VI.1.5 Medidas de mitigación y prevención para la captura de carbono

Las acciones de mitigación del impacto ambiental que se generarían con la eventual remoción de una parte de la vegetación leñosa, consisten en la ejecución de los trabajos de reforestación y reubicación de especies, tal como se presenta en los siguientes cuadros.

Tabla 43. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.

Nombre científico	Cantidad
Acaelorraphe wrigthi	**559**
Acrostichum danaeifolium	**28**
Anturio schlechtendalii	**28**
Bougainvillea buttiana	**280**
Bromelia sp	**28**
Callicarpa acuminata	**56**
Cnidoscolus aconitifolius	**56**
Cordia alliodora	**56**
Cordia dodecandra	**56**
Croton malvaviciifolius	**895**
Cuphea utriculosa	**28**
Diospyros salicifolia	**28**
Ficus obtucifolia	**28**
Galactica striata	**140**
Gliricidia sepium	**56**

Nombre científico	Cantidad
Jaquinia macrocarpa	**56**
Oncidium luridium	**336**
Petrea volubilis	**28**
Polypodium macrophyllum	**336**
Pouteria campechiana	**28**
Rehdera trinervis	**28**
Samida yucatanensis	**168**
Sapranthus campechianus	**168**
Scleria lithosperma	**308**
Tillandsia brachycaulos	**839**
Zamia lodigesii	**84**
Zanthoxylum fagara	**56**
Zantoxylon caribaeum	**280**
Coccothrinax readii	**503**
Thrinax radiata	**447**
TOTALES	**5,984**

Se tiene un total de 30 especies a rescatar y reubicar que suman 5,984 individuos. Si bien, tres especies (*Acaelorraphe wrigthi, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*) aparecen en la NOM059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A).

Tabla 44. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas.

Nombre científico	Cantidad
Amyris sylvatica	**2,516**
Anturio sp	**699**
Arrabidaea floribunda	**2,377**
Arrabidaea petellifera	**699**
Bauhinia jenningsii	**6,431**
Blechum sp.	**21,949**
Bunchosia glabra	**419**
Bursera simaruba	**7,829**
Caesalpinia gaumeri	**1,118**
Caesalpinia violacea	**140**
Caladium bicolor	**140**
Cascabela gaumeri	**979**
Cascabella thevetia	**699**
Casearia corymbosa	**5,872**
Ceiba aesculifolia	**280**
Chamaedorea seifrizii	**419**

Chiococca alba	**9,087**
Chrysophyllum mexicanum	**559**
Coccoloba Itzeus	**699**
Coccothrinax readii	**839**
Dryapetes brownii	**1,118**
Esenbeckia berlandieri	**1,817**
Eugenia capuli	**1,678**
Eugenia mayana	**7,969**
Exothea diphylla	**559**
Ficus pertusa	**839**
Guettarda combsii	**839**
Gymnopodium flobundum	**839**
Lonchocarpus rugosus	**2,516**
Malpighia clavera	**280**
Malvaviscus arboreus	**280**
Metopium brownei	**5,592**
Morinda yucatanensis	**140**
Myrciaria floribunda	**1,398**
Nectandra coriacea	**2,796**
Neea psychotrioides	**699**
Oeceoclades maculata	**559**
Oxandra lanceolata	**1,817**
Paratesis cubana	**280**
Piscidia piscipula	**1,398**
Randia aculeata	**8,808**
Simarouba glauca	**419**
Smilax mollis	**280**
Thrinax radiata	**1,957**
Acaelorraphe wrigthi	**2,796**
Zuelania guidonia	**419**
TOTALES	**111,843**

Los trabajos de reforestación están dirigidos a 46 especies de importancia ecológica, si bien tres de ellas (*Acaelorraphe wrigthi, Thrinax radiata y Coccothrinax readii*) se encuentran del estatus de amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. En este sentido, es importante mencionar que se consideró realizar la siembra de una cantidad de plantas igual a cinco veces la diferencia/ha de la abundancia reportada entre el área del CUSTF y el SAR, ajustada a la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

Con estas acciones de mitigación, se garantiza la recuperación de 703.1451 ton C/año, mismas que en promedio, dejarían de capturarse con la eventual ejecución del proyecto. Las áreas requeridas para realizar los trabajos de reforestación, deberá ubicarse en la zona de conservación del proyecto.

Con las acciones de restauración que se planean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse a sí mismo (propiedad de resiliencia de los ecosistemas), se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por efecto de la implementación del proyecto, ya que la afectación solo será a nivel del área de influencia de este.

CAPÍTULO VII

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTALES, ACUMULATIVOS, RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

CONTENIDO

VII. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional 4

VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación por componente ambiental 5

VII.1.1 Medidas de prevención a desastres, reducción de vulnerabilidad 9

VII.1.2 Medidas de adaptación al cambio climático 11

VII.1.3 Medidas especificas para flora y fauna 12

VII.2. Programa de vigilancia ambiental 14

VII.2.1 Objetivos y alcances 14

VII.2.2 Fichas técnicas e indicadores de seguimiento 19

VII.2.3 Resultados esperados 19

VII.3 Seguimiento y control (monitoreo) 19

VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas 20

VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo 20

VII.5.1 Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema 20

VII.5.1.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación 23

VII.5.1.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo 25

VII.5.1.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento 26

FIGURAS

Figura 1. Ejemplificación de letreros indicativos a colocarse en la obra. 16

Figura 2. Ejemplificación de letreros restrictivos a colocarse en la obra. 16

Figura 3**.** Ejemplificación de letreros informativos. 17

Figura 1. Modelo general de sucesión vegetal propuesto por Gómez Pompa y Vázquez-Yanes (1981). 20

TABLAS

Tabla 1. Descripción de la medida propuesta por factor ambiental..... 5

Tabla 2. Clasificación de fenómenos extremos de origen según la base de datos internacional de desastres. 10

Tabla 3**.** Ejes rectores del programa de vigilancia ambiental. 17

Tabla 4. Densidades promedio de siembra recomendada por tipo de ecosistema (reglas de operación PROARBOL). 25

Tabla 5. Costo estimado de las obras de conservación de suelo. 26

Tabla 6. Conceptos y costos de las actividades de restauración forestal por unidad de superficie (Ha). 27

Tabla 4. Estimación del costo de las actividades de restauración por hectárea por un periodo de 10 años..... 29

VII. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

En capítulos anteriores se identificaron los factores del medio abiótico, biótico y socioeconómico de mayor vulnerabilidad, así como las actividades que implican el mayor potencial generación de impactos ambientales y las etapas del Proyecto en que se generarán, con lo anterior es posible definir medidas integrales de manejo, que permitan su mitigación, prevención, atenuación o compensación. Las medidas propuestas siempre deberán apegarse a la normatividad ambiental aplicable y a los preceptos técnicos adecuados.

En el presente capítulo se describen las medidas de prevención, mitigación y compensación que serán aplicadas durante las etapas del proyecto. De acuerdo con Conesa (1995) y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (artículo 3, fracción XIII y XIV), las medidas pueden clasificarse en prevención, mitigación y compensación. Dichas medidas se definen como aquellas que se pueden ser implementadas para reducir los efectos negativos, ya sea al no realizar cierto tipo de actividades, limitar el grado de magnitud, rectificar el impacto reparándolo, rehabilitando o restaurando el medio afectado o bien compensar el impacto al reemplazar o proporcionar recursos ambientales sustitutos. Las medidas de mitigación además de las características antes mencionadas pueden clasificarse de acuerdo con sus alcances de acuerdo con los siguientes tipos:

- **Preventivas (Pr):** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.
- **Control (Co):** Son el conjunto de acciones que limitan el impacto.
- **Atenuación (At):** Es el conjunto de acciones de prevención, que disminuyen la intensidad del impacto.
- **Mitigables (Mt):** 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 cause con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.
- **Remediación (Rm):** Acciones que reparan el impacto causado al ambiente.
- **Compensación (Cm):** Acciones que no eluden la aparición del efecto, si no que contrarrestan de alguna manera en la alteración del ambiente, ya sea reemplazando o sustituyendo los recursos afectados.

Es importante mencionar que además de aplicar las medidas de prevención, mitigación y compensación por cada uno de los componentes ambientales, se llevará a cabo el Programa de Vigilancia Ambiental que contemplará lo siguiente:

Todo el personal involucrado en el Proyecto deberá tener conocimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como de los programas que se implementarán.

Se capacitará y concientizará a todo el personal involucrado en las actividades que conlleva el desarrollo del Proyecto sobre el cuidado de los componentes ambientales presentes en el SAR.

El personal involucrado en el Proyecto deberá cumplir con las medidas implementadas en materia ambiental, de salud y de seguridad que se llevarán a cabo.

VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación por componente ambiental

En lo siguiente se presentarán el tipo de medidas: prevención (Pr), mitigación (Mi) y compensación (Cm); que se prevén implementarse por cada impacto ambiental, factor y componente al que corresponde y señalando la etapa del proyecto en la que se desarrollará: preparación del sitio (P), construcción (C) y operación (O).

