MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO I
DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE

1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....3
1.1 PROYECTO.....3
1.1.1 Nombre del proyecto.....3
1.1.2 Ubicación del proyecto.....3
1.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto.....3
1.2 Promovente.....3
1.2.1 Nombre o razón social.....3
1.2.2 Registro Federal del Contribuyente del promovente.....3
1.2.3 Nombre y cargo del representante legal.....3
1.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.....3
1.3 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.....4
1.3.1 Nombre o razón social.....4
1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP.....4
1.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio.....4
1.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio.....4
1.4 Participantes de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.....4

1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.1 PROYECTO

1.1.1 Nombre del proyecto

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales del proyecto: "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**".

1.1.2 Ubicación del proyecto

El **Área del Proyecto (AP)** se ubica dentro del municipio de **Benito Juárez** dentro del estado de **Quintana Roo**. Como puntos de referencia, se menciona que se encuentra al **oeste de la ciudad de Cancún a aproximadamente 15 km**, y a aproximadamente 8.5 km de las vías del Megaproyecto Tren Maya. Para llegar al sitio, se requiere viajar al sur de la ciudad de Cancún rumbo y tomar la carretera federal 307. Avanzados 5.8 km, pasando el núcleo de Alfredo V. Bonfil se encuentra un camino rural y se incorpora a la derecha avanzando aproximadamente 5.5 km para llegar al AP.

1.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

El proyecto **"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" estima una vida útil de 24 meses.

1.2 PROMOVENTE

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.2.3 Nombre y cargo del representante legal

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.3.1 Nombre o razón social

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.4 PARTICIPANTES DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO II
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO....3
2.1 Información general del proyecto....3
2.1.1 Naturaleza del proyecto....3
2.1.3. Selección del sitio....4
2.1.4. Ubicación física del proyecto y planos de localización....5
2.1.5. Inversión requerida....5
2.1.6. Dimensiones del proyecto....6
2.1.7. Uso actual del suelo....10
2.1.8. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos....11
2.2. Características particulares del proyecto....12
2.2.1. Programa general de trabajo....12
2.2.2. Elaboración de estudios de factibilidad....15
2.2.2.1. Topografía....15
2.2.2.2. Mecánica de suelos....15
2.2.2.3. Estudio geológico e hidrológico....15
2.2.2.4. Recorridos prospectivos para el reconocimiento biológico....15
2.2.3. Preparación del sitio....15
2.2.4. Actividades de limpieza y desmantelamiento de obras provisionales....19
2.2.5. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera....20

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" ubicado en el municipio de **Benito Juárez,** en el estado de **Quintana Roo**, consiste únicamente en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) en un área cubierta con **vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ).** Las actividades principales incluyen la remoción de cobertura vegetal forestal y el despalme que corresponden a las actividades del cambio de uso del suelo. Se destaca que la necesidad de la solicitud de la evaluación de impacto ambiental que se somete en este estudio es única para el CUSTF que servirá para preparar el terreno para la extracción de materiales pétreos para la construcción de la Terminal Multimodal Cancún del Tramo 5N del Tren Maya.

2.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto denominado "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**", ubicado en el municipio de **Benito Juárez**, Quintana Roo, está vinculado al megaproyecto del Tren Maya; la superficie solicitada es para preparar el sitio donde se destinará la extracción y generación del material para la construcción de los edificios e infraestructura de la Terminal Multimodal Cancún ubicada dentro del Tramo 5N del Tren Maya. Es importante destacar que la extracción de materiales pétreos ya ha sido autorizada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo (SEMA) para dicha extracción bajo el número de oficio **SEMA/DS/SGPA/DIRA/1001/2025** emitido el 30 de abril de 2025 (ANX I.1. Autorización SEMA) y el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales se tramitará de manera paralela ante la DGGFSOE de la SEMARNAT.

En esta MIA-P, se somete para evaluación una superficie de **44.1027 ha en donde se establece vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ)** para obtener la autorización en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en conformidad con lo establecido en los artículos 28, Frac. VII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y Art. 5°, inciso O, fracción III de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; así mismo se tramitará el Estudio Técnico Justificativo para dar cumplimiento a las disposiciones contenidas en el artículo 93 de la Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Las actividades relativas al CUSTF se realizarán en estricto apego a lo estipulado en la Normatividad Ambiental vigente a nivel federal como lo determina la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento; la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento (gestión de cambio de uso de suelo en terrenos forestales). Los lineamientos establecidos en el marco legal aplicable para este proyecto señalan la necesidad de llevar a cabo diferentes estrategias para lograr mantener la estabilidad del resto de elementos ambientales que ocurren en el sitio del CUSTF, tales como la vegetación de los alrededores, fauna silvestre y aguas subterráneas, suelo, entre otros.

Dentro de las estrategias adoptadas para prevenir impactos ambientales se incluye el uso de caminos, senderos y brechas existentes para minimizar la perturbación de la flora y fauna presente en el área, así como medidas para el manejo adecuado de maquinaria y residuos, la realización de acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, entre otras detalladas en los siguientes capítulos de esta MIA-P.

2.1.2. Justificación y objetivos

El proyecto constituye la utilización de un sitio para la extracción de materiales pétreos. Este sitio estará estratégicamente ubicado para tener la mínima distancia posible a la Terminal Multimodal Cancún del Tramo 5N del Tren Maya. De este modo se cuenta con un frente de obra en la Terminal Multimodal Cancún del Tramo 5N del Tren Maya, mismo que requieren de materiales pétreos para la edificación de la infraestructura de dicha terminal.

Por tanto, el proyecto contempla el préstamo de los materiales pétreos mejor conocidos como sascab (grava y arena) en el área del "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**", el cual tiene una superficie de **44.1027 ha**. De esta área, se pretende realizar la extracción previa al nivel freático (se anexa el estudio técnico "Perfil Geotécnico", el cual indica con precisión el Nivel de Aguas Freáticas (NAR) y la profundidad a la que se encuentran los distintos tipos de materiales pétreos, con el objetivo de demostrar que la extracción será previa al nivel freático) y posterior a la aplicación de los programas de rescate de flora y fauna del área a desmontar.

La extracción del banco de material traerá beneficios a los pobladores del municipio, principalmente a las localidades cercanas al banco, ya que durante la operación del banco se generan empleos temporales, lo que contribuirá a la mejora de la calidad de vida de las familias.
Como objetivos generales se plantearon los siguientes:

- La ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**".
- Llevar a cabo el retiro (desmonte y despalme) de **vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ),** corroborado en campo, en **44.1027 ha** correspondientes al polígono del área del proyecto (AP).

2.1.3. Selección del sitio

El Área del Proyecto (AP) donde se llevará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a una extensión de **44.1027 ha**. El sitio se seleccionó considerando la existencia de materiales pétreos, así como su cercanía con asentamientos humanos y vías de comunicación existentes, con la finalidad de minimizar las inversiones en infraestructura, además de impactar en la menor medida posible los recursos naturales de la zona. Otros criterios utilizados para la elección del área para el proyecto fueron:

- No existe ningún tipo de infraestructura en el entorno que pueda ser afectada por el desarrollo de las actividades de CUSTF.
- Disponibilidad de mano de obra en la zona y la necesidad de generar fuentes de empleo.
- Impulso a la economía y productividad del área existe ningún tipo de infraestructura en el entorno que haya y sea afectado por el desarrollo de las actividades de CUSTF del proyecto.

2.1.4. Ubicación física del proyecto y planos de localización

El Área del Proyecto (AP) se ubica dentro del municipio de Benito Juárez dentro del estado de Quintana Roo. Como puntos de referencia, se menciona que se encuentra al oeste de la ciudad de Cancún a aproximadamente 15 km, y a aproximadamente 8.5 km de las vías del Megaproyecto Tren Maya. Para llegar al sitio, se requiere viajar al sur de la

ciudad de Cancún rumbo y tomar la carretera federal 307. Avanzados 5.8 km, pasando el núcleo de Alfredo V. Bonfil se encuentra un camino rural y se incorpora a la derecha avanzando aproximadamente 5.5 km para llegar al AP.

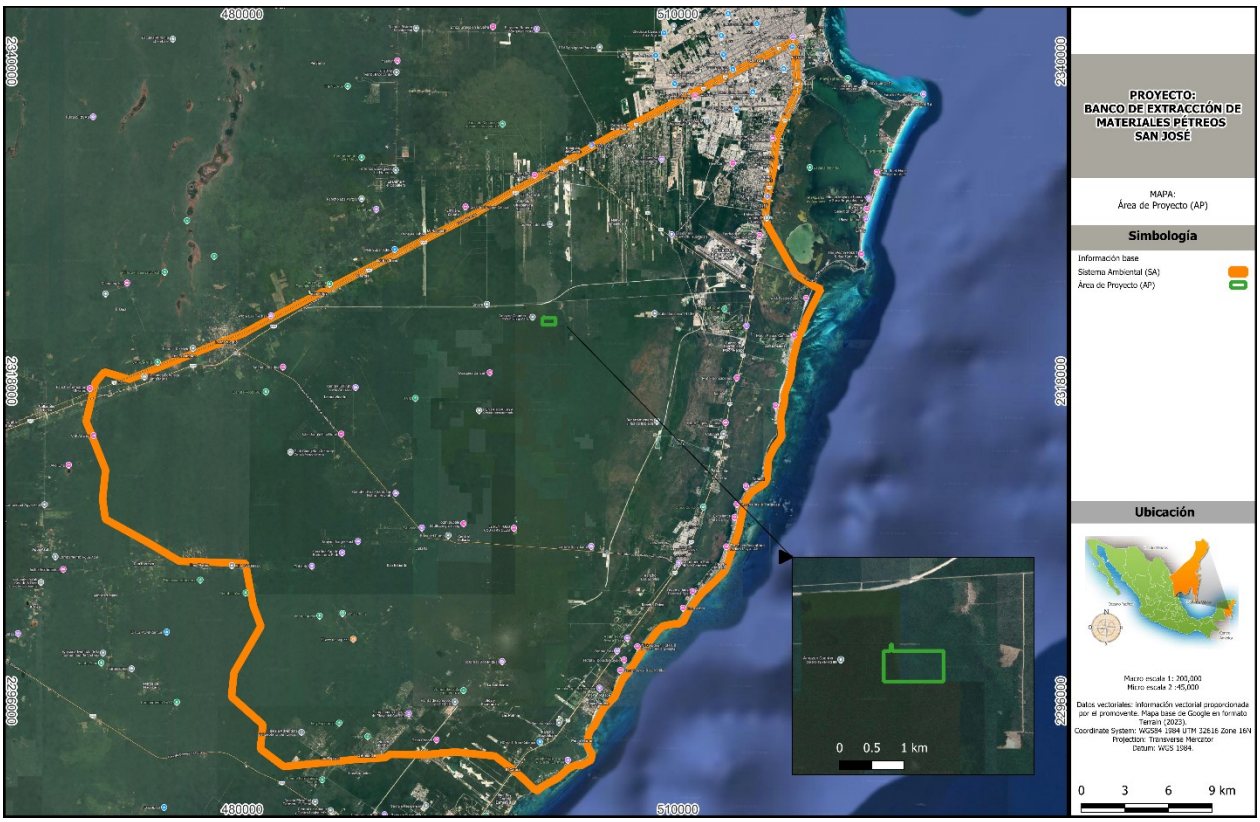


Figura 1. Ubicación del área del proyecto (AP).

2.1.5. Inversión requerida

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

2.1.6. Dimensiones del proyecto

La superficie del cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**", ubicado en el municipio de **Benito Juárez (Quintana Roo)**, tiene una superficie total de **44.1027 ha**, la cual se encuentra inmersa en dos predios denominados Predio San José y Predio El Volante que suman una superficie de **539.4634 ha.** En ese sentido, la superficie que se pretende solicitar para CUSTF corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), de acuerdo con lo verificado con la serie VII del conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2021) y las

corroboraciones en campo. Se anexan las coordenadas UTM del predio y del área del proyecto en las siguientes tablas.

Tabla 1. Coordenadas de área de CUSTF, Proyección UTM 32616, WGS84.

Vértices	Coordenadas	
	Este X	Norte Y
1	501757.0645	2322369.1320
2	501757.3475	2321846.4790
3	500912.8543	2321846.0230
4	500913.9098	2322368.6760

Información disponible para consulta en *ANX. II. Proyectos y autorizaciones.*

Tabla 2. Coordenadas del predio del proyecto, Proyección UTM 32616, WGS84.