Tabla 1. Descripción de la medida propuesta por factor ambiental

C	FACTOR	MEDIDA	TIPO	ETAPA	
				P	O
ABIÓTICO	AGUA	Se colocarán señalamientos con letreros que prohíban arrojar basura a laguna artificial, una vez sea aflorado el manto freático.	Pr		X
		Se colocarán contenedores rotulados y con tapa en diversos puntos estratégicos de la zona de trabajo para los desechos de residuos sólidos urbanos. La división de los residuos será prioritaria en residuos orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables.	Pr	X	X
		Los residuos depositados en los contenedores serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal.	Pr, Cm	X	X
		Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se contratará el servicio de sanitarios portátiles, estos serán a razón de 1 por cada 20 trabajadores.	Pr	X	X
		Para reducir el riesgo de contaminación por derrame de hidrocarburos, las cargas de combustible y servicios mecánicos necesarios para las embarcaciones se realizarán fuera del área del Proyecto de la laguna artificial que se genere.	Pr		X
		Contar con material adecuado y suficiente para el manejo de contingencias	Pr	X	X
		Seguimiento permanente de condiciones meteorológicas y pronósticos del tiempo	Pr	X	X
		Se medirán los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua subterránea semestralmente durante la etapa de operación del proyecto a través de laboratorios y empresas certificadas con la finalidad de analizar las condiciones de calidad del agua. Se podrán utilizar los mismos pozos	Pr		X

		exploratorios del estudio de prospección geohidrológica o cenotes cercanos al sitio de proyecto. En caso, de detectar anomalías o cambios se suspenderán las actividades y se realizará un análisis con expertos para detectar las causas, aplicar medidas especializadas y realizar el reporte correspondiente.			
		Se sancionará a los trabajadores que sean sorprendidos realizando necesidades fisiológicas fuera de la zona de sanitarios portátiles.	Pr	X	X
		Una vez se aflore la laguna artificial se le harán muestreos de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua semestralmente.	Pr		X
	AIRE	Se vigilará que los vehículos particulares, maquinaria y equipo y de empresas subcontratadas cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas que regulen las emisiones a la atmosfera	Pr	X	X
		Registro en bitácora de los mantenimientos de cada vehículo que ingrese a la obra.	Pr	X	X
		Con la finalidad de evitar el consumo excesivo de combustible y la consecuente emisión de gases, los vehículos que no estén en uso se mantendrán apagados aunado a que los trabajos serán planeados para evitar la acumulación excesiva de unidades en un solo punto.	Pr	X	X
		La maquinaria pesada que transporte material pétreo deberá emplear lona para evitar la dispersión, así como los contenedores donde se almacenará el material	Pr		X
		Los trabajos que requieran de maquinaria que genere vibraciones deberán estar planeados y ejecutarse en horarios diferenciados a fin de minimizar los impactos.	Pr	X	X
		Los horarios de trabajo serán diurnos de 7:00 a 18:00 horas.	Pr	X	X
		Revisión del uso adecuado de Equipo de Protección Personal (EPP) haciendo énfasis en la protección auditiva.	Pr	X	X
	SUELO	Una vez que se determine que el polígono ya fue aprovechado por completo, se conformaran taludes de 45º en todo el perímetro del mismo polígono. Estos taludes, se conformarán con el mismo material del polígono aprovechado.	Pr		X
		Restricción de las actividades de extracción de roca caliza por demás de la autorizada, así como del área destinada al aprovechamiento.	Pr		X

		Se colocarán contenedores rotulados y con tapa en diversos puntos estratégicos de la zona de playa para los desechos de residuos sólidos urbanos. La división de los residuos será prioritaria en residuos orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables.	Pr		
		Los residuos generados por empaques, envolturas, plásticos y otros derivados de la movilización, colocación de señalética, colocación de mallas, etc., deberán ser colocados en los contenedores correspondientes y posteriormente, darles disposición final a través del servicio municipal.	Pr	X	X
		Los residuos depositados en los contenedores serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal.	Pr	X	X
		Se limpiará diariamente la zona de trabajo del día.	Pr	X	X
		Se colocarán señalamientos con letreros que prohíban arrojar basura en la parcela	Pr	X	X
		Se aplicará el Programa de Manejo Integral de Residuos sólidos Urbanos.	Pr	X	X
		Delimitar las zonas de trabajo para evitar contaminación del suelo por residuos y posibles derrames de combustibles	Pr	X	X
		Se realizarán capacitaciones constantes al personal sobre la correcta clasificación de los residuos sólidos urbanos, además de que se explicarán acciones enfocadas en el reúso, reciclado y reducción de los mismos.	Pr	X	X
		Realizar inspecciones periódicas en las áreas de trabajo con el fin de detectar cualquier anomalía o incumplimiento.	Pr	X	X
		Se deberán reportar bitácoras de la recolección de residuos sólidos urbanos por parte del servicio de recolección municipal.	Pr	X	X
		Se establecerá un almacén temporal de residuos sólidos urbanos dentro del área del proyecto.	Pr, Mi	X	X
		Se emplearán obligatoriamente empresas acreditadas para el manejo de residuos peligrosos. No saldrán de obra residuos sin previo registro y sin que la empresa que los retire acredite previamente sus autorizaciones gubernamentales.	Pr	X	X
		No se permiten reparaciones mecánicas, ni mantenimientos mayores dentro del predio.	Pr	X	X

		Cada maquinaria o equipo que ingrese al predio deberá contar con Kit antiderrames.	Pr	X	X
		Si la promovente hace uso de servicios de empresas contratistas estas serán las encargadas de obtener los permisos necesarios para la disposición final de los residuos generados y almacenados de manera temporal en el sitio del Proyecto.	Pr	X	X
		Se tendrá especial cuidado al momento de la barrenación y voladura, ya que de detectarse alguna fractura en el subsuelo se detendrán las actividades, se realizarán estudios en estos puntos y se determinará la viabilidad de continuar la explotación o no.	Pr		X
		Se recolectará la primera capa del suelo previo a realizar el despalme, esto es con la finalidad de resguardar y reutilizar esta primera capa de suelo orgánico para las acciones de reubicación y reforestación.	Cm		X
	PAISAJE	Para evitar las modificaciones abruptas al paisaje se llevará a cabo gradualmente la remoción de vegetación.	Pr, Mi	X	X
BIÓTICO	**FLORA**	Se realizará el rescate y reubicación de flora y se realizarán las actividades de restauración para no comprometer la biodiversidad florística del CUSTF y SAR.	Mi y Cm	X	
		Se le dará mantenimiento y el riego adecuado a la flora del proyecto	Mi y Cm	X	
	FAUNA	Los trabajos serán diurnos y en horarios establecidos para permitir a la fauna desplazarse durante horarios nocturnos	Pr	X	X
		Todas las luces que se coloquen en cada una de las etapas del proyecto estarán orientadas hacia al suelo a fin de minimizar la perturbación a las especies aledañas.	Pr	X	X
		Durante las etapas se capacitará al personal para captura o trasladar ejemplares de fauna que se lleguen a encontrar en el sitio para su posterior reubicación.	Pr	X	X
		No se permitirá la introducción de fauna exótica	Pr	X	X
		Previo al inicio de las obras se llevarán a cabo las acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, en especial aquella de lento desplazamiento.	Pr	X	X

VII.1.1 Medidas de prevención a desastres, reducción de vulnerabilidad

De acuerdo con la clasificación de la Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, un desastre se define como: "*un suceso imprevisto o repentino, capaz de causar gran daño, destrucción y sufrimiento humano. Es una situación o acontecimiento que supera la capacidad local y que necesariamente requiere de asistencia a nivel nacional e incluso internacional".* Los desastres pueden originarse tanto por fenómenos de la naturaleza como por factores antrópicos, por lo general vinculados a la tecnología (CRED, 2020). La denominación "desastres naturales" se utiliza para diferenciarlos de los desastres tecnológicos (como derrames petroleros, accidentes aéreos u otros).

Para que un desastre sea registrado en esta base de datos, debe cumplir con alguno de los siguientes criterios:

- Diez o más personas reportadas como muertas
- Cien o más personas declaradas como afectadas
- Declaración de estado de emergencia
- Llamada a asistencia internacional

Los desastres derivan de la combinación de los siguientes factores:

a) la exposición a fenómenos naturales capaces de desatar procesos que causan daños físicos y la pérdida de vidas humanas y de capital, y

b) la vulnerabilidad de las personas y de los asentamientos humanos.

En un desastre confluyen ambos elementos; por eso es importante el estudio de los fenómenos naturales, pero más relevante aún es el análisis de las políticas que reducen la vulnerabilidad, que es la forma en que la acción pública puede contribuir a la disminución del riesgo de desastres.
Los fenómenos naturales con el potencial de causar destrucción en un territorio son identificados como amenazas. En este contexto, se entiende por amenaza un suceso peligroso capaz de causar daño en un período de tiempo y área determinada (CRED, 2020).

La vulnerabilidad es una condición previa, que posibilita que una amenaza natural se transforme en un desastre. Incluye no solo la calidad de la infraestructura y su localización, sino también vulnerabilidades sociales como la desigualdad de ingreso y la pobreza.

En lo siguiente, se presenta una tabla con los posibles desastres que se pueden desarrollar en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y predio, así como las medidas que se implementarán:

Tabla 2. Clasificación de fenómenos extremos de origen según la base de datos internacional de desastres.

SUBGRUPO	DEFINICIÓN	TIPO DE DESASTRE	MEDIDAS
Meteorológico	Un peligro causado por condiciones atmosféricas y climáticas de corta duración, de microescala a meso escala, que duran desde minutos hasta días.	Temperatura extrema Tormenta	a) Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se tendrá especial cuidado con los trabajadores con respecto a insolación o golpes de calor, por lo que, se tendrán puntos de hidratación en los frentes de trabajo. b) Se tendrá control y cuidado a las plantas en especial cuando las temperaturas sean altas. c) Durante la preparación del sitio y construcción, en caso de presentarse una tormenta extrema se suspenderán los trabajos y se reanudarán. d) Al existir alerta por tormentas o huracán se asegurarán los materiales y equipo, con el propósito de que no se vuelen por los fuertes vientos. e) Se desarrollará un plan de contingencias principalmente para fenómenos hidrometeorológicos. f) Se recibirá capacitación al personal y formación de brigadas en caso de presentarse un desastre natural. g) Se capacitará a cierto personal para primeros auxilios.