Predio	Vértice	Este X	Norte Y	Predio	Vértice	Este X	Norte Y
El Volante	1	500323.5501	2321709.5900	San José	1	502855.5173	2321277.0420
El Volante	2	500327.6958	2323221.3610	San José	2	502857.3753	2321645.6650
El Volante	3	500327.6980	2323221.3350	San José	3	501452.7033	2321681.0290
El Volante	4	500991.8750	2323242.0330	San José	4	501452.7013	2321681.0280
El Volante	5	500994.5935	2323242.1880	San José	5	501461.3160	2323369.8430
El Volante	6	500997.3116	2323242.3490	San José	6	501461.3180	2323369.8440
El Volante	7	501000.0293	2323242.5170	San José	7	501462.3666	2323370.3850
El Volante	8	501002.7466	2323242.6910	San José	8	501463.4145	2323370.9270
El Volante	9	501005.4635	2323242.8720	San José	9	501464.4620	2323371.4700
El Volante	10	501008.1800	2323243.0590	San José	10	501465.5089	2323372.0140
El Volante	11	501010.8960	2323243.2520	San José	11	501466.5552	2323372.5590
El Volante	12	501013.6116	2323243.4520	San José	12	501467.6010	2323373.1050
El Volante	13	501016.3267	2323243.6580	San José	13	501468.6462	2323373.6530
El Volante	14	501019.0413	2323243.8700	San José	14	501469.6909	2323374.2010
El Volante	15	501021.7554	2323244.0880	San José	15	501470.7351	2323374.7500
El Volante	16	501024.4690	2323244.3130	San José	16	501471.7786	2323375.3010
El Volante	17	501027.1821	2323244.5450	San José	17	501472.8216	2323375.8520
El Volante	18	501029.8946	2323244.7820	San José	18	501473.8641	2323376.4050
El Volante	19	501032.6065	2323245.0260	San José	19	501474.9060	2323376.9590
El Volante	20	501035.3179	2323245.2760	San José	20	501475.9473	2323377.5130
El Volante	21	501038.0287	2323245.5330	San José	21	501476.9881	2323378.0690
El Volante	22	501040.7389	2323245.7960	San José	22	501478.0283	2323378.6260
El Volante	23	501043.4484	2323246.0650	San José	23	501479.0680	2323379.1840
El Volante	24	501046.1574	2323246.3400	San José	24	501480.1071	2323379.7430
El Volante	25	501048.8656	2323246.6220	San José	25	501481.1456	2323380.3030
El Volante	26	501051.5733	2323246.9100	San José	26	501482.1836	2323380.8630
El Volante	27	501054.2802	2323247.2050	San José	27	501483.2209	2323381.4260
El Volante	28	501056.9864	2323247.5050	San José	28	501484.2578	2323381.9890
El Volante	29	501059.6919	2323247.8130	San José	29	501485.2940	2323382.5530
El Volante	30	501062.3967	2323248.1260	San José	30	501486.3297	2323383.1180
El Volante	31	501065.1008	2323248.4460	San José	31	501487.3648	2323383.6840
El Volante	32	501067.8041	2323248.7720	San José	32	501488.3993	2323384.2510
El Volante	33	501070.5067	2323249.1040	San José	33	501489.4333	2323384.8200
El Volante	34	501073.2084	2323249.4430	San José	34	501490.4667	2323385.3890
El Volante	35	501075.9094	2323249.7870	San José	35	501491.4995	2323385.9600
El Volante	36	501078.6095	2323250.1390	San José	36	501492.5317	2323386.5310
El Volante	37	501081.3089	2323250.4960	San José	37	501493.5634	2323387.1030
El Volante	38	501084.0073	2323250.8600	San José	38	501494.5945	2323387.6770
El Volante	39	501086.7050	2323251.2300	San José	39	501495.6250	2323388.2520
El Volante	40	501089.4017	2323251.6070	San José	40	501496.6549	2323388.8270
El Volante	41	501092.0976	2323251.9890	San José	41	501497.6842	2323389.4040
El Volante	42	501094.7926	2323252.3780	San José	42	501498.7130	2323389.9820
El Volante	43	501097.4866	2323252.7730	San José	43	501499.7411	2323390.5600
El Volante	44	501100.1798	2323253.1750	San José	44	501500.7687	2323391.1400

Predio	Vértice	Este X	Norte Y	Predio	Vértice	Este X	Norte Y
El Volante	45	501102.8719	2323253.5830	San José	45	501501.7957	2323391.7210
El Volante	46	501105.5632	2323253.9970	San José	46	501502.8221	2323392.3030
El Volante	47	501108.2534	2323254.4170	San José	47	501503.8479	2323392.8860
El Volante	48	501110.9427	2323254.8440	San José	48	501504.8731	2323393.4700
El Volante	49	501113.6309	2323255.2770	San José	49	501505.8978	2323394.0550
El Volante	50	501116.3182	2323255.7160	San José	50	501506.9218	2323394.6400
El Volante	51	501119.0044	2323256.1620	San José	51	501507.9453	2323395.2280
El Volante	52	501121.6896	2323256.6130	San José	52	501508.9681	2323395.8160
El Volante	53	501124.3737	2323257.0710	San José	53	501509.9904	2323396.4050
El Volante	54	501127.0567	2323257.5360	San José	54	501511.0121	2323396.9950
El Volante	55	501129.7386	2323258.0060	San José	55	501512.0331	2323397.5860
El Volante	56	501132.4195	2323258.4830	San José	56	501513.0536	2323398.1780
El Volante	57	501135.0992	2323258.9660	San José	57	501514.0735	2323398.7710
El Volante	58	501137.7777	2323259.4550	San José	58	501515.0927	2323399.3660
El Volante	59	501140.4552	2323259.9510	San José	59	501516.1114	2323399.9610
El Volante	60	501143.1314	2323260.4520	San José	60	501517.1295	2323400.5570
El Volante	61	501145.8065	2323260.9600	San José	61	501518.1470	2323401.1550
El Volante	62	501148.4804	2323261.4750	San José	62	501519.1638	2323401.7530
El Volante	63	501151.1531	2323261.9950	San José	63	501520.1801	2323402.3520
El Volante	64	501153.8246	2323262.5220	San José	64	501521.1957	2323402.9530
El Volante	65	501156.4948	2323263.0550	San José	65	501522.2108	2323403.5540
El Volante	66	501159.1638	2323263.5940	San José	66	501523.2252	2323404.1570
El Volante	67	501161.8315	2323264.1390	San José	67	501524.2390	2323404.7600
El Volante	68	501164.4980	2323264.6910	San José	68	501525.2522	2323405.3650
El Volante	69	501167.1631	2323265.2490	San José	69	501526.2648	2323405.9700
El Volante	70	501169.8269	2323265.8130	San José	70	501527.2768	2323406.5770
El Volante	71	501172.4894	2323266.3830	San José	71	501528.2882	2323407.1850
El Volante	72	501175.1506	2323266.9600	San José	72	501529.2990	2323407.7930
El Volante	73	501177.8104	2323267.5420	San José	73	501530.3091	2323408.4030
El Volante	74	501180.4689	2323268.1310	San José	74	501531.3186	2323409.0130
El Volante	75	501183.1260	2323268.7260	San José	75	501532.3276	2323409.6250
El Volante	76	501185.7817	2323269.3280	San José	76	501533.3359	2323410.2380
El Volante	77	501188.4359	2323269.9350	San José	77	501534.3435	2323410.8520
El Volante	78	501191.0888	2323270.5490	San José	78	501535.3506	2323411.4660
El Volante	79	501193.7402	2323271.1690	San José	79	501536.3570	2323412.0820
El Volante	80	501196.3901	2323271.7950	San José	80	501537.3628	2323412.6990
El Volante	81	501199.0386	2323272.4270	San José	81	501538.3680	2323413.3170
El Volante	82	501201.6856	2323273.0650	San José	82	501539.3726	2323413.9350
El Volante	83	501204.3311	2323273.7100	San José	83	501540.3765	2323414.5550
El Volante	84	501206.9751	2323274.3610	San José	84	501541.3798	2323415.1760
El Volante	85	501209.6176	2323275.0170	San José	85	501542.3825	2323415.7980
El Volante	86	501212.2585	2323275.6810	San José	86	501543.3845	2323416.4210
El Volante	87	501214.8979	2323276.3500	San José	87	501544.3859	2323417.0450
El Volante	88	501217.5357	2323277.0250	San José	88	501545.3867	2323417.6700
El Volante	89	501220.1719	2323277.7070	San José	89	501546.3869	2323418.2950
El Volante	90	501222.8066	2323278.3940	San José	90	501547.3864	2323418.9220
El Volante	91	501225.4396	2323279.0880	San José	91	501548.3853	2323419.5500
El Volante	92	501228.0710	2323279.7880	San José	92	501549.3836	2323420.1790
El Volante	93	501230.7007	2323280.4940	San José	93	501550.3812	2323420.8090
El Volante	94	501233.3288	2323281.2070	San José	94	501551.3782	2323421.4400
El Volante	95	501235.9552	2323281.9250	San José	95	501552.3745	2323422.0720
El Volante	96	501238.5800	2323282.6490	San José	96	501553.3702	2323422.7050
El Volante	97	501241.2030	2323283.3800	San José	97	501554.3653	2323423.3390
El Volante	98	501243.8244	2323284.1170	San José	98	501555.3597	2323423.9740
El Volante	99	501246.4440	2323284.8600	San José	99	501556.3535	2323424.6100
El Volante	100	501249.0618	2323285.6080	San José	100	501557.3466	2323425.2470
El Volante	101	501251.6780	2323286.3640	San José	101	501558.3391	2323425.8850
El Volante	102	501254.2923	2323287.1250	San José	102	501559.3309	2323426.5240
El Volante	103	501256.9049	2323287.8920	San José	103	501560.3221	2323427.1640

Predio	Vértice	Este X	Norte Y	Predio	Vértice	Este X	Norte Y
El Volante	104	501259.5156	2323288.6650	San José	104	501561.3127	2323427.8050
El Volante	105	501262.1246	2323289.4450	San José	105	501562.3026	2323428.4470
El Volante	106	501264.7317	2323290.2300	San José	106	501563.2919	2323429.0900
El Volante	107	501267.3370	2323291.0220	San José	107	501564.2805	2323429.7340
El Volante	108	501269.9405	2323291.8200	San José	108	501565.2684	2323430.3790
El Volante	109	501272.5420	2323292.6230	San José	109	501566.2557	2323431.0250
El Volante	110	501275.1417	2323293.4330	San José	110	501567.2424	2323431.6720
El Volante	111	501277.7395	2323294.2490	San José	111	501568.2284	2323432.3200
El Volante	112	501280.3354	2323295.0710	San José	112	501569.2137	2323432.9690
El Volante	113	501282.9294	2323295.8990	San José	113	501570.1984	2323433.6190
El Volante	114	501285.5214	2323296.7330	San José	114	501571.1824	2323434.2700
El Volante	115	501288.1114	2323297.5730	San José	115	501572.1658	2323434.9220
El Volante	116	501290.6995	2323298.4190	San José	116	501573.1485	2323435.5750
El Volante	117	501293.2857	2323299.2710	San José	117	501574.1305	2323436.2290
El Volante	118	501295.8698	2323300.1290	San José	118	501575.1119	2323436.8830
El Volante	119	501298.4519	2323300.9940	San José	119	501576.0926	2323437.5390
El Volante	120	501301.0320	2323301.8640	San José	120	501577.0727	2323438.1960
El Volante	121	501303.6100	2323302.7400	San José	121	501578.0521	2323438.8540
El Volante	122	501306.1860	2323303.6220	San José	122	501579.0308	2323439.5130
El Volante	123	501308.7600	2323304.5110	San José	123	501580.0089	2323440.1730
El Volante	124	501311.3318	2323305.4050	San José	124	501580.9863	2323440.8340
El Volante	125	501313.9016	2323306.3050	San José	125	501581.9630	2323441.4960
El Volante	126	501316.4693	2323307.2110	San José	126	501582.9390	2323442.1590
El Volante	127	501319.0348	2323308.1240	San José	127	501583.9144	2323442.8220
El Volante	128	501321.5982	2323309.0420	San José	128	501584.8891	2323443.4870
El Volante	129	501324.1595	2323309.9660	San José	129	501585.8632	2323444.1530
El Volante	130	501326.7185	2323310.8960	San José	130	501586.8365	2323444.8200
El Volante	131	501329.2755	2323311.8320	San José	131	501587.8092	2323445.4880
El Volante	132	501331.8302	2323312.7750	San José	132	501588.7813	2323446.1560
El Volante	133	501334.3827	2323313.7230	San José	133	501589.7526	2323446.8260
El Volante	134	501336.9330	2323314.6770	San José	134	501590.7233	2323447.4970
El Volante	135	501339.4811	2323315.6370	San José	135	501591.6933	2323448.1690
El Volante	136	501342.0269	2323316.6020	San José	136	501592.6626	2323448.8410
El Volante	137	501344.5704	2323317.5740	San José	137	501593.6312	2323449.5150
El Volante	138	501347.1117	2323318.5520	San José	138	501594.5991	2323450.1900
El Volante	139	501349.6507	2323319.5360	San José	139	501595.5664	2323450.8650
El Volante	140	501352.1874	2323320.5250	San José	140	501596.5330	2323451.5420
El Volante	141	501354.7218	2323321.5210	San José	141	501597.4989	2323452.2190
El Volante	142	501357.2539	2323322.5220	San José	142	501598.4641	2323452.8980
El Volante	143	501359.7836	2323323.5300	San José	143	501599.4286	2323453.5770
El Volante	144	501362.3109	2323324.5430	San José	144	501600.3924	2323454.2580
El Volante	145	501364.8359	2323325.5620	San José	145	501601.3556	2323454.9390
El Volante	146	501367.3585	2323326.5870	San José	146	501602.3180	2323455.6220
El Volante	147	501369.8787	2323327.6180	San José	147	501603.2798	2323456.3050
El Volante	148	501372.3965	2323328.6550	San José	148	501604.2409	2323456.9900
El Volante	149	501374.9118	2323329.6970	San José	149	501605.2013	2323457.6750
El Volante	150	501377.4248	2323330.7460	San José	150	501606.1610	2323458.3610
El Volante	151	501379.9352	2323331.8000	San José	151	501607.1200	2323459.0490
El Volante	152	501382.4432	2323332.8610	San José	152	501608.0783	2323459.7370
El Volante	153	501384.9488	2323333.9270	San José	153	501609.0359	2323460.4260
El Volante	154	501387.4518	2323334.9990	San José	154	501609.9928	2323461.1160
El Volante	155	501389.9523	2323336.0760	San José	155	501610.9490	2323461.8080
El Volante	156	501392.4503	2323337.1600	San José	156	501611.9045	2323462.5000
El Volante	157	501394.9458	2323338.2490	San José	157	501612.8593	2323463.1930
El Volante	158	501397.4387	2323339.3450	San José	158	501613.8134	2323463.8870
El Volante	159	501399.9291	2323340.4460	San José	159	501614.7668	2323464.5820
El Volante	160	501402.4168	2323341.5520	San José	160	501615.7195	2323465.2780
El Volante	161	501404.9020	2323342.6650	San José	161	501616.6716	2323465.9750
El Volante	162	501407.3846	2323343.7840	San José	162	501617.6228	2323466.6730