VII.1.2 Medidas de adaptación al cambio climático

El clima evoluciona, la cuestión es con qué rapidez y con qué margen de adaptación para los seres vivos. En poco más de un siglo la actividad humana ha aumentado la cantidad de CO_2, atmosférico en un 25% y doblado la concentración de metano; el reforzamiento consiguiente del efecto invernadero necesariamente dará lugar a un aumento de la temperatura, que se calcula de 1º C cada 30 años, mientras que desde la última glaciación su ritmo de cambio ha sido de 1º C cada 500 años. Se han realizado una serie de reuniones para tratar de estudiar y proponer acciones para resolver este problema, es así como se llevó a cabo la reunión de Kioto en 1997 y a partir de este momento se han formado diversos grupos de expertos en el tema y es así como se forma el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que fue establecido conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el objetivo de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicos, y de formular estrategias de respuesta realistas. (IPCC, 2007).

Desde su establecimiento, el IPCC ha producido una serie de informes de evaluación (1990, 1995, 2001, y en 2007), Informes Especiales, Documentos Técnicos y Guías Metodológicas que son ya obras de referencia de uso común, ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos, y otros expertos y estudiosos. (IPCC, 2007).

El Acuerdo de París promueve la transición hacia una economía más limpia, baja en carbono y resiliente al clima. Para alcanzar esto, se requiere una combinación de planes estatales, acciones privadas y cooperación. En este último punto, existe el compromiso de la Unión Europea de destinar el 20% de su presupuesto de cooperación a acciones por el clima. La Unión Europea tiene diferentes programas en América Latina, entre los cuales figura el programa EUROCLIMA+ y Adelante, de cooperación triangular. El primero tiene siete componentes, entre ellos la gobernanza climática, que tiene el principal objetivo de fortalecer políticas públicas de cambio climático.

El segundo busca aportar en el fortalecimiento de las políticas públicas en general. Ambos programas suman esfuerzos para fortalecer el seguimiento y evaluación de políticas públicas de cambio climático en la región. FIIAPP, uno de los encargados de ejecutar el componente de gobernanza climática de EUROCLIMA+, tiene como misión apoyar a los países en la mejora del funcionamiento de sus sistemas públicos y que puedan implementar eficientemente su política pública. Este apoyo se provee sobre la base de tres ejes: Adaptar legislación, modernizar estructuras públicas y mejorar la capacidad de funcionarios públicos.

México, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Por ello, ha tomado muy en serio su responsabilidad tanto nacional como internacional. En el 2012 fue el primer país en publicar su política sobre cambio climático, que incluyó un apartado específico sobre presupuesto y fue además el primer país en presentar su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés). A través de CONEVAL, INECC y SEMARNAT, ha hecho varios esfuerzos para reforzar políticas climáticas en torno a monitoreo y evaluación de políticas.

El cambio climático es un fenómeno que se manifiesta en un aumento de la temperatura promedio del planeta, directamente vinculada con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto de actividades en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto de actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón) y el cambio de uso de suelo (deforestación), generación de residuos sólidos (en exceso).

La única defensa razonable ante el cambio climático es la implementación de medidas que atenúen diversos impactos ambientales:

- Se llevarán registros de incidentes, derrames accidentales de aceites o de sustancias contaminantes.
- Se establecerá un almacén temporal de residuos sólidos urbanos dentro del área del proyecto.
- Los residuos generados en cada una de las actividades que contempla el Proyecto deberán recogerse diariamente al finalizar la jornada de trabajo y colocarse en los contenedores temporales.
- Se implementará el Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, con la finalidad de manejar adecuadamente los residuos en cada etapa y remitirlos a sitios autorizados.
- Se realizarán capacitaciones constantes al personal sobre la correcta clasificación de los residuos sólidos urbanos, además de que se explicarán acciones enfocadas en el reúso, reciclado y reducción de estos.
- Se colocarán contenedores rotulados de acuerdo con la siguiente separación: orgánico, inorgánico, papel, plástico, metal, vidrio, madera y tela.
- Los residuos generados por empaques, envolturas, plásticos y otros derivados de la movilización, colocación de señalética, etc., deberán ser colocados en los contenedores correspondientes y posteriormente, darles disposición final a través del servicio municipal.
- Los residuos depositados en los contenedores temporales (cuarto de basura) serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal. No deberán durar más de una semana en almacenamiento temporal. Se vigilará la medida a través de bitácoras ambientales.

VII.1.3 Medidas especificas para flora y fauna

- Se elaborará y ejecutará un programa de rescate y reubicación de flora y fauna.
- Se determinará las especies y número de individuos susceptibles a rescate y se establecerá el área de reubicación.
- En esta etapa de planeación se identificarán las áreas dentro del predio que tenga mayor beneficio para la fauna, para elegir aquella(as) que serán destinadas para su conservación como un espacio verde significativo en beneficio de la fauna que realice conectividad con las áreas que ya se destinan a conservación.
- Se establecerá una zona dentro del predio como zona de conservación en donde se reubicará la flora y la fauna rescatada.

- Previo al desmonte, se marcarán los árboles y vegetación significativa que pueda ser conservada en el sitio, principalmente aquella benéfica para la fauna, la cual será respetada durante las labores de preparación del sitio.
- Se rescatan especies de flora susceptibles a sobrevivencia en viveros o por reubicación en otras zonas de amortiguación del predio.
- Se realizará una búsqueda intensiva de nidos, fauna de lento desplazamiento para ser rescatados y reubicados.
- Previo al retiro de la vegetación se realizará el ahuyentamiento y rescate de la fauna en las zonas a ser desmontadas.
- Después del retiro de vegetación se mantendrá vigilancia ambiental para rescatar fauna que puedan llegar o permanecer en el sitio.
- Se realizará el correcto manejo de los residuos del arbolado derribado como ramas y brazuelos los cuales se triturarán para ser incorporados al suelo.
- Se establecerán acciones para favorecer la fauna en el sitio como la instalación de fuentes de agua.
- El proceso de desmote se realizará por etapas
- Se diseñarán y aplicarán clausulas ambientales a los contratistas para la protección de la flora y la fauna, que contemplen acciones preventivas, correctivas y de compensación.
- Se realizará la protección física de las áreas de conservación mediante cercados, prohibición de acceso y señalética.
- Se destinará un técnico en fauna silvestre para que en caso de detectar fauna silvestre y dar aviso a maquinista par que detenga el trascabo para rescatar o ahuyentar a la fauna
- Se darán platicas a los trabajadores y contratistas de concientización y conservación de flora y fauna.
- Se mantendrá vigilancia para evitar la afectación a la flora o fauna.
- Se realizará el rescate de la fauna que pueda aparecer durante el proceso del desmonte.
- Se realizará el correcto manejo de los residuos para evitar impactar a la flora o fauna
- Se establecerán acciones para favorecer la fauna relevante en el sitio.
- La vegetación seca deberá ser retirada y podrá usarse como leña por la población local
- No se permitirá la quema de vegetación producto del despalme
- El material vegetal será trozado y utilizado como material de composta en las zonas aledañas del predio
- Se mantendrá vigilancia para evitar la afectación a la flora o fauna.
- Se realizará el correcto manejo de los residuos para evitar impactar a la flora o fauna
- Se establecerán acciones para favorecer la fauna relevante en el sitio.
- Se realizarán acciones en la zona para favorecer especialmente a las especies protegidas de fauna
- Se contará con personal técnico con capacidad suficiente para decidir las acciones de rescate.
- Se realizará la búsqueda, rescate y reubicación de colonias de abejas nativas.

VII.2. Programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental que tiene como objetivo garantizar la protección de los recursos naturales susceptibles a recibir algún impacto negativo, así como establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas de mitigación incluidas en el presente documento.

VII.2.1 Objetivos y alcances

Objetivo general

Realizar un buen manejo y cuidado de los recursos naturales, logrando una convivencia con la naturaleza de alto significado ecológico.

Alcances

- Identificar y evaluar el estado de los componentes ambientales susceptibles a recibir impactos ambientales por medio de los indicadores.
- Garantizar la correcta aplicación de las medidas durante todas las etapas del proyecto.
- Comprobar la eficacia de las medidas implementadas, y si alguna no es la adecuada identificar el origen del impacto y corregirla con las acciones pertinentes.
- Detectar impactos no previstos, caracterizarlos e implementar las medidas correctas para atenuarlos.

La vigilancia ambiental tendrá dos ámbitos de aplicación:

a) El control de la calidad de la obra, es decir, la supervisión de que se ejecute según lo proyectado en lo relativo a la superficie de aprovechamiento programada; y
b) El control de la calidad de los componentes del entorno, a través de la medición o del cálculo de sus parámetros partiendo del estado cero, para poder corroborar o predecir su evolución de acuerdo con lo previsto.

Durante el plazo de termino, la redacción de los informes y el control de la calidad ambiental correrá a cargo del Supervisor Ambiental que será contratado, quien determinará el alcance y la metodología de los estudios y controles.

Para la obtención de los objetivos antes señalados la empresa promovente del proyecto, contratará para la obra los servicios de un Supervisor Ambiental (SA) que posea los conocimientos adecuados para llevar a buen término el presente programa.

Las tareas fundamentales del SA consistirán en:

- Conocer el DTU-BR y el resto de las condiciones ambientales señaladas en la autorización (una vez sea obtenida).
- Asistencia a la reunión de replanteo y realización de una visita bimestral durante el termino de las obras de los niveles. Y continuar el seguimiento durante la operación semestralmente.

- Identificar e informar sobre las posibles variaciones ambientales relacionadas con el proyecto, por impactos no contemplados o que no hayan sido lo suficientemente estudiados.
- Coordinar la aplicación de medidas correctoras.
- Vigilar que el proyecto se acote correctamente al desplante propuesto, fuera del cual no deberán ejecutarse actuaciones de ningún tipo.
- Evaluar y aprobar la referida acotación, así como la sistemática y el plan de obra adoptados por la Dirección de Obra.
- Al final de la vigilancia se realizará un Informe Técnico que se complementará y servirá para el rendimiento de Términos y Condicionantes.

Medidas generales

Durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo actividades comunes a más de una etapa de desarrollo, principalmente para las etapas de preparación y construcción, como el empleo de la mano de obra, el almacenamiento y adquisición de materiales, por lo que se incluyen aquí las medidas para regular estas actividades:

Contratación de mano de obra.

El análisis de los impactos que podría generar la contratación de mano de obra merece un apartado especial, como punto de partida al análisis de los impactos ambientales, con la intención de darle un tratamiento general aun cuando se menciona los alcances en cada una de las etapas.

La contratación de la mano de obra se califica como un impacto benéfico, ya que se generan fuentes de empleo, sin embargo, también se dará atención a la educación ambiental.

- Concientizar al personal en la importancia del uso adecuado de la infraestructura de apoyo, lo que se recomienda hacer periódicamente mediante un programa de pláticas durante el tiempo que duren las obras.
- Se colocarán suficientes contenedores para residuos de acuerdo con la reglamentación para facilitar la separación de los residuos y evitar que se coloquen de manera inadecuada, dichos recipientes deberán estar debidamente rotulados preferentemente con gráficos que muestren el tipo de basura que se debe colocar en cada uno de ellos.
- Los contenedores tendrán tapa y serán colocados en sitios estratégicos preferentemente con sombra.
- Se insistirá al personal en la importancia del uso de los sanitarios portátiles.
- Se mantendrá una continua vigilancia a las actividades de los trabajadores para supervisar que se esté haciendo uso de las estructuras de apoyo (sanitarios y contenedores para residuos).
- Se supervisará que todo el personal cuente con el Equipo de Protección Personal adecuado para salvaguardar su integridad.

Letreros informativos que deberán colocarse

Los letreros, dependiendo de su tipo, exhibirán anuncios como los siguientes:

Indicativos: flechas del sentido de circulación vehicular, máxima velocidad permitida, caminos, límites del predio, áreas verdes, ubicación de contenedores de residuos, utilización de sanitarios, entre otros.



Figura 1. Ejemplificación de letreros indicativos a colocarse en la obra.

Restrictivos: señalarán las actividades no permitidas como la caza, la extracción de especies nativas o encender fogatas. Recordarán el no abandonar desechos sólidos o líquidos en cualquier parte de la obra, especificarán el tipo de basura que se depositará en tal o cual contenedor, así como las restricciones de acceso a las áreas verdes, etc.



Figura 2. Ejemplificación de letreros restrictivos a colocarse en la obra.

Informativos: Señalarán la ubicación de las áreas dentro de la obra, las especies de animales que se pueden encontrar dentro del predio, las plantas nativas y sus características.



Figura 3**.** Ejemplificación de letreros informativos.

El Programa de Vigilancia Ambiental se sustentará por 3 ejes rectores:

Tabla 3**.** Ejes rectores del programa de vigilancia ambiental.

EJE	MEDIDAS
Componente seguimiento ambiental	Implementación de bitácora ambiental en donde se registrarán algún suceso de relevancia, tales como son los siguientes: • Vertidos o derrames: Se hace referencia con esto a aquellos vertidos o derrames líquidos o sólidos, que se produzcan intencionada o accidentalmente en la obra y que no se encontraban planteados en un principio. • Funcionamiento defectuoso: Se hace referencia con esto a funcionamientos defectuosos del equipo que puedan originar una posible afección al medio. • Accidentes: Se refiere a aquellos episodios que puedan motivar vertidos, derrames o funcionamientos defectuosos, ya sea de forma inmediata o futura. • Externalidades a la obra: Se hace referencia a episodios que no sean producidos por el desarrollo de la obra, sino que provengan de elementos externos, que, entrando en el recinto de la obra, afecten algún elemento que pueda resultar perjudicial para el medio ambiente. • Otros: En este apartado se incluirán cualquiera otro aspecto que no se encuentren englobados en los apartados anteriores.
Componentes informes técnicos	Para cada tipo de informe, se realizará una ficha que identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contemplan ejecutar; la forma, lugar y oportunidad de su ejecución; y la referencia de donde se describe detalladamente dicha obra o acción. También se elaborará otra ficha en la que se identificará, para cada fase del proyecto o

	actividad, la normativa de carácter ambiental aplicable, incluidos los permisos ambientales sectoriales; el componente ambiental involucrado; la forma en la que se dio cumplimiento a las obligaciones contenidas en dichas normas, y el organismo de la administración del gobierno competente en su verificación, si éste estuviere establecido. Una ficha más identificará para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se ejecutaron; el componente ambiental involucrado; el impacto ambiental asociado; la descripción de la medida correspondiente, ya sea de mitigación, reparación, compensación, o de prevención; la forma de implementación; el indicador que permitió cuantificar, si corresponde, el cumplimiento de la medida; la oportunidad y lugar de su implementación; y la referencia de donde se describe detalladamente la medida. Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante el desarrollo del proyecto, un seguimiento que deberá comprender una visita bimestral al proyecto (etapa de preparación y construcción) y semestral (durante operación), y la elaboración de un informe periódico en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas correctoras planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este Programa de Vigilancia Ambiental. Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes
Componente de educación ambiental	Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas al personal responsable de ejecutar la etapa de preparación del sitio y construcción. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal: hacer del conocimiento al personal, los términos y condicionantes bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento. Acción de la medida: La plática ambiental se llevará a cabo de manera previa a la etapa de preparación del sitio y construcción; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como de los términos y condicionantes que se establezcan en la autorización del proyecto. Eficacia de la medida: El grado de eficacia de la medida depende del nivel de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como

	el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado.

VII.2.2 Fichas técnicas e indicadores de seguimiento

En cuanto los Programas Ambientales cada uno se enfocará en aplicar medidas correspondientes a cada factor ambiental afectado con el desarrollo del proyecto, se redactará un documento por cada programa, metodología, resultados, análisis y anexos, mismos que se resumirán en el Programa de Vigilancia Ambiental.

VII.2.3 Resultados esperados

Se presentarán informes por periodos de 6 meses o de acuerdo con lo que señale la autoridad, en donde se describirán y evidenciarán de forma textual y por medio de reportes fotográficos y bitácoras, los cumplimientos a las diferentes medidas de mitigación presentadas y diseñadas para el proyecto.

VII.3 Seguimiento y control (monitoreo)

Como se mencionó el Programa de Vigilancia Ambiental se presentarán informes y seguimiento de la aplicación de cada una de las medidas especificadas en este capítulo.

Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante el desarrollo del proyecto, un seguimiento que deberá comprender una visita bimestral al proyecto (etapa de construcción) y semestral (durante operación), y la elaboración de un informe periódico en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este Programa de Vigilancia Ambiental.

Se deberá:

- Generar formatos para el seguimiento de condicionantes impuestas por la autoridad ambiental. Generar formatos para verificar los impactos supuestos en este estudio a fin de corroborar la validez del modelo y ecuación utilizados.
- Llevar bitácora y registro de todas las actividades que acontezcan la operación del proyecto.
- Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

El promovente estará en posibilidades de presentar la estimación del costo de las medidas de mitigación una vez que se resuelva la presente manifestación de impacto ambiental, ya que entonces se tendrán las condicionantes específicas que solicitará la presente autoridad.

VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo

VII.5.1 Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema

El enfoque contemporáneo sobre los cambios en la vegetación puede ser considerado como una visión "dinámica" o "cinética" en la cual no hay premisa de estabilidad a largo plazo o la existencia de un punto final en la sucesión vegetal (Drury y Nisbet, 1973). En este esquema se incorporan los disturbios como un factor de gran importancia y se acepta el cambio continuo de la vegetación como una norma (Picket y White, 1985). Un gran número de estudios empíricos en las últimas décadas, apoyan la idea de que el proceso de sucesión vegetal en un área determinada puede seguir múltiples caminos (Drury y Nisbet, 1973; Connett y Slatyer, 1977, Miles, 1987). Gómez Pompa y Vázquez-Yanes, 1981, proponen el siguiente modelo general del proceso sucesional.