Predio	Vértice	Este X	Norte Y	Predio	Vértice	Este X	Norte Y
El Volante	163	501409.8646	2323344.9080	San José	163	501618.5734	2323467.3720
El Volante	164	501412.3419	2323346.0380	San José	164	501619.5233	2323468.0710
El Volante	165	501414.8166	2323347.1740	San José	165	501620.4725	2323468.7720
El Volante	166	501417.2887	2323348.3150	San José	166	501621.4210	2323469.4740
El Volante	167	501419.7581	2323349.4630	San José	167	501622.3687	2323470.1770
El Volante	168	501422.2248	2323350.6160	San José	168	501623.3158	2323470.8800
El Volante	169	501424.6887	2323351.7740	San José	169	501624.2621	2323471.5850
El Volante	170	501427.1500	2323352.9390	San José	170	501625.2077	2323472.2910
El Volante	171	501429.6086	2323354.1090	San José	171	501626.1526	2323472.9970
El Volante	172	501432.0644	2323355.2850	San José	172	501627.0968	2323473.7050
El Volante	173	501434.5175	2323356.4670	San José	173	501628.0403	2323474.4130
El Volante	174	501436.9678	2323357.6550	San José	174	501628.9831	2323475.1230
El Volante	175	501439.4153	2323358.8480	San José	175	501629.9251	2323475.8330
El Volante	176	501441.8601	2323360.0470	San José	176	501630.8665	2323476.5440
El Volante	177	501444.3020	2323361.2510	San José	177	501631.8071	2323477.2570
El Volante	178	501446.7412	2323362.4620	San José	178	501632.7470	2323477.9700
El Volante	179	501449.1774	2323363.6780	San José	179	501633.6861	2323478.6840
El Volante	180	501451.6109	2323364.8990	San José	180	501634.6246	2323479.3990
El Volante	181	501454.0415	2323366.1270	San José	181	501635.5623	2323480.1150
El Volante	182	501456.4692	2323367.3600	San José	182	501636.4993	2323480.8320
El Volante	183	501458.8941	2323368.5980	San José	183	501637.4355	2323481.5500
El Volante	184	501461.3140	2323369.8420	San José	184	501638.3711	2323482.2690
El Volante	185	501461.3160	2323369.8430	San José	185	501639.3059	2323482.9890
El Volante	186	501452.7013	2321681.0280	San José	186	501640.2400	2323483.7100
El Volante	187	501452.6992	2321681.0270	San José	187	501880.7900	2323497.7300
				San José	188	502478.3500	2323537.8400
				San José	189	503243.8968	2323579.0190
				San José	190	503381.1139	2321266.4550

Información disponible para consulta en *ANX. II. Proyectos y autorizaciones.*

Tabla 3. Superficie total del polígono y del área destinada al cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Superficie	Superficie del predio (ha)	Superficie del predio (m^2)	Superficie para CUSTF (ha)	Superficie para CUSTF (m^2)	Relación porcentual del CUSTF/PREDIO	Superficie de conservación
	539.4634	5,394,634	44.1027	441,207	8.18 %	91.22 %

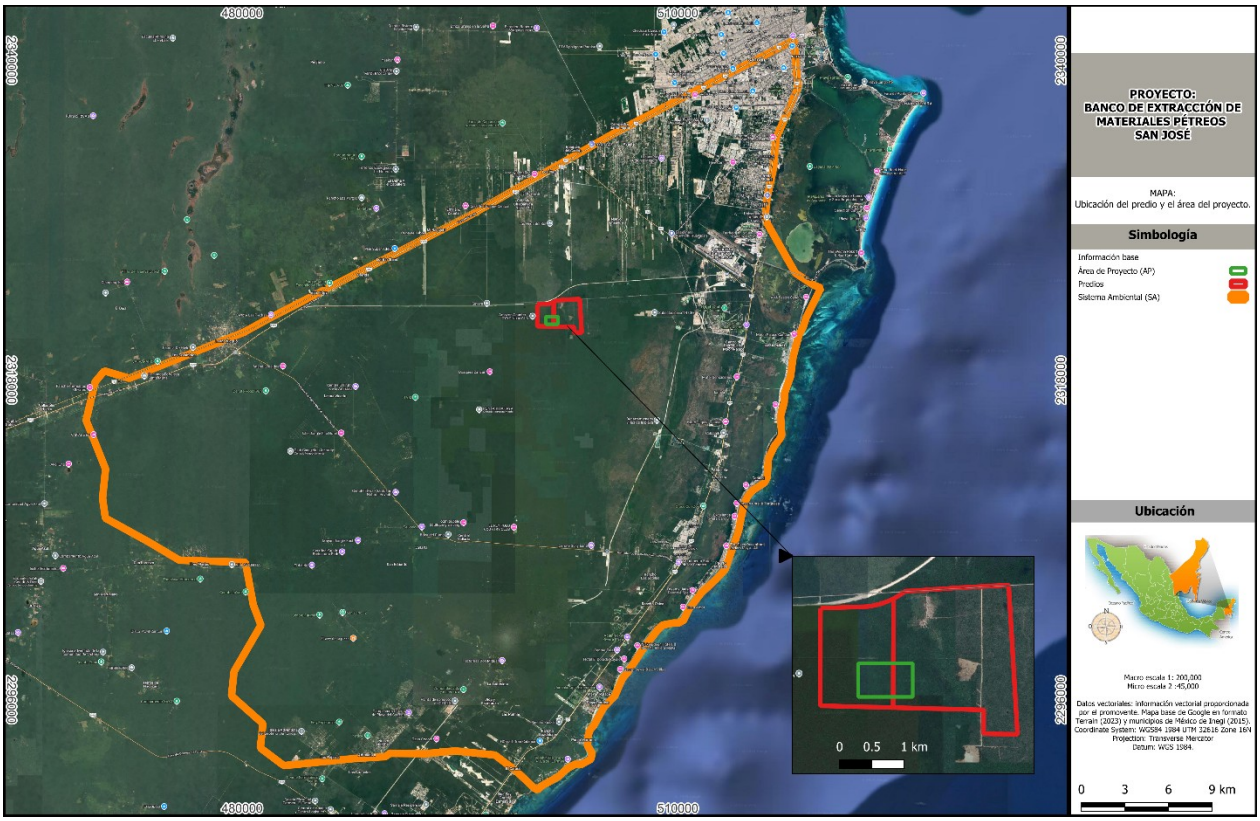


Figura 2. Ubicación del predio en el que se encuentra inmerso el área del proyecto (AP).

2.1.7. Uso actual del suelo

De acuerdo con la información del conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1: 250,000 – Serie VII de INEGI (2021) así como en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA), la cobertura vegetal del área perteneciente al "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" corresponde a **vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ),** lo cual se corroboró en campo a través de las inspecciones y muestreos biológicos. En la selva mediana subperennifolia, los árboles presentan alturas que van desde los 25 m a los 35 m, de los cuales entre el 25% y 50% de los árboles dominantes pierden sus hojas durante la época de sequía. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 metros, de 12 a 20 metros y de 22 a 25 metros de altura total en condiciones de vegetación madura (Miranda y Hernández X,1963).

Dentro del área del proyecto (AP) se llevarán a cabo las actividades relativas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), las cuales se han ejecutado de conformidad con el art. 28 fracción VII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y los art. 5º inciso O y art. 14 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. **La superficie del CUSTF cuenta con 44.1027 ha**, la cual se encontraba cubierta en su totalidad por vegetación forestal de acuerdo con el análisis cartográfico en gabinete de la información vectorial del INEGI y reforzado con la visita de reconocimiento y caracterización en campo. En los apartados subsecuentes se presenta la descripción puntual de los tipos de vegetación y usos de suelo.



Figura 3. Uso de suelo actual presente dentro del área del proyecto (AP).

2.1.8. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Tabla 4. Servicios requeridos y forma de suministro para el **"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ".**

SERVICIO REQUERIDO	DESCRIPCIÓN
Agua	El proyecto incorpora el uso de agua tratada como una medida ambientalmente responsable para humedecer el suelo durante la preparación del terreno después del desmonte. Esta agua tratada proviene de pipas abastecidas y se administra de manera eficiente para reducir al mínimo el impacto ambiental. Consumo humano: El abastecimiento se realiza mediante establecimientos comerciales en garrafones de 20 L de marcas comerciales, para consumo de operadores de maquinaria, choferes y personal que laborará en el sitio del proyecto.
Combustibles	Se suministra a los vehículos y maquinaria, fuera del área del proyecto en el derecho de vía del **Frente 5N del Tramo 5 del Tren Maya.**
Manejo de Residuos	Estos se almacenan temporalmente en tambos metálicos o de plástico de capacidad de 200 L debidamente rotulados y tapa respectivas, y se dispondrán para su confinamiento en rellenos sanitarios operados por el H. Ayuntamiento de **Benito Juárez (Quintana Roo).**
Médico asistencial.	Se atienden las necesidades de los trabajadores, en este rubro, con las clínicas de atención en las localidades más cercanas. En caso de que se requiera atención de primer nivel y de atención especializada,

SERVICIO REQUERIDO	DESCRIPCIÓN
	se trasladará a hospitales ubicados en el municipio de **Benito Juárez (Quintana Roo).**

2.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

2.2.1. Programa general de trabajo

El programa de trabajo tiene por objeto presentar las actividades que se llevarán a cabo durante la etapa de preparación del sitio y los periodos de tiempo considerados para su ejecución, con lo cual ha sido posible la optimización recursos y rendimiento del avance de las actividades, previendo de esta manera necesidades de materiales, equipos y recursos económicos. Por otro lado, se han realizado diferentes estrategias para lograr el mantenimiento de la estabilidad del resto de elementos ambientales que ocurren en el sitio, tales como la vegetación de los alrededores, y fauna silvestre.