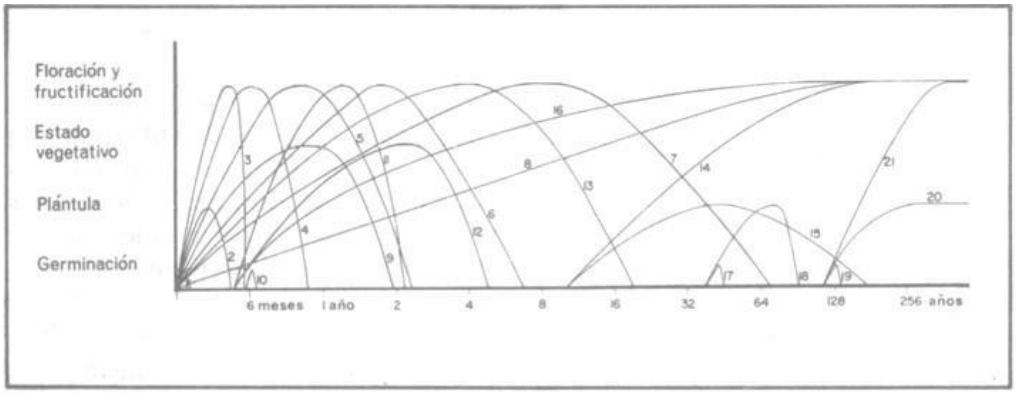


Fig. 1. Modelos de tipos de ciclos de vida a lo largo de un gradiente de tiempo en el proceso sucesional Cada uno representa un ciclo de vida, ya sea completo o incompleto, de las especies. 1) Germinan y mueren. 2) Germinan, producen algunas hojas y mueren. 3) Completan su ciclo de vida en pocos meses. 4) Anuales. 5) Bianuales. 6) Con un ciclo de vida de sólo pocos años (menos de 10). 7) Viven varias décadas y eventualmente mueren (de selvas secundarias viejas). 8) Primarias, que viven cientos de años y que aparecen desde el comienzo de la sucesión. 9) Nunca alcanzan el estado de reproducción sexual. 10) Germinan pocos meses después que la sucesión comienza y pronto mueren. 11) Anuales que germinan después que la sucesión comienza. 12) Germinan después que la sucesión comienza pero no alcanzan el estado de reproducción sexual. 13) Ciclo de vida corto (menos de treinta años). 14) Ciclo de vida largo, germinan cuando la sucesión está bien avanzada. 15) Germinan cuando la sucesión está avanzada y permanecen en estado de plántula o planta joven por algunos años. 16) Germinan algunos meses despues de que la sucesión comienza y tienen un ciclo de vida de varios cientos de años (especies primarias). 17) Germinan y mueren en estados sucesionales tardíos. 18) Germinan y viven en el estadio de plántula o planta joven en los estadios sucesionales tardíos y entonces mueren. 19) Germinan y mueren en la selva primaria. 20) Germinan y crecen hasta plántula o planta joven dentro de la selva primaria y permanecen esperando condiciones propicias para continuar creciendo. 21) Germinan y crecen en la selva primaria y pueden alcanzar el estado reproductivo presentando un ciclo de vida largo (especies primarias).

Figura 4. Modelo general de sucesión vegetal propuesto por Gómez Pompa y Vázquez-Yanes (1981).

En las selvas tropicales, el comportamiento de las especies está en buena medida determinado por la disponibilidad de luz, y por dicha razón, el concepto de tolerancia e intolerancia a la sombra se mantiene como criterio básico para agrupar a las especies y así ayudar a entender los procesos de sucesión vegetal y desarrollo del bosque (Finegan, 1992).

El término gremio, se utiliza para definir a un grupo de especies que explota la misma clase de recursos de una manera similar, sin considerar la posición taxonómica (Root, 1967).

De esta forma, las plantas heliófitas o "pioneras" son aquellas que requieren un alto grado de iluminación para desarrollarse; las esciófitas o "no pioneras" son aquellas plantas tolerantes a la sombra en una primera fase de su desarrollo.

A su vez, el gremio de las plantas heliófitas se subdivide en efímeras y durables; las primeras lo integran aquellas especies que colonizan los claros en altas densidades, son de crecimiento rápido y ciclo de vida relativamente corto, en tanto que las heliófitas durables son especies de vida relativamente larga, con crecimientos entre rápido y regular que llegan a alcanzar grandes dimensiones.

El gremio de las esciófitas se subdivide en parciales, que son aquellas que se desarrollan en la sombra, pero que requieren de luz para pasar a su etapa final de desarrollo; las esciófitas totales crecen bajo la sombra y se regeneran en cualquier lugar bajo el dosel del bosque.
Finalmente, las especies H/E ponen de manifiesto que ciertas especies pueden ser tolerantes tanto a condiciones de iluminación elevada como a la sombra. Y se trata de palmas que son sumamente resistentes a la mayoría de las perturbaciones naturales y humanas.

De acuerdo con Berger (1993), la regeneración natural ha ocurrido sin la intervención del hombre, siendo un proceso extremadamente lento e incierto para nuestros objetivos. Por lo cual, es necesario recurrir a las técnicas de restauración ecológica para acelerar este proceso y por lo tanto la recuperación del ecosistema, ya que reduce al mínimo el tiempo en que el sitio permanece expuesto a la erosión. Además, el rápido desarrollo de un dosel evita el crecimiento de los agresivos pastos exóticos que usualmente dominan las áreas perturbadas y que llegan a detener el proceso de sucesión vegetal.

La restauración ecológica comienza con la eliminación de los factores que impiden la recuperación del sistema, siendo de vital importancia la definición de la problemática del sitio, así como sus relaciones con los sistemas humanos.

En este sentido, el paso inicial deberá ser la restitución del suelo, es decir, en caso de que se hubiera tendido una capa de material pétreo, ésta deberá ser retirada, ya que determina en última instancia la distribución y abundancia de la vegetación en la superficie que pudiera sujetarse a los trabajos de restauración ecológica. Dado que impide una adecuada la infiltración de agua al subsuelo, y limita el espacio físico de la siembra de planta.

En este momento puede plantearse el escenario en el corto plazo, uno a dos años, resultando que desde las primeras semanas el suelo se ha cubierto de forma natural con plantas herbáceas como *Scleria lythosperma, Arrabidaea floribunda, Serjania goniacarpa* y *Morinda yucatanensis* entre otras

especies del gremio de las heliófitas efímeras. El desarrollo de especies herbáceas anuales asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos lepidópteros, himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves, pequeños mamíferos como ratones.

De esta manera se favorece la reintroducción de especies heliófitas durables como *Lysiloma latisiliquum, Acanthocereus pentagonus, Nopalea inaperta, Bursera simaruba, Jatropha gaumeri, Spondias purpurea, Thevetia gaumeri* y *Piscidia piscipula*. Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

Asimismo, es factible la reintroducción de palmas como el guano (*Sabal yapa*), que son especies tolerantes tanto a condiciones de iluminación intensa, como a la sombra.
A partir de los 3 años, y una vez que se empieza a formar un dosel, las especies anuales o bianuales empiezan a ser sustituidas por especies con ciclos de vida más largos; esta etapa es conocida como "fase de surgimiento o de estructuración", en consecuencia, es factible la reintroducción de especies esciófitas parciales, como es el caso del kitimche (*Caesalpinia gaumeri*), Guayabillo (*Psidium sartorianum*), Ya´ax xu´ul (*Lonchocarpus yucatanensis*), Box k´opte (*Cordia curassavica*), Kanchunup (*Thouinia paucidentata*), entre otras.

En esta fase se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación con gran presencia de especies espinosas y alturas máximas de 3 metros. En consecuencia, se fortalece la formación, así como la protección del suelo, captura de carbono, presencia de vida silvestre y captación de agua.

En cuanto a fauna, ya se pueden observar mamíferos pequeños como ratones, gran cantidad de aves, insectos y pequeños reptiles como las lagartijas.

En este periodo se realizará otra siembra de palmas, como el guano (Sabal yapa) y se recomienda el establecimiento de esta especie en toda la superficie del predio. Después de los 10 años se espera el establecimiento de forma natural (sin que sean plantados) de especies esciófitas totales como *Platymiscium yucatanum, Hampea trilobata* y *Sideroxylum retusa* entre otras, ya que es posible apreciar una tendencia de dicho gremio a presentarse solo en formaciones selváticas maduras (Sánchez et al, 2007). Por lo tanto, en esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies dado que la vegetación habrá creado de forma natural las condiciones micro ambientales propicias para continuar con su desarrollo como es una cobertura de copa superior al 70%, debido que se espera que la altura promedio del arbolado sea de unos 7 metros, con fustes bien definidos y diámetros del arbolado dominante de 15 a 30 cm.

De esta forma, podemos esperar la conformación de una "selva juvenil" con dominancia en el estrato superior de especies heliófitas y en el estrato inferior ya se podría observar un grupo conspicuo de especies esciófitas totales que inician la colonización del estrato inferior.

Desde un principio, pero principalmente en esta etapa, se debe poner especial atención en la prevención y combate de incendios forestales, debido a que, con el tiempo, se desarrollan condiciones de diversidad biológica, estructura horizontal y vertical, funcionalidad y generación de

una serie de servicios ambientales, la cual es necesario preservar, ya que existen riesgos periódicos como los huracanes que pueden detener e incluso retrasar a la sucesión vegetal. En caso de que los monitoreos detecten que la sucesión vegetal se encuentra detenida, deberá sembrarse una mezcla de especies pioneras y no-pioneras.

La reforestación de todas las especies deberá realizarse en el periodo de lluvias y la planta deberá ser llevada al terreno cuando alcance una altura mayor a los 30 cm, ya que de esta forma se incrementa considerablemente la probabilidad de que las especies rastreras y enredaderas no lleguen a suprimirlas. Finalmente, la biomasa de la selva original puede recuperarse después de algunas décadas (Finegan, 1996); asimismo, la diversidad de especies que existió ahí alguna vez, con todas sus interacciones ecológicas, puede tardar muchos años en restaurarse.

En resumen, se contempla la realización de trabajos de reforestación con mezcla de especies nativas características de la selva mediana subperennifolia de la región; así como su mantenimiento y vigilancia por un periodo de 10 años. Para lo cual, el objetivo será alcanzar un acahual o hubché de baja riqueza de especies arbóreas (nueve en total), densidades intermedias de individuos, bajas existencias volumétricas y alturas promedio de 4 a 8 metros.

También se espera que la vegetación secundaria que se restablezca alcance una estructura vertical y horizontal dominada por especies heliófilas con la presencia de especies esciófitas en los estratos bajos, similar a la que se encuentra en la actualidad en el predio estudiado. Sin embargo, se mantendrá la vigilancia hasta los 10 años, para asegurar un desarrollo aún mayor de la vegetación resultante.

Para la estimación de los costos de las actividades de restauración con motivo del eventual cambio de uso del suelo en terrenos forestales, se realizará una estimación en función de lo que costaría la recuperación de la vegetación a una condición similar a la que presenta actualmente el predio, para lo cual se consideran los siguientes precios y trabajos de campo.

VII.5.1.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación

Podemos considerar que la restauración forestal se refiere al conjunto de actividades tendientes a la rehabilitación de un ecosistema forestal para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales.