El programa general de trabajo fue proyectado para el desmonte y despalme **durante 24 meses**, que consta de diferentes actividades orientadas al cumplimiento de CUSTF. Se incluyen las actividades de reconocimiento del terreno, tales como delimitación del área del proyecto, instalación de obras provisionales monitoreos y levantamientos de flora y fauna, implementación de las acciones de rescate y reubicación de especies amenazadas, etc. Así mismo, se plasman las actividades implementadas para la correcta modificación del terreno, destacando el uso de medios mecánicos y programas enfocados al mantenimiento preventivo de los medios mecánicos utilizados.

Tabla 5. Programa general de trabajo del proyecto para las diferentes etapas.

CONCEPTO	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.- Estudios preliminares de factibilidad																								
Topografía																								
Mecánica de suelos																								
Estudio geológico e hidrológico																								
Recorridos prospectivos para el reconocimiento biológico																								
2.- Preparación del sitio																								
Delimitación del área del proyecto																								
Localización de las áreas de desmonte y de conservación																								
Censo forestal																								
Instalación de obras provisionales																								
Aplicación del programa de rescate y reubicación de flora silvestre																								
Aplicación del programa de compensación ecológica																								
Aplicación del programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre																								
Aplicación de actividades de conservación de suelos																								
Aplicación de actividades de educación ambiental																								

CONCEPTO	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Aplicación del programa de manejo integral de residuos																								
Desmonte y despalme del área autorizada de CUSTF																								
3.- Actividades adicionales																								
Desmantelamiento y limpieza del terreno																								

2.2.2. Elaboración de estudios de factibilidad

Los estudios que fueron empleados para la elaboración de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular incluyeron la caracterización del sitio en aspectos biológicos, físicos y socioeconómicos. Estos datos se obtuvieron mediante revisiones bibliográficas, prospección fotográfica y satelital, así como el uso de cartografía actualizada oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Además, se llevaron a cabo visitas y reconocimientos de campo para corroborar y complementar la información obtenida, así como recabar datos que no estaban disponibles en la bibliografía.

2.2.2.1. Topografía

Contiene información sobre el relieve, rasgos hidrográficos, vegetación densa, áreas con actividades agrícolas, localidades y vías de comunicación, además de los nombres de los rasgos (toponimia) y las localidades.

2.2.2.2. Mecánica de suelos

Aborda diferentes estudios que van desde el origen y la formación del suelo, hasta las propiedades de este mismo en relación con las propiedades que permiten conocer los pesos y volúmenes de los suelos, así como sus variaciones cuando cambian las condiciones a las que se encuentra sometido. Es así como se encontró que el área donde se pretende CUSTF, contiene suelo de tipo Leptosol con grupo primario húmico (LPhu+PHhulep/3) con textura gruesa.

2.2.2.3. Estudio geológico e hidrológico

A través de este estudio, se puede conocer a nivel el origen, clasificación y edad de las rocas, así como también condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico tanto superficial como subterráneo.

2.2.2.4. Recorridos prospectivos para el reconocimiento biológico

Para este último, se efectuó un recorrido completo de la superficie destinada al proyecto, identificando las especies vegetales encontradas durante los recorridos. Se registraron los nombres de las especies y se corroboró su identificación con la bibliografía especializada disponible, así como su estatus de protección conforme a la normatividad ambiental vigente. Adicionalmente a estas acciones, se tomaron fotografías del área y de las especies identificadas, a la par se tomaron datos relevantes como cobertura vegetal promedio, alturas promedio, etc.

2.2.3. Preparación del sitio

2.2.3.1. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Las actividades para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se inician simultáneamente con el rescate de la flora y fauna nativas y representativas de la zona. Esto se lleva a cabo mediante el *Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha, así como acciones de ahuyentamiento y rescate incluidas en *el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* en una superficie de 121.4004 ha. Posteriormente, se procede con las actividades de preparación del sitio, las cuales comienzan con la delimitación del área del proyecto y la instalación de obras provisionales. Después, se lleva a cabo el censo forestal y florístico para poder realizar la identificación y traslado de especies nativas, con especial énfasis en aquellas enlistadas en el Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019) de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Seguidamente, se ejecuta el desmonte y despalme dentro del área del proyecto, al mismo tiempo que se realiza el manejo de residuos forestales y la operación de maquinaria especializada. Todo esto se realiza mientras se aplican las acciones

descritas en el *Programa de Manejo Integral de Residuos*, *Programa de Protección y Conservación de Suelos* y el *Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales*.

2.2.3.2. Delimitación del área del proyecto

Debido a que la superficie del proyecto cuenta con accesos, esta actividad consistió únicamente en la delimitación de la superficie destinada al cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Este proceso se realizó utilizando estacas, delimitación con cal y cinta en campo, con el objetivo de evitar cualquier afectación a áreas adicionales. Una vez completada la delimitación de la superficie, se procedió con las actividades de rescate y remoción de vegetación correspondientes a esta área delimitada. Durante esta fase, se llevó a cabo el marcado tanto del área destinada al proyecto como de los polígonos de trabajo propuestos, asegurando así una clara identificación de las zonas de intervención.

2.2.3.3. Instalación de obras provisionales

Dada la temporalidad del proyecto no se consideró la construcción de oficinas, en su lugar se instalaron oficinas móviles para facilitar la logística.



Figura 4. Ejemplificación de oficinas móviles que se emplearán en el proyecto.

Las obras provisionales contempladas para la puesta en marcha del proyecto son las siguientes:

Patio para resguardo de maquinaria. Consta de un área de 625 m^2, solamente circulados por malla ciclónica (100 m. lineales de 2 m. de altura, con separación de postes a cada 5 m.), y piso natural, con apertura de cepas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de profundidad para la colocación de los postes de soporte de la malla (16 postes). Esta área designada al patio de resguardo de maquinaria se ubica dentro del área del proyecto.

Almacenes, recipientes, bodegas y talleres. Se tienen tambos de 200 litros de plástico y/o metales ubicados para almacenamiento de residuos generados en el área del proyecto. Estos contenedores se encuentran claramente identificados en puntos estratégicos dentro del área del proyecto para garantizar la separación y manipulación adecuada de los mismos.

Colocación de señalamientos. El proyecto cuenta con señalamientos fácilmente identificables, los cuales serán retirados al concluir la vigencia del proyecto. Entre estos señalamientos se incluye un letrero de tamaño visible a

distancia para identificar áreas peligrosas y rutas de circulación, con el objetivo de prevenir congestionamientos y/o accidentes. Además, se han instalado señalamientos restrictivos sobre la velocidad máxima permitida para los camiones en el camino de terracería, entre otras medidas. Como parte de las acciones de mitigación se ha previsto la colocación de letreros alusivos a la conservación y el cuidado de la flora y fauna en el área del proyecto.

Habilitación de sanitarios. Para la ejecución del proyecto se está proveyendo servicios sanitarios para cubrir las necesidades fisiológicas del personal, así como, se están implementando medidas adicionales para promover un uso responsable de los sanitarios portátiles. Esto incluye la realización de campañas de sensibilización sobre la importancia de mantener la limpieza e higiene de los sanitarios y la correcta disposición de desechos. Además, la gestión periódica de los residuos fisiológicos está a cargo de una empresa especializada contratada, la cual cuenta con todas las autorizaciones pertinentes para el manejo y disposición final de los residuos.

Los sanitarios se encuentran situados dentro del área designada como CUSTF, en ubicaciones estratégicas cuidadosamente seleccionadas para evitar que el personal deba desplazarse largas distancias. Estas zonas están libres de pendientes para reducir el riesgo de posibles accidentes y garantizar un acceso seguro y cómodo para cubrir las necesidades fisiológicas del personal.

Censo forestal y florístico. Se realizó un censo de arbolado y de especies de flora para dar cumplimiento ambiental y facilitar la toma de decisiones para la ejecución de las medidas de mitigación necesarias. Este censo permitió identificar las especies clave para su rescate y reubicación, así como otras medidas de mitigación aplicables.

Bodega de almacenamiento de herramientas y equipo. Se cuenta con un espacio acondicionado dentro del área del proyecto que funciona como bodega para almacenar herramientas y equipo necesarios para la ejecución del mismo. Este espacio resguarda materiales como palas, picos, costales, y otros elementos necesarios para la ejecución y eventual reparación de maquinaria. La bodega está destinada a almacenar herramientas tanto para uso regular como para emergencias o imprevistos. Además, se implementan medidas de seguridad ambiental para garantizar el manejo adecuado de los materiales almacenados. En caso de necesitar espacio adicional, se acondicionará una bodega temporal dentro del área del proyecto utilizando láminas y madera, la cual será retirada por completo al finalizar el proyecto para minimizar el impacto ambiental.

2.2.3.4. Rescate de flora y fauna, así como el rescate de material orgánico

Esta actividad comprende principalmente medidas preventivas destinadas a proteger la flora y fauna local, así como a recuperar la capa de suelo orgánico para evitar la erosión y facilitar su uso en las actividades de restauración. Se han implementado acciones específicas para el rescate y reubicación de especies, que incluyen la identificación de especies presentes en el área del proyecto, técnicas de ahuyentamiento visual y auditivo para la fauna, captura y manejo de individuos de desplazamiento lento, así como la reubicación de nidos y madrigueras. En el caso de la flora, se han establecido criterios de selección, se han rescatado plántulas y plantas desarrolladas, se han trasladado epífitas y se ha realizado el manejo de individuos en vivero. Estas acciones son llevadas a cabo por brigadas de personal bajo supervisión ambiental, siendo detalladas en los programas ambientales adjuntos a la MIA-P para una correcta evaluación y seguimiento (Anexo V).

2.2.3.5. Desmonte

El desmonte consiste fundamentalmente en cortar la capa vegetal y retirar el material suelto de las áreas en la superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales con el apoyo de cargadores frontales, tractores y camiones de volteo.

Considerando el tipo de vegetación forestal presente en el área del proyecto, el procedimiento en la forma de ejecución y las actividades propias del desmonte que se realizaron fueron las siguientes:

- Marqueo de la vegetación para derribar.
- Derribo, desamarre y troceo del arbolado.
- Arrime de la trocería a pie de brecha.
- Extracción de las materias primas forestales.
- Control de los desperdicios del aprovechamiento maderable.

A continuación, se describen acciones realizadas en el desmonte

Marcaje de la vegetación a derribar. Todo el arbolado susceptible de derribo ubicado dentro del área autorizada para el CUSTF es marcado con pintura roja en la base con el monograma del martillo marcador del responsable técnico.

Derribo, desamarre y troceo del arbolado. Una vez realizado el señalamiento de los árboles por derribar por el responsable Técnico Forestal del proyecto, se lleva a cabo el derribo de todos los árboles señalados, utilizando motosierras y/o algunas otras herramientas que sean de utilidad. El procedimiento consiste en realizar un corte en un Ángulo de 90 ° perpendicular a la corteza del árbol y un segundo corte en 45° con respecto del primer corte (derribo direccional) en la dirección que se quiere que caiga el árbol, y un tercer corte transversal del lado contrario para derribar definitivamente el tronco. Una vez derribado el árbol se desrama utilizando la motosierra y/o herramientas de corte menor; posteriormente es seccionado el fuste en trozos.

Acomodo y Transporte de la trocería a pie de brecha. Después de ser seccionado el fuste en trozas, se lleva a cabo su extracción del sitio para ser apilados en la orilla de del predio, almacenándolo hasta su trituración.

Apilado de las materias primas forestales. La materia prima forestal es apilada en puntos estratégicos para llevar a cabo el proceso de trituración. Las labores se llevan a cabo empleando diversas herramientas como gancho michoacano, motosierra, cuerdas y "bandas.

Control de los desperdicios. Todo el material de desperdicio, incluyendo la corteza y las ramas delgadas, es triturado y distribuido en el área designada. Se apila de manera ordenada para formar cajetes, que sirven como acomodo y almacenamiento del material vegetativo muerto.

Trituración. Todo el material forestal generado a partir del desmonte del proyecto se tritura mediante medios mecánicos para la generación *Mulch.* Dicho producto será empleado en las medidas de mitigación y compensación, dentro de los programas ambientales enfocados a la restauración del área del proyecto.

Tabla 6. Personal necesario para trabajos.