De este modo, tenemos que las eventuales actividades de restauración forestal han sido seleccionadas y clasificadas tomando en cuenta que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, misma que alcanza una superficie total de **20.44 ha**.

La estimación de los costos de las actividades de restauración forestal con motivo del eventual cambio de uso del suelo en terrenos forestales se fundamenta en la capacidad de regeneración natural de la vegetación descrita en el presente documento y estimado en función de lo que costaría la recuperación de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, a una condición similar a la que presenta actualmente en este predio.

Se recopilaron costos actualizados de servicios y productos necesarios para llevar a cabo las actividades de restauración propuestas. En este sentido, la lista de actividades de restauración que se presenta es enunciativa más no limitativa, ya que se han tomado en cuenta las principales actividades para llevar a cabo la restauración, mismas que a continuación se enlistan y desglosan:

- *Limpieza o deshierbe*
- *Apertura de cepas*
- *Compra de planta*
- *Transporte*
- *Reforestación*
- *Mantenimiento del área restaurada*
- *Chapeo de malezas*
- *Reposición de plantas (replante)*
- *Monitoreo*
- *Asistencia Técnica*

Limpieza o Deshierbe

Los trabajos de deshierbe del área a restaurar se realiza con la ayuda de herramientas como azadón, coa, hacha o machete, entre otras. De esta forma sólo se trabaja el área donde se colocará la planta, evitando afectaciones innecesarias.

Apertura de cepas

Consiste en hacer un hoyo de dimensiones variables según la calidad del terreno, puede ser cúbico o cilíndrico, generalmente de 30 x 30 x 30 cm, aunque esto varía de acuerdo con la calidad del terreno. La forma de hacer la cepa es la siguiente:

1) Se abre un hoyo de las dimensiones deseadas con ayuda de una pala. En sitios con suelos muy compactados se tendrá que auxiliar con pico o barreta.
2) La tierra que se extraiga de la cepa se amontona a un lado de ésta, para permitir su oreado, así como el de las paredes de la cepa.

Transporte

Previo a la movilización de las plantas al sitio de reforestación, estás serán sometidas a un riego ligero, para evitar su deshidratación. Durante su carga y descarga, se amarrarán las puntas de las hojas evitando daños mecánicos, en el caso de individuos con alturas mayores a los 30 cm que presenten tallos relativamente frágiles, deberán ser atados a una vara de madera (tutor) para evitar que se dañe el tallo.

Reforestación

Consiste en la siembra de las plantas forestales en las cepas abiertas con anterioridad, es importante considerar que la distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta, tomando en cuenta sus etapas juveniles. El Manual Básico elaborado por la Comisión Nacional Forestal, propone una densidad de 625 a 900 plantas considerando vegetación de "selvas medianas y altas".

Tabla 4. Densidades promedio de siembra recomendada por tipo de ecosistema (reglas de operación PROARBOL).

TIPO	Ecosistema (densidad por ha)			
	BOSQUES DE CONÍFERAS	SELVAS MEDIANAS Y ALTAS	SELVAS BAJAS	ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS
Con planta de vivero	Máximo 1,600	Máximo 900	Máximo 900	Máximo 2,000
	Mínimo 1,100	Mínimo 625	Mínimo 625	Mínimo 800
Con material vegetativo	No aplica	No aplica	No aplica	Máximo 4,000
				Mínimo 1,100

Después de colocar cada planta en la cepa correspondiente, primero deberá depositarse la tierra superficial y después la del fondo que se encuentra menos intemperizada; además será necesario compactar con el pie la siembra recién hecha, a fin de eliminar los espacios vacíos que inhiben el crecimiento de la raíz.

La planta será adquirida en viveros autorizados por la autoridad, requiriéndose de individuos con una altura mínima de 30 cm, con un eje central y raíces laterales bien distribuidas, sin raíces envolventes ni creciendo hacia arriba o enraizadas en el terreno, sin malformaciones o plagas.

Para este caso se propone una densidad de 900 plantas/ha (con un espaciamiento de 3.3 X 3.3 m) y un porcentaje mínimo de sobrevivencia del 80%. El trazo será en marco real, dado que permite obtener una siembra uniforme que facilita su mantenimiento, manejo y protección.

Considerando que la superficie total a reforestar es de 20.44 hectáreas, se estima que se requerirá un total de 18,396 plantas para la reforestación de dicha superficie; contemplando un 20% adicional de plantas (3,679 individuos para la reposición de una pérdida estimada en dicho porcentaje) nos da un total de 22,075 plantas.

La reforestación debe llevarse a cabo durante la época de lluvias, una vez que el suelo se encuentra perfectamente húmedo y la temporada de lluvias se haya consolidado, es decir, cuando las precipitaciones son constantes. De esta manera la planta cuenta con mayor tiempo para establecerse, antes de que se presenten condiciones estresantes, como pueden ser temperaturas extremas, sequías o vientos muy fuertes.

VII.5.1.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo

Se considera la eventual construcción de cuatro líneas de 100 m de largo, por 0.3 m de ancho y una profundidad de 0.3 m, cada una y separadas una de otra por una distancia de 20 m, formando una línea continua de 476 m de largo. El tipo de obras de conservación de suelo y agua propuestas son el sistema zanja-bordo continuos que se construirían siguiendo el borde oriental del predio y en donde el volumen de excavación se colocaría paralelo a la línea costera para formar un bordo, que es donde se establecería una línea continua para sembrar las especies consideradas en la

restauración forestal. Estas obras de conservación de suelo y agua también consideran la formación de diques divisores cada 20 m (en este caso resultan cuatro divisiones por cada línea) para controlar la velocidad del flujo de agua.

Con dichas obras de conservación de suelo y agua podrían obtenerse los siguientes beneficios adicionales: disminuyen la velocidad de los escurrimientos, favorecen una mayor infiltración de agua, retienen humedad y favorecen el desarrollo de las especies forestales en el borde aguas abajo del área que deberá restaurarse si se abandonara el proyecto propuesto.

Tabla 5. Costo estimado de las obras de conservación de suelo.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO ($)	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ZANJA BORDO /100 m ($)	COSTO DE LA ZANJA BORDO POR CUATRO LÍNEAS ($)
Trazo de curvas a nivel	Jornal	$400.00	1	$400.00	$1,600.00
Limpia del terreno	Jornal	$400.00	2	$800.00	$3,200.00
Excavación	Jornal	$400.00	4	$1,600.00	$6,400.00
Conformación del bordo	Jornal	$400.00	3	$1,200.00	$4,800.00
TOTALES			**10**	**$4,000.00**	**$16,000.00**

FUENTE: CONAFOR 2007

De esta forma, tenemos una línea continua de conservación de suelos conocida como zanja bordo, con una longitud total de 476 m., la cual costaría aproximadamente $4,000.00, por lo tanto, cuatro líneas de este tipo de obra de conservación de suelo y agua tendrían un costo total de $16,000.00.

VII.5.1.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento

El mantenimiento de las obras realizadas consiste en una serie de acciones encaminadas a favorecer el establecimiento de la plantación, tal como es el replante, riegos de emergencia, control de maleza, etc. de tal manera que tengan mayor probabilidad de sobrevivencia. Esta actividad se mantendrá por dos años, que es el periodo mínimo necesario para que se considere establecida una plantación. Es importante mencionar que el control de la maleza o chapeo de la vegetación se realizará a medio metro de radio alrededor del sitio donde fue plantado cada ejemplar, y se llevará a cabo con una periodicidad semestral, es decir, dos veces al año.

Asistencia técnica.

Para la restauración del área, las actividades aquí mencionadas deberán ser dirigidas por personal capacitado durante el tiempo mínimo necesario para que la vegetación alcance las tallas, composición y nivel de desarrollo que tiene actualmente, si bien se procurará que llegue a un desarrollo estructural aún mayor. Se recomienda que esta actividad deba realizarse por un período no menor a los 10 años.

En el siguiente cuadro se presentan los costos unitarios por unidad de superficie (hectárea) que serán requeridos para cada actividad de restauración. El importe total por hectárea a lo largo de 10 años se estima en alrededor de $ 506,295.36/100 M.N. por hectárea.

Tabla 6. Conceptos y costos de las actividades de restauración forestal por unidad de superficie (Ha).

CONCEPTO	UNIDADES	COSTO UNITARIO	NÚMERO DE UNIDADES	MANO DE OBRA	MATERIALES Y/O MAQUILA	COSTO TOTAL/HA
1.- ESTABLECIMIENTO				**67,215.00**	**33,900.00**	**101,115.00**
1.1.- Preparación del terreno				**6,300.00**	**0.00**	**6,300.00**
Limpieza	Jornales	350.00	6.00	2,100.00	0.00	2,100.00
Despiedre y desenraice	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Guardarraya	Jornales	350.00	8.00	2,800.00	0.00	2,800.00
1.2.- Material vegetativo				**0.00**	**33,900.00**	**33,900.00**
Costos de planta reforestación	Planta	30.00	900.00	0.00	27,000.00	27,000.00
Costos de planta replante	Planta	30.00	180.00	0.00	5,400.00	5,400.00
Transporte de plantas	Planta	1500.00	0.75	0.00	1,500.00	1,500.00
1.3.- Plantación				**26,915.00**	**0.00**	**26,915.00**
Trazo y alineación	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Apertura de pocetas	Jornales	350.00	9.00	3,150.00	0.00	3,150.00
Plantación y fertilización	Jornales	350.00	53	18,427.50	0.00	18,427.50
Replantación	Jornales	350.00	11	3,937.50	0.00	3,937.50
1.4.-Riegos emergentes				**14,000.00**	**0.00**	**14,000.00**
Cercado	Jornales	350.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Riegos	Jornales	350.00	40.00	14,000.00	0.00	14,000.00
1.5.- Materiales				**20,000.00**	**0.00**	**20,000.00**
Picos o Coa	Pieza	250.00	12.00	3,000.00	0.00	3,000.00
Aspersora manual	Pieza	2500.00	2.00	5,000.00	0.00	5,000.00
Palas y carretillas	Pieza	1000.00	12.00	12,000.00	0.00	12,000.00