Puesto	Actividad	Cantidad
Supervisor del banco	Responsable del proyecto.	1
Operador de excavadora	Operar maquinaria pesada.	3
Coordinador	Coordinador de las actividades de rescate de Flora y Fauna	1
Ayudantes	Realizar el rescate de las especies de flora y fauna de importancia.	14
Ayudantes	Levantamiento del Censo Forestal.	8
Total		**27**

Tabla 7. Maquinaría a utilizar durante el desmonte

Cantidad	Maquinaria	Modelo
1	Tractor	CAT D8
1	Cargador frontal	CAT 980
1	Camiones de volteo	14 m3

1	Excavadora	CAT 320
1	Excavadora	CAT 336

2.2.3.6. Despalme

El desmonte implica la remoción de la capa superficial del suelo o la materia orgánica que queda después del desmonte**. En este proyecto, el despalme se realizó hasta alcanzar el perfil C, llegando hasta el subsuelo en donde ya no se presenta material orgánico, sino roca intemperizada**. El material despalme se destinará para las obras de protección y conservación de suelos en las acciones de restauración. Para llevar a cabo esta tarea, se empleó un tractor de oruga Terex 82-40 u otro similar, que se encargó de trasladar el material a los lados de la línea de ceros y/o del área de maniobras.

Antes de iniciar el despalme, se identificaron y delimitaron los sitios para el almacenamiento temporal del suelo orgánico. Estos lugares fueron marcados con estacas, cinta preventiva, letreros u otros medios visuales, separándolos claramente de las áreas de ejecución de actividades. El almacenamiento del suelo se llevó a cabo dentro de las mismas áreas del proyecto, aprovechando zonas con topografía plana para este propósito.

2.2.4. Actividades de limpieza y desmantelamiento de obras provisionales

Al finalizar las actividades de cambio de uso de suelo del proyecto, se procederá al retiro de las obras provisionales. Primero, se desmantelarán todas las estructuras temporales, como oficinas móviles, almacenes, sanitarios portátiles, etc., clasificando y gestionando los materiales según su naturaleza.

Se llevará a cabo la limpieza integral del área, lo cual implicará retirar escombros, chatarra, acopios y restos de materiales y cualquier otro objeto que no pertenezca al fin del proyecto. Asimismo, se procederá a eliminar toda la señalización provisional que haya sido colocada durante la ejecución del proyecto.

En caso de que ocurran derrames de sustancias peligrosas durante la ejecución del proyecto, como aceites, grasas o combustibles, y esto resulte en la afectación del suelo, se realizará una evaluación detallada para determinar la gravedad de la situación. Dependiendo de ello, se aplicará el tipo de remediación correspondiente, ya sea *in situ* o *ex situ.*

Rehabilitación del suelo. Previamente al inicio del despalme, se acordaron los sitios para el acomodo temporal del suelo orgánico con el responsable del frente de obra. Estos lugares fueron seleccionados en áreas sin vegetación, preferiblemente con una topografía plana o una ligera pendiente y buen drenaje superficial, para facilitar su uso futuro en actividades de restauración.

Los sitios destinados al acopio del suelo fueron limpiados meticulosamente para protegerlo contra la erosión eólica e hídrica. Las zonas de acamellonamiento fueron delimitadas y se estableció que no se permitiría extender estas áreas más allá de las designadas para este fin. Una vez apilado o acamellonado el suelo, se resguardará hasta su reutilización. Aunque el área del proyecto será utilizada para otra actividad en el futuro, se implementarán medidas para estabilizar el suelo en su perímetro y prevenir la erosión, como la aplicación de *Mulch,* un material orgánico que cubre el suelo y ayuda a reducir la escorrentía superficial, evitando así la pérdida de suelo por erosión hídrica.

Programa de Compensación Ambiental. Se llevará a cabo el enriquecimiento de selvas degradadas para mejorar la calidad y diversidad de la vegetación en áreas afectadas por la degradación debido a actividades humanas y otros factores, esto en una superficie de 89.7559 ha. Para ello, se eliminarán coberturas vegetales inferiores y especies arbustivas exóticas de los sitios seleccionados. Los sitios de recuperación de selvas deberán presentar similitud de ecosistemas y condiciones adecuadas para albergar especies en riesgo, y se evaluará la opción de incluir plantas obtenidas mediante el *Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en estos ecosistemas.

Asimismo, se establecerán cercos vivos con especies de interés agroforestal dentro de los predios agropecuarios en zonas donde sea importante la conectividad entre parches de hábitat. Una vez identificadas estas zonas se

realizarán acercamientos con los dueños de las parcelas agropecuarias para explorar la posibilidad de hacer el establecimiento de las especies a través de cercos vivos e ir reemplazando gradualmente las estructuras que ya se encuentren establecidas. Para el establecimiento de estos cercos vivos será indispensable que puedan introducirse especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019).

Estas acciones se complementarán con otras específicas detalladas en los programas de *Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, Programa de Protección y Conservación de Suelos y el Programa de Restauración de Ecosistemas,* donde se describirán las acciones específicas que se llevarán a cabo.

2.2.5. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Para el manejo y la disposición de los residuos generados se ejecuta el *Programa de Manejo Integral de Residuos* (Anexo V). En la siguiente tabla se describen los residuos generados durante la preparación del sitio del proyecto, así como de la disposición de estos:

Tabla 8. Tipos de Residuos.

TIPO DE RESIDUOS	ETAPA DE GENERACIÓN	ESTADO	CLASIFICACIÓN	RECICLABLE Y NO RECICLABLE	DISPOSICIÓN FINAL
Residuos Sólidos Urbanos	**Preparación del sitio**	Sólido	Orgánicos e Inorgánicos	Si	Se tramitaron los permisos a través del municipio de **Benito Juárez (Quintana Roo)** para depositar estos residuos en sitios con condiciones adecuadas (rellenos sanitarios) para evitar el daño al medio ambiente. La separación y el reciclaje de los materiales reciclables presentes en los RSU, ayudará a conservar recursos, reducir la contaminación y disminuir la necesidad de nuevos materiales.
Residuos Peligrosos		Sólido y Líquido	Reactivos, Inflamables o Tóxicos	No	Los residuos están correctamente señalados y almacenados por un máximo de cinco meses. La empresa contratada se encarga del transporte de los residuos y los lleva a depósitos de seguridad autorizados por la SEMARNAT. Además, se conservan los manifiestos de entrega, transporte y disposición de los residuos peligrosos, los cuales son proporcionados por la empresa contratada para esta tarea.
Residuos de Manejo Especial		Sólido	Material Forestal	Si	Se contempla emplear este recurso para la restauración del suelo en los sitios a proponer, lo cual ayudará a la restauración natural y paulatina del sitio, así como, abonar a la plantación de especies nativas. Temporalmente, se acopia al aire libre en una zona designada, con pendiente mínima para protegerlo **contra la erosión eólica e hídrica y estará delimitada para su protección y evitar la contaminación**. Estos residuos serán finalmente utilizados en las acciones descritas en los programas de *Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, Protección* y *Conservación de Suelos* y *Conservación.*

El proyecto no se considera un gran generador de residuos peligrosos. Sin embargo, se espera que se generen algunos residuos de esta naturaleza debido al uso de maquinaria necesaria para las actividades del proyecto. Es importante destacar que esta maquinaria recibe el mantenimiento preventivo antes de iniciar las labores de desmonte y despalme, el cual se lleva a cabo fuera del área del proyecto. Además, se asegura de no realizar actividades adicionales que puedan generar residuos que representen un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente, como sustancias tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas o infecciosas.

2.2.5.1. <u>Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos</u>

Combustible. Durante la fase de preparación del sitio, es necesario utilizar maquinaria para llevar a cabo las actividades de desmonte y despalme, lo que implicó la necesidad de suministrar combustible. Sin embargo, este suministro no se realizó dentro del polígono del área del proyecto. En su lugar combustible en las instalaciones de la construcción del **Tramo 5 N del Tren Maya**, para luego trasladarse al área del proyecto.

Drenaje sanitario y tratamiento de aguas residuales. No se llevan a cabo descargas aguas residuales de uso doméstico durante la ejecución del proyecto; estas son manejadas y dispuestas a través de la empresa contratista encargada de proporcionar el servicio de sanitarios portátiles.

Aguas residuales. La generación de aguas residuales durante la ejecución del proyecto se asocia a los desechos hidrosanitarios generados durante la estancia de los trabajadores en el predio.

Respecto a los residuos sanitarios, se previó la contratación de servicio de letrinas móviles para el personal que labora en la obra. Se habilitaron en las diferentes áreas de trabajo una letrina móvil por cada 15 trabajadores.

La disposición de las aguas residuales de tipo doméstico generadas por los trabajadores fue gestionada por una compañía especializada y autorizada la cual se aseguró que tanto el manejo como la disposición de los residuos cumpliera con la normatividad aplicable.

Emisiones a la atmósfera. Durante la etapa de preparación del sitio, se produjeron emisiones a la atmósfera, principalmente de gases de combustión como óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, debido al uso de maquinaria y equipo. Para minimizar el impacto ambiental generado durante la ejecución del proyecto, se implementa un mantenimiento preventivo regular de los vehículos y la maquinaria. Además, se garantiza el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa aplicable, que incluye la NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-044-SEMARNAT-2017.

Por último, es importante destacar que las acciones destinadas a mitigar los impactos ambientales adversos se ven reforzadas por las medidas detalladas en el siguiente apartado (Capítulo VI). Además, se implementaron las siguientes acciones complementarias:

- Proporcionar capacitación adecuada al personal sobre prácticas ambientales responsables y el manejo adecuado de residuos.
- Realizar monitoreo ambiental constante para identificar cualquier impacto negativo en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera oportuna.
- La maquinaria que requirió de algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo se trasladó a los talleres del proveedor evitando acciones en la zona del proyecto; las acciones emergentes, se ejecutaron en una zona terrestre, colocando de manera previa una capa de aserrín y una capa de arena con el objeto de contener posibles derrames.
- Se prohibió trabajar durante la noche y/o permanecer en el frente de obra en horario nocturno (de 6:30 PM a 7:00 AM) como medida de seguridad y para evitar posibles impactos ambientales adicionales.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO III
VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIAL AMBIENTAL CONFORME LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

ÍNDICE

3 VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, CONFORME LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO....4

3.1 APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LOS PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN SUS DIFERENTES CATEGORÍAS, LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS Y DEMÁS DISPOSICIONES JURÍDICAS APLICABLES....4

3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) (2012)....4

3.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) (2012)....10

3.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio....17

3.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (Quintana Roo), 2014....17

3.4 TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES....29

3.4.1 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora....29

3.4.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático....31

3.5 Legislación Federal....32

3.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos....32

3.5.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)....36

3.5.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)....37

3.5.4 Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)....41

3.5.5 Ley General de Vida Silvestre (LGVS)....48

3.5.6 Ley de Aguas Nacionales....51

3.5.7 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos....52

3.6 Legislación Estatal....53

3.6.1 Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo....53

3.6.2 Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo....54

3.6.3 Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo....57

3.6.4 Ley de Vida Silvestre para el Estado de Quintana Roo....58

3.6.5 Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo....59

3.6.6 Ley de Responsabilidad Ambiental del Estado de Quintana Roo....60

3.6.7 Ley Forestal del Estado de Quintana Roo....61

3.7 PLANES DE DESARROLLO EN SUS DIFERENTES NIVELES....62

3.7.1 Plan de Desarrollo Nacional 2019-2024 (PND)....62

3.7.2 Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo (2023-2027)....64

3.7.3 Plan Municipal de Desarrollo de Benito Juárez (2021-2024)....66

3.8 Normas Oficiales Mexicanas (NOM´s)....68

3.9 Áreas Naturales Protegidas y Prioritarias a Nivel Federal, Estatal y Municipal....75

3.9.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP)....75

3.9.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).....78
3.9.3 Sitios RAMSAR.....80
3.9.4 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).....80
3.9.5 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP).....81
3.9.6 Regiones marítimas prioritarias (RMP).....83
3.10 Conclusiones.....83

3 VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, CONFORME LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

3.1 APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LOS PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN SUS DIFERENTES CATEGORÍAS, LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS Y DEMÁS DISPOSICIONES JURÍDICAS APLICABLES

En este capítulo se identifican, describen y vinculan los diferentes instrumentos normativos, de planeación y política ambiental de orden federal, regional, estatal y municipal; así como los ordenamientos jurídicos de regularización de uso de suelo vigentes, a partir de la ubicación geográfica y actividades particulares del proyecto descritas en el capítulo 2 con la finalidad de establecer la congruencia de las actividades a realizar para la operación del proyecto y de garantizar que el desarrollo del mismo se realice de acuerdo con los lineamientos vigentes, lo que permitirá definir su viabilidad jurídica y normativa en materia ambiental.

3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) (2012)

El POEGT es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Este fue publicado el 07 de septiembre de 2012. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal (APF), que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF a quienes está dirigido este Programa, que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional. Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes.