2.- CULTIVO Y MANTENIMIENTO				**28,700.00**	**4,000.00**	**32,700.00**
2.1.- Labores culturales (mano de obra)				**28,700.00**	**0.00**	**28,700.00**
Deshierbe	Jornales	350.00	36.00	12,600.00	0.00	12,600.00
Aplicación de fertilizantes	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Podas	Jornales	350.00	6.00	2,100.00	0.00	2,100.00
Aclareos	Jornales	350.00	2.00	700.00	0.00	700.00
Cajeteo	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Prevención de plagas y enfermedades	Jornales	350.00	30.00	10,500.00	0.00	10,500.00
2.2.- Adquisición de insumos				**0.00**	**4,000.00**	**4,000.00**
Compra de fertilizante	Kilogramo	4.00	250.00	0.00	1,000.00	1,000.00
Compra de insecticidas	Kg y lts (lote)	1800.00	1.00	0.00	1,800.00	1,800.00
Compra de combustible y lubricantes	Litros	60.00	20.00	0.00	1,200.00	1,200.00
3.- PROTECCIÓN Y VIGILANCIA				**121,800.00**	**0.00**	**121,800.00**
Mantenimiento de Brechas	Jornales	350.00	60.00	21,000.00	0.00	21,000.00
Vigilancia	Jornales	350.00	3600.00	100,800.00	0.00	100,800.00
4.- DIVERSOS				**247,480.36**	**3,200.00**	**250,680.36**
Adquisición de equipo y herramientas	Lote	3200.00	1.00	0.00	3,200.00	3,200.00
Administración	Contrato	2500.00	12.00	107,600.16	0.00	107,600.16
Asistencia técnica	Contrato	6500.00	6.00	139,880.21	0.00	139,880.21
TOTAL DEL COSTO POR HA				**465,195.36**	**41,100.00**	**506,295.36**

Bajo el supuesto de que se hubiera efectuado el cambio de uso de suelo y desde la perspectiva del análisis de estructura y funcionalidad del ecosistema, lo que costaría llevar un área de **20.44 ha**, a un estado cuando menos con el mismo grado de desarrollo (antes del cambio de uso del suelo), es decir, a una condición similar a como se encuentra actualmente, alcanzando un monto aproximado de $ 10´348,677.00. Lo cual implica realizar una serie de labores culturales para lograr el establecimiento de las especies requeridas, así como proporcionar el mantenimiento, vigilancia y monitoreo por un periodo de 10 años.

El costo promedio anual para la realización de estas actividades en la superficie propuesta para el eventual cambio de uso de suelo (20.44 ha), es de alrededor de $ 1'034,868.00 pesos M.N. anuales. En el siguiente cuadro se presentan los costos/ha de las actividades de restauración a lo largo de los 10 años que se proponen para su ejecución.

Tabla 7. Estimación del costo de las actividades de restauración por hectárea por un periodo de 10 años.

CONCEPTO	COSTOS DE REFORESTACIÓN Y MANTENIMIENTO A 10 AÑOS PARA 1 HA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
1.- ESTABLECIMIENTO	**85215**	**8900**	**3500**	**3500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**101115**
1.1.- Preparación del terreno	**6300**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**6300**
Limpieza	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2100
Despiedre y desenraice	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1400
Guardarraya	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2800
1.2.- Material vegetativo	**28500**	**5400**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**33900**
Costo de plantas	27000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27000
Costos de planta replante	0	5400	0	0	0	0	0	0	0	0	5400
Transporte de plantas	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500
1.3.- Siembra o plantación	**26915**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**26915**
Trazo y alineación	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1400
Apertura de pocetas	3150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3150
Plantación y fertilización	18427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18427
Replantación	3938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3938
1.4.- Riegos Emergentes	**3500**	**3500**	**3500**	**3500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**14000**
Cercado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Riegos	3500	3500	3500	3500	0	0	0	0	0	0	14000
1.5.- Materiales	**20000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**20000**
Picos	3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000
Aspersora manual	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000
Palas y carretillas	12000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12000
2.- CULTIVO Y MANTENIMIENTO	**6950**	**7650**	**7650**	**2750**	**1050**	**1050**	**1050**	**1750**	**1050**	**1750**	**32700**
2.1.- Labores culturales	**5950**	**6650**	**6650**	**1750**	**1050**	**1050**	**1050**	**1750**	**1050**	**1750**	**28700**
Deshierbes	4200	4200	4200	0	0	0	0	0	0	0	12600
Aplicación de fertilizantes (año 1 al 4)	350	350	350	350	0	0	0	0	0	0	1400
Podas	0	700	700	0	0	0	0	0	0	700	2100
Aclareos	0	0	0	0	0	0	0	700	0	0	700
Cajeteo	350	350	350	350	0	0	0	0	0	0	1400
Prevención de plagas y enfermedades	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	10500
2.2.- Adquisición de insumos	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4000**
Compra de fertilizante	250	250	250	250	0	0	0	0	0	0	1000
Compra de insecticidas	450	450	450	450	0	0	0	0	0	0	1800
Compra de combustible y lubricantes	300	300	300	300	0	0	0	0	0	0	1200
3.- PROTECCIÓN Y VIGILANCIA	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**121800**
Mantenimiento de Brechas	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	21000
Vigilancia	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	100800
4.- DIVERSOS	**25548**	**25548**	**25548**	**25548**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**250680**

Adquisición de equipo y herramientas	800	800	800	800	0	0	0	0	0	0	3200
Administración	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	107600
Asistencia técnica	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	139880
TOTAL DEL COSTO POR UNA HECTÁREA.	**129893**	**54278**	**48878**	**43978**	**37978**	**37978**	**37978**	**38678**	**37978**	**38678**	**506295**

CAPÍTULO VIII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

CONTENIDO

VIII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas.....3
VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto.....3
VIII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas de mitigación 5
VIII.3 Descripción y análisis del escenario con proyecto y con medidas de mitigación 6
VIII.4 Pronostico ambiental.....7
VIII.5 Evaluación de alternativas.....7
VIII.6 Conclusión.....7

VIII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

En lo siguiente se presenta un análisis para visualizar los posibles escenarios futuros del sitio donde se pretende desarrollar el proyecto, considerando los impactos de las obras y actividades. Para lo cual, se realiza la proyección de tres escenarios, el primero sin la ejecución del proyecto, el segundo con la realización de éste sin considerar las medidas de mitigación, mientras que el tercero, con el desarrollo aplicando dichas medidas; lo anterior, con la finalidad de lograr una perspectiva de la situación referente a los aspectos ambientales y técnicos.

Cada escenario resultante parte de la tendencia de los procesos que actualmente ocurren en la región de manera independiente a la ejecución del proyecto, e incorpora además de los impactos potenciales asociados con su construcción y las medidas de mitigación establecidas en el estudio.

VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

En lo siguiente, se describe el escenario sin considerar el proyecto como variable de cambio. Este análisis se basa en las tendencias de cambio esperadas para el Sistema Ambiental Regional, considerando los instrumentos de planeación que regulan la zona, ya que las tendencias de cambio más importantes dependen en gran medida de los usos de suelo permitidos para cada zona del SAR.

A continuación, se describe el escenario para el sitio de estudio sin considerar el proyecto como variable de cambio. Este análisis se basa en las tendencias de cambio esperadas para el SAR, considerando los instrumentos de planeación que regulan la zona. El sitio del proyecto está regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio de Solidaridad. El proyecto se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental número 14.

El predio denominado Che-hum, se encuentra en el Km 299 frente al Complejo Ocean Maya Royale km sobre la Carretera Federal 307; a 3.00 km desde la localidad de Playa del Carmen con dirección a Cancún, desviación izquierda a 4.00 km sobre el camino de terracería, en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Derivado del análisis y muestreo de la vegetación en el sitio de CUSTF se presenta vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia. Se registraron para el estrato alto; 54 especies y 598 individuos inventariados; las más abundantes: *Bursera simaruba* que representa el 19.90% de los individuos y *Lysiloma latisiliquum* con 14.72%. De tal forma que en conjunto representan el 34.62% de los individuos existentes en el estrato alto. la abundancia por especie presenta una uniformidad intermedia, ya que el índice de equitatividad es de 0.7838 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 21.62%, por lo tanto, puede considerarse que la diversidad biológica es media. En cuanto al índice de Margalef, podemos observar un valor de 8.2896 lo que nos dice que se considera una diversidad biológica muy alta; lo cual también es considerado así por Simpson con un valor de 0.9175.

Mientras que, en el estrato medio se registraron 49 especies y una abundancia de 555 individuos inventariados, tenemos que son dos las especies de mayor importancia, las cuales son *Nectandra coriacea* que representa el 11.53% del total de individuos y *Bauhinia jenningsii* con el 10.45%. Este grupo de especies representan apenas el 21.98% del total de los individuos presentes en el estrato

arbustivo del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. En este estrato tenemos que la abundancia por especie presenta una notable uniformidad, ya que el índice de equitatividad es de 0.8455 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 15.45%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica es alta. También tenemos que, de acuerdo con el índice de diversidad de Margalef, cuyo es 7.5962 la biodiversidad se considera como alta; sin embargo, Simpson considera una diversidad muy alta, con un valor de 0.9440.

Con respecto al estrato bajo, tenemos un total de 37 especies en el caso del estrato bajo y 546 individuos documentados, tenemos que solo una de ellas es la más importante: *Elytraria imbricata* con el 25.27% del número total de individuos presentes en dicho estrato. la abundancia por especie presenta una regularidad intermedia, ya que el índice de equitatividad alcanza un valor de 0.7957 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 20.43%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica se encuentra en término medio tendiendo a ser alta. Asimismo, el índice de Simpson con 0.9028 nos dice que se trata de una diversidad biológica alta; al igual que para Margalef, con un valor de 5.7119 se considera que la biodiversidad es también alta.

La vegetación del predio se encuentra distribuida en 3 estratos, presentando índices de diversidad de medios a altos, considerándose en un estado medio de conservación, con pocos a nulos disturbios sin mayores impactos de origen antropogénico.

Con respecto a la fauna, se registraron 24 especies de fauna silvestre con 65 individuos, pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 50 individuos registrados pertenecientes a 17 especies, 05 órdenes, 10 familias y 15 géneros; seguido en orden de importancia está el grupo de los mamíferos con 14 individuos registrados, pertenecientes a 06 especies distribuidas en 03 órdenes, 04 familias y 06 géneros; y finalmente los reptiles con 01 individuo registrado, perteneciente a 01 especies, 01 orden, 01 familia y 01 género. No se encontraron anfibios.

Como se muestra, el predio tiene la presencia de 3 grupos faunísticos, siendo el grupo de las aves el más abundante y con mayor riqueza. El segundo grupo con mayor presencia son los mamíferos, lo cual resulta importante, debido a que estos son considerados bioindicadores, es decir, especies que son altamente sensibles a las variaciones de la calidad de su entorno. Por ejemplo, los cambios en el hábitat de los mamíferos terrestres generan respuestas diferentes de acuerdo con la especie. La presencia o ausencia de mamíferos puede servir como un indicador de la calidad e integridad de un sistema natural, por lo que, se presume que el predio se encuentra en un estado de conservación medio.

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, en el predio se identifica un estrato de roca caliza consolidada hasta una profundidad máxima de 15 m, sin embargo, se identifica el manto freático a una profundidad entre 4 y 5 m.

La dinámica socio-económica, muestra tendencias de aprovechamiento y vocación minera en el área, de tal forma que existen proyecto de naturaleza similar en los alrededores. Por otra parte, con la tasa de crecimiento poblacional del municipio en aumento y el desarrollo de proyectos de importancia regional, la demanda de materias primas como son los materiales pétreos obliga a la

apertura de bancos de material, de tal forma que en la zona existe una presión antropogénica, que podría ocasionar su degradación en el mediano y largo plazo por el crecimiento de proyecto extractivos no controlados.

En este sentido, el predio sin el proyecto supondría en un mediano y largo plazo la degradación paulatina de la vegetación existente, así como la migración de la fauna identificada debido a la pérdida de sus hábitats.

VIII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas de mitigación

El desarrollo del proyecto sin considerar la aplicación de medidas de prevención y mitigación ocasionaría impactos permanentes, irreversibles, acumulativos, con alto grado de afectación al sistema ambiental del proyecto en sus componentes físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos.

De tal forma, que los impactos que pudieran presentarse si no se consideran las medidas mitigación en las diferentes etapas del proyecto corresponden a las siguientes:

1. En el factor agua:

- Deterioro del acuífero por la disposición inadecuada de las aguas residuales provenientes de los sanitarios portátiles o baños fijos debido el ingreso de organismos fecales y de nutrientes como nitrógeno amoniacal, así como de contaminantes emergentes como la cafeína o residuos de medicamentos por su expulsión vía urinaria durante el proyecto.
- Reducción de la calidad de agua subterránea resultado de la modificación de la morfología y patrones de escurrimientos naturales.
- Reducción del área de recarga del acuífero resultado de la remoción del suelo por el desmonte y despalme.

2. En el factor suelo:

- Disminución de la permeabilidad del suelo.
- Incremento en los procesos erosivos del suelo al aumentar su exposición a la erosión eólica e hídrica posterior a las actividades del proyecto.
- Dispersión de polvos durante las actividades de remoción del suelo.
- Contaminación del suelo por manejo y disposición inadecuada de residuos líquidos y sólidos durante las etapas del proyecto.
- Pérdida del suelo vegetal como soporte de vegetación y hábitat.
- Modificación en la estructura y topografía del suelo.
- Alteración de la calidad del suelo por el potencial derrame de sustancias contaminantes.

3. En el factor paisaje:

- Cambio en la calidad del paisaje
- Modificación de la forma y composición del paisaje por las actividades de la etapa de preparación el sitio y construcción y operación y mantenimiento.

- Incremento de componentes antrópicos.

4. En el factor aire:

- Reducción de la calidad de aire por contaminación del aire por exceso de ruido o por combustión deficiente
- Reducción de la calidad de aire por contaminación del aire por la generación de material particulado.

5. En el factor vegetación:

- Pérdida de las comunidades vegetales arbóreas y herbáceas en el área del proyecto.
- Reducción de la abundancia florística.

6. En el factor fauna:

- Eliminación directa de ejemplares de especies faunísticas.
- Atracción de fauna nociva por el manejo inadecuado de los residuos generados.
- Pérdida o alteración de hábitat de grupos faunísticos.
- Desplazamiento de especies faunísticas fuera del área del proyecto.
- Reducción de la distribución, áreas de anidación, alimentación y refugios de fauna.

En relación con el componente socioeconómico pueden considerarse los siguientes impactos:

- Generación de empleos y derrama económica
- Incremento de riesgo de lesiones y enfermedades ocupacionales por trabajo con maquinaria pesada durante las etapas del proyecto.

En resumen, el proyecto sin la aplicación de medidas de mitigación supondría impactos extensos, irreversibles, muy sinérgicos y permanentes, con alto grado de afectación al sistema ambiental del proyecto en sus componentes físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos.

VIII.3 Descripción y análisis del escenario con proyecto y con medidas de mitigación

Cuando son consideradas medidas de mitigación en el desarrollo de un proyecto, los impactos reales y potenciales se pueden minimizar y en algunos casos revertir, de tal manera que el escenario considerando las medidas de mitigación muestra al sitio del proyecto con impactos puntuales de intensidad media alta y crítica, sin embargo, limitados a las áreas de aprovechamiento.

Los factores ambientales que tendrán mayor afectación por el proyecto son el agua, el suelo, el paisaje y el aire. El suelo será impactado de manera definitiva en su topografía y conformación geomorfológica por la explotación del banco, condición que reducirá los patrones de escurrimientos naturales disminuyendo su permeabilidad, además se modificará significativamente el paisaje, por otra parte, se generará gran cantidad de material particulado; sin embargo, con las actividades previstas en la etapa de abandono que incluye restauración del sitio y reforestación se mitigará los efectos adversos.

Las medidas de mitigación que se proponen para todas las etapas (preparación de sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono del sitio) del proyecto ayudarán a mitigar la mayoría de los impactos negativos en el sitio puntual del proyecto, con lo que se busca mantener las características y la funcionalidad del sistema ambiental.

A su vez, existirá un impacto positivo a futuro por la generación de empleos temporales y permanentes, directos e indirectos durante todas las fases de desarrollo del proyecto, de tal manera que, habrá un bienestar social general.

En este sentido, el escenario ambiental a futuro que se observa con el proyecto aplicando las medidas de mitigación correspondientes, es aquel en el que el proyecto ocasionará impactos puntuales en el medio terrestre, los cuales serán restituidos o mitigados con medidas que se definen para tales efectos.

VIII.4 Pronostico ambiental

El resultado del análisis previo de los distintos escenarios ambientales del sitio donde se ubica el proyecto: 1. Sin proyecto, 2. Con el proyecto sin considerar medidas de mitigación, y 3. Con el proyecto considerando las medidas de mitigación. Se determina que el proyecto buscará reducir los posibles impactos negativos sobre los distintos factores al considerar las medidas de mitigación señaladas con anterioridad.

Por otra parte, se consideran implicaciones positivas del proyecto consistentes en: 1. Que la operación y mantenimiento abastecerá la creciente demanda de materias primas como son los materiales pétreos de la zona, así mismo, se crearán de empleos temporales que contribuirán a incrementar la calidad de vida y el bienestar de las personas beneficiadas.

Si bien en cierto que se producirán impactos irreversibles, en el proyecto se consideran acciones para la recuperación en el largo plazo del área.

VIII.5 Evaluación de alternativas

No se tienen alternativas en cuanto a la ubicación del aprovechamiento, por lo que un sitio alternativo implicaría la búsqueda de un nuevo terreno disponible y pérdidas económicas.

VIII.6 Conclusión

En conclusión, el escenario esperado para el proyecto, es viable. Los impactos esperados son mitigables, prevenibles y los impactos residuales mitigables; siempre que se apliquen las medidas de mitigación previstas en este estudio.

Considerando las condiciones del sitio en el que se propone el aprovechamiento, en función del espacio estudiado que la acoge, de la valoración de los impactos ambientales adversos potenciales previsto y de las medidas de protección propuestas, se estima que el cambio en el SAR, a consecuencia del aprovechamiento, es irrelevante en términos de ocupación territorial y consumo de recursos.

De la valoración realizada, se estimó que existirán impactos positivos que, dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, han de ser potenciados.

No se omite indicar que, hasta cierto punto, en toda evaluación ambiental existe un grado de incertidumbre sobre los impactos ambientales derivado de la complejidad de los sistemas naturales. Para minimizar esta posible fluctuación el proyecto se basa en la adopción del principio de precaución que lleva a proponer medidas, incluso, para los impactos ambientales de mínima magnitud. Las medidas especificadas y aquellas planteadas en este documento permiten que el proyecto incida favorablemente en el contexto del Sistema Ambiental Regional.