Asimismo, cabe aclarar que la ejecución de este Programa es independiente del cumplimiento de la normatividad aplicable a otros instrumentos de política ambiental, entre los que se encuentran: las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Espacialmente, el POEGT actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la APF, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; sociales y económicas, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

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), representadas a escala 1:2’000,000, empleadas como base para el análisis de las actividades.

Con fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA, última reforma DOF. 31 de octubre de 2014), la propuesta del programa de ordenamiento ecológico está integrada 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:

A) Regionalización Ecológica

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), representadas a escala 1:2'000,000, empleadas como base para el análisis de las actividades de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del POEGT.

B) Lineamientos y estrategias ecológicas

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, emitidos respectivamente por las dependencias de la APF que integran el Grupo de Trabajo Intersecretarial.

Las estrategias se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT. En este sentido, se definieron tres grandes grupos de estrategias: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

Los lineamientos ecológicos por cumplir son los siguientes:

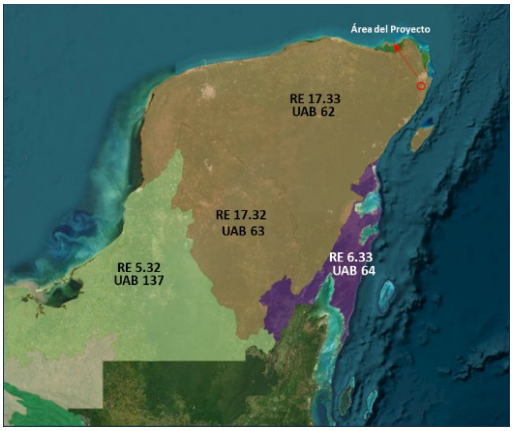
I. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.
II. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias 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.
III. 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.
IV. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.
V. 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.
VI. 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.
VII. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.
VIII. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.

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

X. 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 área del proyecto se encuentra en la **UAB 62, en la Región Ecológica 17.33.** En la tabla siguiente se presenta la descripción de cada componente de la región:

Tabla 1. Características de la Región Ecológica.

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">
</td><td colspan="3">Región Ecológica: 17.33
Unidad Ambiental Biofísica: 62
Karst de Yucatán y Quintana Roo.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localización: Oeste, centro, norte y este de Yucatán, Centro, norte y noroeste de Quintana Roo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en Km²:
59,542.35 km²</td><td>Población total:
2,982,494 habitantes</td><td>Población indígena: Maya</td></tr>
<tr><td>Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="3">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.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Escenario al 2033: Inestable a crítico.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Política ambiental: Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Prioridad de atención: Alta.</td></tr>
</table>

Fuente: ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 7 de septiembre de 2012.

Tabla 2. Política y estrategias sectoriales de la UAB 62. Karst de Yucatán y Quintana Roo.

UAB	Rectores del Desarrollo	Coadyuvantes del Desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros Sectores de Interés	Estrategias Sectoriales
62	Preservación de Flora y Fauna - Turismo	Desarrollo Social - Forestal	Agricultura - Ganadería	Pueblos Indígenas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

A continuación, se presentan los criterios o estrategias sectoriales de la UAB 62, aplicables al proyecto.

Vinculación del proyecto con el POEGT.

Las estrategias dirigidas para lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, el mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana, el fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional. En este mismo sentido a continuación se presenta la tabla de cumplimiento de las estrategias.

Tabla 3. Estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 62.

ESTRATEGIAS UAB 62		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO		
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	Para cumplir con este criterio, el proyecto **BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ** a través de la ejecución del ***Programa de Compensación Ambiental*, *Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* (el cual comprende una propuesta de un área para reubicar especies de flora dentro de una superficie de 6.0120) y *Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* (el cual comprende una propuesta de un área para reubicar a las especies de fauna rescatadas en una superficie de 121.4004 ha)** con la finalidad de promover la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro del Sistema Ambiental (SA), así como también la conservación *in situ* de las especies de flora y fauna recuperadas y reubicadas durante la ejecución de los programas para mantener la estructura y conservación del ecosistema y biodiversidad. Como parte de los programas anteriormente mencionados, se contemplan de medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se incluye la prohibición de colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona. Para más detalles consultar la Tabla 1. Medidas de prevención o mitigación de impactos negativos detectados del capítulo VI.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Como parte de las medidas de mitigación específicas se ejecutará el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha** y el ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* en una superficie de 121.4004 ha,** los cuales presentan acciones enfocadas a la protección y conservación de especies, incluidas en alguna categoría de riesgo en la **NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo III (14 de noviembre de 2019), los apéndices de la CITES y la lista roja de la IUCN.** (Anexo IV). Para ello, se ejecutará como medida de compensación el ***Programa de Rescate y Reubicación de flora*** donde se rescatarán aquellos individuos de especies nativas que tengan importancia biológica, ecológica o bien se encuentren enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación en el Anexo Informativo III, con posterior traslado a un vivero para su conservación hasta el inicio de la reforestación. Para la fauna, se llevará a cabo el rescate de individuos

ESTRATEGIAS UAB 62		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
		cuyas especies se encuentren en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación en el Anexo Informativo III. También cabe mencionar que se incluyen pláticas de concientización ambiental donde se abordarán temas sobre la importancia de especies en peligro de extinción.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Como parte de los resultados durante los muestreos realizados, se incluyen datos acerca de la composición, estructura y diversidad de la vegetación y fauna silvestre imperante dentro del **SA y área del proyecto (AP)** proyectada para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, impulsando al conocimiento sobre los ecosistemas y su biodiversidad. Con los programas ambientales de ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie de 89.7559 ha*, Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha *y Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* en una superficie de 121.4004 ha** se busca llevar el conocimiento, análisis y monitoreo de las especies reubicadas dentro del Sistema Ambiental por medio de sitios de comprobación propuestos en los programas para evaluar la adaptación y supervivencia de las especies reubicadas, así como llevar a cabo un ***Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)*** donde se evalué el progreso de los programas ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	Dentro del presente estudio se hace un análisis de las condiciones ecosistémicas y comunidades biológicas que se verán afectadas por la ejecución de este proyecto. En ese sentido, se argumenta lo siguiente: - Con base en la información vectorial de uso de suelo y vegetación serie VII de INEGI (VII) y se determinó que en el **AP** el tipo de vegetación presente es **secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ)**. - Durante los recorridos en campo se constató que la cubierta vegetal corresponde a **SMQ**. Este tipo de vegetación esta mejor representado en el **SA.** - De las especies de vertebrados anfibios, reptiles, aves y mamíferos se constató su categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, estas especies serán prioritarias para las acciones que se encuentran dentro del ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de fauna silvestre.*** - Se aplicará un ***Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre* en una superficie de 6.0120 ha** para asegurar la conservación y permanencia de las especies nativas, haciendo especial énfasis en aquellas que se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo, estas especies serán utilizadas para la aplicación del ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie de 89.7559 ha**, que tiene la finalidad de establecer una reforestación promoviendo de tal manera la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en sitios degradados dentrodel SA.

ESTRATEGIAS UAB 62		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
D) Dirigidas a la Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Con base en las medidas de mitigación del proyecto se ejecutará el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha,** que tiene la finalidad de establecer una reforestación en óptimas condiciones para su permanencia considerando las especies rescatadas mediante el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha.** Como medidas particulares se contempla restaurar ecosistemas degradados empleando la reforestación, así como identificar las superficies que cuenten con las condiciones óptimas para ello, establecer parte de los individuos rescatados dentro del área del proyecto, promover la captura de agua mediante infiltración, contrarrestar la erosión del suelo a mediano y largo plazo, reportar actividades y resultados obtenidos que contengan información para la reforestación, cumplir con las condiciones y requerimientos que dictamine la SEMARNAT y asegurar la supervivencia del 80% de los individuos reforestados (Anexo IV).
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.	El proyecto tiene como finalidad llevar a cabo la construcción de una estación de carga con las instalaciones adecuadas para el resguardo de productos y materias primas, esto contribuirá en el desarrollo económico, generando empleos sobre todo abriendo oportunidades laborales a las ciudades cercanas a la estación, así como contribuirá en el mejoramiento de transporte de cargamentos de manera eficaz y sustentable.
E) Desarrollo Social	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas	El proyecto generará empleos directos e indirectos, así mismo coadyuvará en el desarrollo de construcción del Tren Maya el cual plantea impulsar el crecimiento económico y turístico en la región, integrando a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El presente proyecto no se encuentra cercano a áreas rurales, cabe mencionar que este respetará en todo momento los derechos de las propiedades rurales aledañas, así como también cabe mencionar que este proyecto impulsará la economía del lugar, generando empleos y mejorando de cierta manera la calidad de vida de la población cercana.

El POEGT no es un instrumento restrictivo, permite establecer la política ambiental a nivel federal, establecida para el territorio donde se pretende llevar a cabo el proyecto. Del análisis de las actividades del proyecto con los criterios del POETG, se concluye que no se contraviene las estrategias y lineamientos ecológicos establecidos en el ordenamiento antes referido.



Figura 1. Ubicación del proyecto en el POETG.

3.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POEMYRGMYMC) (2012)

Este Ordenamiento, es el instrumento de política ambiental que permitirá regular e inducir 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.

Es un elemento integrador de políticas públicas que permite además dar un marco coherente a las acciones que se ha comprometido México, en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación en los mares, protección de los recursos marinos, combate a la marginación y orientación del desarrollo hacia la sustentabilidad como parte de los acuerdos internacionales. El área sujeta al ordenamiento está integrada por dos regiones: una costero - terrestre con 142 municipios con influencia costera (SEMARNAT-INE, 2007) en los Estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas; y una región marina que comprende el Mar Patrimonial Mexicano del Golfo de México y Mar Caribe.

El Proyecto, incide dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 138 del POEMyRGMyMC; lo que permitirá orientar coordinadamente el aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo de las actividades productivas bajo principios de sustentabilidad, que consideran la conservación de los bienes y servicios de los ecosistemas costeros y marinos, pero también el desarrollo socioeconómico de la región.

Tabla 4. Descripción del POEMyRGMyMC.

Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe			
			
Superficie en km²: 20,600 km²	**Cuencas involucradas**	**ANP Involucradas**	**Unidades de Gestión Ambiental**
Tiene una extensión de 995,486.2 km² del componente Regional y 827,023.8 km² del componente Marino	El área Regional abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera (SEMARNAT-INE, 2007) de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas)	En esta se incluyen 3 ANP de competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 ANP Estatales	2023 Unidades clasificadas en Marinas y Regionales

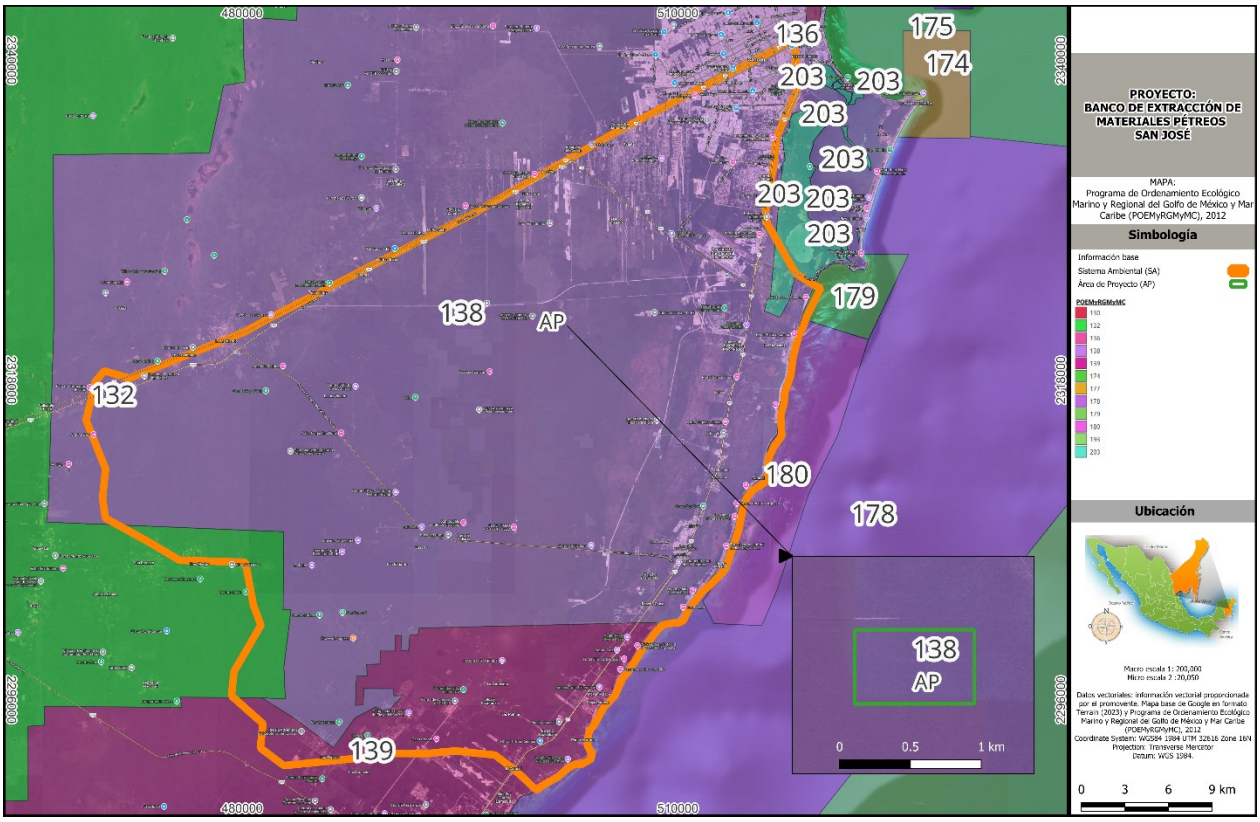
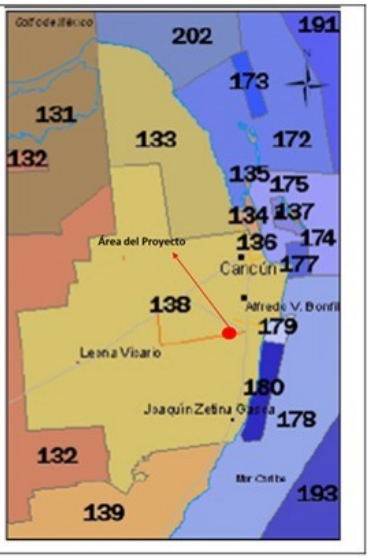


Figura 2. Ubicación del área del proyecto en el POEMyRGMyMC.

Tabla 5. Descripción de la UGA 138.

Unidad de Gestión Ambiental 138	
Tipo de UGA	Regional
Nombre:	Benito Juárez
Municipio:	Benito Juárez
Estado:	Quintana Roo
Población:	573,325 Habitantes
Superficie:	225,770.386 ha
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediate Mar Caribe
Puerto Turistico:	Presente
Puerto Comercial:	Presente
Puerto Pesquero	Presente



Fuente: ACUERDO por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación del 24 de noviembre de 2012.

Para este ordenamiento, aplican 65 criterios generales y 77 acciones específicas. Sin embargo, no todos los criterios son aplicables para la UGA 138 En ese sentido, se presenta el listado de criterios generales vinculantes y acciones específicas que son susceptibles para aplicar en el marco del proyecto.

Tabla 6. Vinculación con los criterios ambientales generales de la UGA 138.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
G001	G001.- Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	El proyecto hará utilidad de un pozo extracción de agua para abastecer las necesidades que se requieran para las etapas de operación y mantenimiento para las propias instalaciones, para ello se solicitarán los permisos de prospección y exploración, y el permiso de concesión por parte de la CONAGUA.
G004	G004.- Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	El proyecto contempla la aplicación de programas específicos para la protección de la biodiversidad: ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha y *Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* en una superficie 121.4004 ha** con la finalidad de mitigar y compensar los impactos causados por las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento de la Terminal y sus componentes dentro del **AP,** estos se enfocarán principalmente en aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en el anexo III**.** Asimismo, se capacitará al personal en temas de cuidado de la biodiversidad y su importancia de no extraer flora y fauna silvestre sin autorización ni fines de conservación.
G006	G006.- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Durante el desarrollo de las etapas del proyecto se aplicarán las medidas de prevención y mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los vehículos y maquinaria presentes en el **AP.** Para ello, se implementará el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaría mediante la aplicación de las acciones incluidas dentro del ***Programa de Manejo Integral de Residuos.*** Entre las acciones relacionadas al manejo de residuos están el mantenimiento preventivo regular de los vehículos y la maquinaria, la capacitación adecuada al personal sobre prácticas ambientales responsables y el manejo adecuado de residuos, monitoreo ambiental constante para identificar cualquier impacto negativo en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera oportuna y la prohibición de trabajo en horario nocturno (6:30pm – 7:00am) como medida de seguridad y para evitar posibles impactos ambientales adicionales (Capítulo VI). Los vehículos automotores que cuenten con el registro vehicular en el estado de Quintana Roo, deberán contar con la verificación vigente aplicable al estado.
G008	G008.- El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	Durante los muestreos de flora y fauna se identificaron únicamente especies nativas y algunas especies exóticas (Capitulo IV) en el cuál no se avistó ninguna especie genéticamente modificada. Por otra parte el proyecto contempla como medida de mitigación para el impacto ambiental generado, el implementar el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha** y ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie de 89.7559 ha** en el cual se incluyen acciones que implican reubicar las especies encontradas y rescatadas durante los muestreos realizados con la finalidad de asegurar que se mantenga el acervo genético regional de las poblaciones y **evitar la introducción de especies exóticas o con modificaciones genéticas** que pudieran alterar el equilibrio ecológico de la región del SA.
G009	G009.- Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	Con la finalidad de cumplir con este criterio, se contempla dentro de las acciones de mitigación, la implementación de programas ambientales, tales como el ***Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre y el Programa de Compensación Ambiental,*** para de esta manera revegetar con especies nativas evitando de tal manera la fragmentación del hábitat.
SG013	G013.- Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	Las medidas de mitigación diseñadas para este estudio, a través del ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha y**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
		Programa de Compensación Ambiental **en una superficie de 89.7559 ha** se puntualiza que las especies para reubicar y reforestar serán **nativas y de distribución natural** dentro del **SA y AP,** con mayor énfasis en aquellas con alguna categoría de riesgo nacional (**NOM-059-SEMARNAT-2010** y su modificación al anexo normativo III del 14 de noviembre de 2019) e internacionales (**lista roja de la IUCN y apéndices de la Cites**), dentro de este programa se evitará la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.
G024	G024.- Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	Como medida de prevención, mitigación y compensación para los posibles impactos ocasionados por el proyecto, se llevará a cabo un ***Programa de manejo integral de residuos***, donde se incluyen acciones de ***protección de Suelos*** y un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha,** acciones que promoverán la restauración de obras del proyecto, tomando en cuenta la recuperación de biomasa de dichas actividades. La reforestación contemplada mantener una cobertura restaurada en óptimas condiciones para su permanencia dentro de los ecosistemas forestales, lo cual contribuirá en el incremento en el potencial de sumideros forestales de carbono y promoverá la adaptación de efectos de cambios climáticos. De manera adicional mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero.
G026	G026.- Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	Como medida de prevención, mitigación y compensación para los posibles impactos ocasionados por el proyecto, se llevará a cabo un ***Programa de manejo integral de residuos***, donde se incluyen acciones de ***protección de Suelos,*** un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** y un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*** **en una superficie de 121.4004 ha.** Estos se aplicarán en áreas identificadas de importancia para el mantenimiento y recuperación de la conectividad, promoviendo la conservación y rehabilitación ecosistémica (Capítulo VI).
G048	G048.- Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	Si bien la naturaleza del proyecto no implica el apoyo hacia campañas para la prevención de eventualidades, este contará con un ***Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de contingencias ambientales,*** en el cual se desarrollarán acciones dirigidas a prevenir y mitigar las eventualidades que puedan causar un riesgo para el proyecto.
G051	G051.- Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	Si bien la naturaleza del proyecto no implica el desarrollo de campañas de concientización, se desarrollarán medidas de prevención, mitigación y compensación entre las que destacan el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, así mismo se darán platicas de concientización del manejo adecuado de residuos al personal que labore dentro del proyecto.
G055	G055.- La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	Para llevar a cabo el objetivo de este proyecto, se somete a evaluación del presente documento en materia de impacto ambiental**,** una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes el estudio técnico conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).
G058	G058.- La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	Se llevará a cabo la aplicación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.

A continuación, se vinculan acciones específicas a la UGA 138, susceptibles para aplicar y vincular al proyecto**:**

Tabla 7. Acciones específicas de la UGA 138 susceptibles para aplicar al proyecto.

Acciones Específicas							
Acción	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**
A-001	NA	A-027	**APLICA**	A-053	**APLICA**	A-079	NA
A-002	NA	A-028	**APLICA**	A-054	**APLICA**	A-080	NA
A-003	NA	A-029	**APLICA**	A-055	**APLICA**	A-081	NA
A-004	NA	A-030	**APLICA**	A-056	NA	A-082	NA
A-005	**APLICA**	A-031	**APLICA**	A-057	**APLICA**	A-083	NA
A-006	**APLICA**	A-032	**APLICA**	A-058	**APLICA**	A-084	NA
A-007	**APLICA**	A-033	**APLICA**	A-059	**APLICA**	A-085	NA
A-008	**APLICA**	A-034	NA	A-060	**APLICA**	A-086	NA
A-009	**APLICA**	A-035	NA	A-061	**APLICA**	A-087	NA
A-010	**APLICA**	A-036	NA	A-062	**APLICA**	A-088	NA
A-011	**APLICA**	A-037	**APLICA**	A-063	**APLICA**	A-089	NA
A-012	**APLICA**	A-038	**APLICA**	A-064	**APLICA**	A-090	NA
A-013	**APLICA**	A-039	NA	A-065	**APLICA**	A-091	NA
A-014	**APLICA**	A-040	**APLICA**	A-066	**APLICA**	A-092	NA
A-015	**APLICA**	A-041	NA	A-067	**APLICA**	A-093	NA
A-016	**APLICA**	A-042	NA	A-068	**APLICA**	A-094	NA
A-017	**APLICA**	A-043	NA	A-069	**APLICA**	A-095	NA
A-018	**APLICA**	A-044	**APLICA**	A-070	**APLICA**	A-096	NA
A-019	**APLICA**	A-045	NA	A-071	**APLICA**	A-097	NA
A-020	NA	A-046	**APLICA**	A-072	**APLICA**	A-098	NA
A-021	**APLICA**	A-047	NA	A-073	**APLICA**	A-099	NA
A-022	**APLICA**	A-048	**APLICA**	A-074	**APLICA**	A-100	NA
A-023	**APLICA**	A-049	APLICA	A-075	NA		
A-024	**APLICA**	A-050	**APLICA**	A-076	NA		
A-025	**APLICA**	A-051	**APLICA**	A-077	NA		
A-026	**APLICA**	A-052	**APLICA**	A-078	NA		

NA = NO APLICA

Tabla 8. Vinculación con las actividades específicas de la UGA 138.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
A-011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	Como parte de las medidas de mitigación y compensación ambiental de este proyecto, se implementará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** con la finalidad de compensar los impactos derivados del **desmonte y despalme del proyecto**. promoviendo la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en el SA lo que **evitará el avance de la expansión agropecuaria al ocupar ese espacio con vegetación nativa.**
A-016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO (áreas sujetas a ordenamiento ecológico territorial).	Como medida de mitigación se ejecutará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** para revegetar zonas dentro del SA**,** lo que coadyuvará a la conectividad de las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.
A-017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	Como parte de las medidas de mitigación y compensación ambiental de este proyecto, se implementará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha**. Promoviendo la restauración y recuperación de La cobertura vegetal en el SA.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
A-018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	Las medidas de mitigación diseñadas para este estudio, a través del ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha,** en el cual se puntualiza que las especies para reubicar y reforestar serán **nativas y de distribución natural** dentro del **SA y AP,** con mayor énfasis en aquellas con alguna categoría de riesgo nacional (**NOM-059-SEMARNAT-2010** y su modificación al anexo normativo III del 14 de noviembre de 2019) e internacionales (**lista roja de la IUCN y apéndices de la Cites**), así como también se implementará el ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*** **en una superficie de 121.4004 ha** donde se hará énfasis en aquellas especies con alguna categoría de riesgo nacional (**NOM-059-SEMARNAT-2010** y su modificación al anexo normativo III del 14 de noviembre de 2019) e internacionales (**lista roja de la IUCN y apéndices de la Cites**).
A-019	Los programas de remediación que se implementen deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	Como parte de las medidas de mitigación propuestas para este estudio, se implementará un ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** en término de la Ley en mención y la demás normatividad aplicable.
A-023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación *in situ*, en términos de la legislación aplicable.	Mediante la implementación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** se llevarán a cabo acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría para de esta manera evitar la contaminación del suelo considerando un área especial para llevar a cabo estas actividades, en caso de haber un derrame se establecerán procedimientos específicos para la atención de los mismos los cuales se determinan en el programa antes mencionado, en el caso particular de los residuos urbanos generados que puedan ocasionar contaminantes en el suelo se llevará a cabo el adecuado manejo y disposición de los mismos estos serán recolectados posteriormente por empresas contratistas autorizadas para su disposición final, correspondiendo a la legislación aplicable en términos del manejo de residuos.
A-024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	Durante el desarrollo de las etapas del proyecto se aplicarán las medidas de prevención y mitigación para reducir las emisiones de polvos y gases de efecto invernadero provenientes de los vehículos y maquinaria presentes en el **AP.** Para ello, se implementará el ***Programa de Manejo Integral de Residuos,*** donde se incluyen acciones de protección de Suelos**,** así como también acciones de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaría.
A-052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	Propiamente el proyecto no está involucrado en el uso sostenible de la tierra/agricultura. Sin embargo, como medida de mitigación se implementará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha**, promoviendo de tal manera la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en el SA, incrementando la captura de carbono.
A-053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	El presente proyecto únicamente contempla el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por ello como medida de compensación se implementará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** con la finalidad de ayudar a la recuperación de ecosistemas dentro del SA, acción que de manera indirecta evitará la conversión del uso de suelo a actividades extensivas**.**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
A-060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	Para la ejecución del proyecto, se implementará el ***Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales***. Este programa evalúa los riesgos asociados con eventos hidrometeorológicos y establece las acciones de prevención y respuesta necesarias, siempre considerando la información establecida por Protección Civil.
A-062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los residuos peligrosos.	Se llevará a cabo la aplicación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos. Esto con la finalidad de que se les dé un manejo adecuado y la disposición final adecuada por tipo de residuo.
A-068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera	Se llevará a cabo la aplicación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos. Esto con la finalidad de que se les dé un manejo adecuado y la disposición final adecuada por tipo de residuo.
A-069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	Se llevará a cabo la aplicación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos. Esto con la finalidad de que se les dé un manejo adecuado y la disposición final adecuada por tipo de residuo.

3.3 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO

3.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (Quintana Roo), 2014

Este ordenamiento ecológico se modificó mediante decreto emitido por el Gobernador del Estado, Lic. Roberto Borge Angulo, de fecha 14 de febrero de 2014 y cuya publicación en el periódico oficial del estado se realizó el día 27 de febrero del mismo año, así como también su modificación a las UGAs 11 y 14 para la inclusión del uso infraestructura, asentado en el acta de la primera sesión extraordinaria del comité de ordenamiento ecológico local del municipio Benito Juárez, Q.R. 2022. Este programa definió las áreas sujetas a ordenamiento en unidades de gestión ambiental (UGA), a las que se le asignó su política y uso de suelo, procurando su congruencia con la condicionante de planeación territorial de le dio origen, así como con la importancia ambiental, vocación natural y el potencial de aprovechamiento de cada zona.

Dicho ordenamiento cuenta con 28 Unidades de Gestión Ambiental (UGA); de las cuales, el **BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ** se encuentra dentro de la **UGA 14** denominada Forestal Bosque de Cancún.

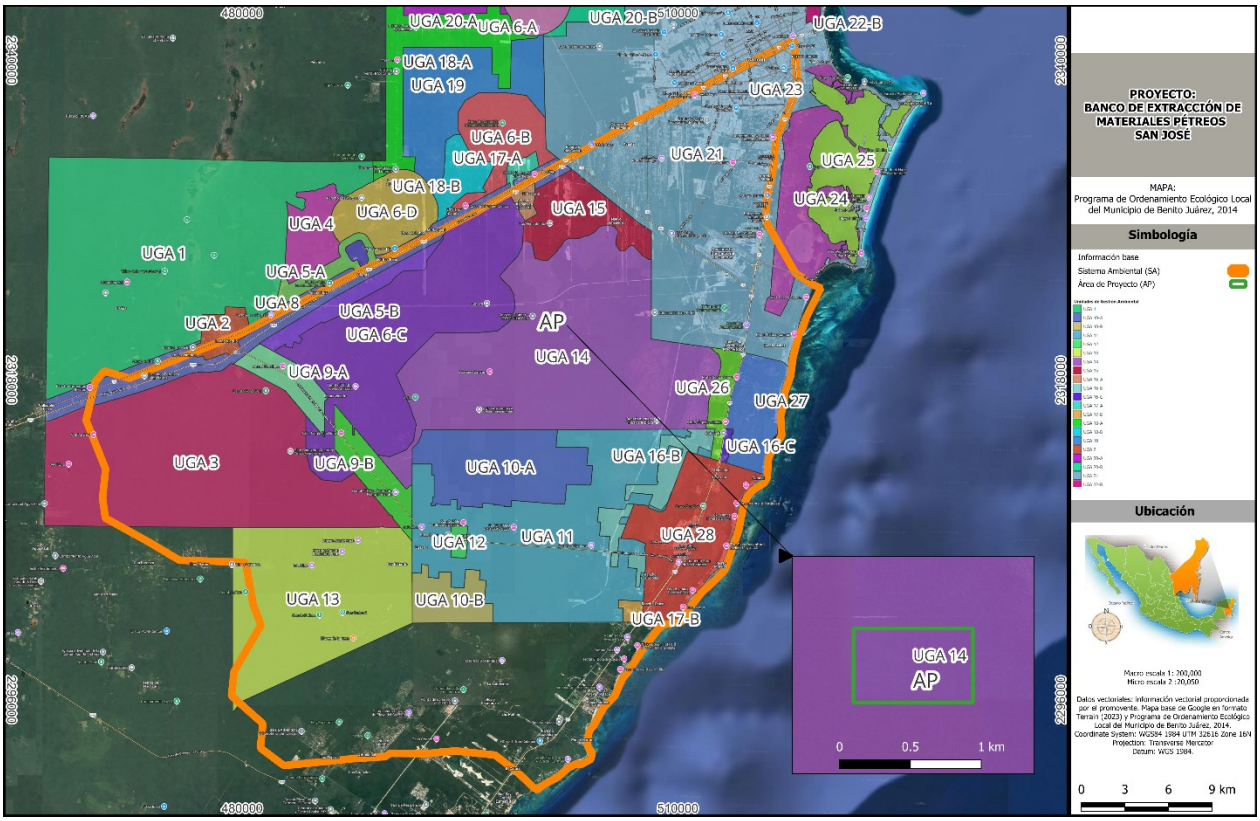


Figura 3. Ubicación del proyecto dentro del POEL del Municipio de Benito Juárez.

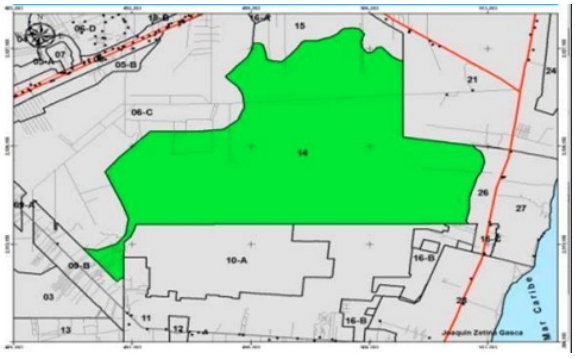
Los criterios de regulación ecológica, entendidos como aquellos lineamientos obligatorios que se establecen para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental, se asignaron teniendo siempre presente que la prioridad es el aprovechamiento sustentable, es decir, la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos; y que el fin del ordenamiento ecológico es 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 los mismos.
Por otra parte, cabe señalar que los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez han sido organizados en dos grupos:

- Los Criterios Ecológicos de Aplicación General, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.
- Los Criterios Ecológicos de Aplicación Específica, que son los criterios asignados a una unidad de gestión ambiental determinada.

Considerando lo anterior, a continuación, se presenta un análisis con respecto a la congruencia del proyecto con los criterios generales y específicos, aplicables a la UGA 14 en la que se circunscribe el predio de interés:

Tabla 9. Descripción UGA 14- FORESTAL BOSQUES DE CANCÚN donde incide el proyecto.

Descripción UGA 14- FORESTAL BOSQUES DE CANCÚN.





Esta UGA se delimitó con base en el tipo y grado de conservación de la vegetación presente, y descartando algunos polígonos s conformados por zonas de extracción del agua y por los límites del ejido de Puerto Morelos (al Sur). Es de las pocas áreas que han conservado su integridad ecosistémica a pesar de la fuerte presión de desarrollo originada desde las carreteras pavimentadas que la circundan.

Clave	Condiciones de la Vegetación	Hectáreas	%
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	11, 614.88	58.37
VS2	Vegetación Secundaria Arborea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	4,814.43	24.19
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	2,476.91	12.45
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	716.69	3.60
TU	Tular	221.73	1.11
SV	Sin Vegetación Aparente	45.86	0.23
AH	Asentamiento Humano	9.01	0.05
Ma	Manglar	0.01	0.00
Total		**19,899.53**	**100.00**

% de UGA que posee vegetación en buen estado de conservación: 71.93 %

Superficie de la UGA con importancia para la recarga de acuíferos: 99.72 %

Objetivo de la UGA: Conservar y mejorar las condiciones de la vegetación presente como hábitat de fauna silvestre y mantener los servicios ambientales, además de limitar los cambios de uso de suelo, permitiendo el Aprovechamiento forestal maderable como actividad predominante.

Problemática General: Presión sobre los recursos naturales por el incremento de asentamientos irregulares; Incremento en la incidencia y recurrencia de Incendios Forestales; Cambios de Uso de Suelo no autorizados (por apertura de caminos); y Falta de diversificación de las actividades económicas productivas ambientalmente amigables fuera de los centros de población y/o zonas rurales.

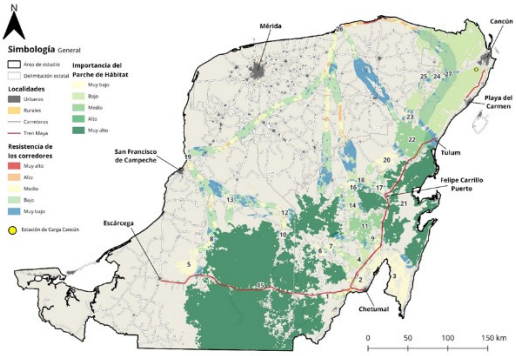
Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes): Según INEGI (2010), esta UGA cuenta con 29 localidades, siendo las dos principales Cancún y Alfredo V. Bonfil. La población total de la UGA es de 643,577 habitantes, aunque fuentes paralelas indican que la población total de la ciudad es de poco más de 800,000 habitantes. La red carretera abarca un total de 462.52 km, en su mayoría de caminos pavimentados.

Lineamientos Ecológicos: Se mantiene el 90 % de la cobertura vegetal y se espera que en los próximos 5 años cuando menos el 100 % de la vegetación secundaria arbustiva alcance el desarrollo de una vegetación secundaria arbórea.

Descripción UGA 14- FORESTAL BOSQUES DE CANCÚN.
Se mantiene cuando menos el 95% de la superficie de la UGA con sus características de permeabilidad para la recarga del acuífero. Todos los usos compatibles que se promueven inducen actividades productivas de bajo impacto ambiental, dentro del umbral máximo de desmonte establecido para esta UGA; asegurando la consecución de los procesos ecológicos y los bienes y servicios ambientales que proporcionan estos ecosistemas y que generan mayor beneficio para los pobladores locales que mantener las tierras ociosas; estos beneficios serán evaluados a través de indicadores socioeconómicos y ambientales en la Bitácora Ambiental.
Recursos y Procesos Prioritarios: Cobertura arbórea, Recarga del acuífero, Biodiversidad
Parámetros de aprovechamiento: • Densidad Residencial: 0 viviendas/ha • Densidad Turística. 0 cuartos/ha • Porcentaje de desmonte: 10%
Usos Compatibles: Forestal, Turismo alternativo, Conservación del agua, Conservación de la biodiversidad y Aprovechamiento del agua.
Usos Incompatibles: Desarrollo urbano, Desarrollo suburbano, Aprovechamiento de Materiales Pétreos, Industria ligera, Agropecuario y Turismo convencional.

Tabla 10**.** Vinculación con los criterios de regulación ecológica de carácter general de la UGA 14.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
Criterios Generales		
CG-01	En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El proyecto contempla el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** en el cual se establecerá un vivero temporal para el resguardo de la planta, en caso de ser necesario, se atenderán las indicaciones de la Comisión intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas, para el tratamiento de plagas y enfermedades.
CG-03	Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.	Se respetará el porcentaje de desmonte establecido en el lineamiento ecológico de la UGA y como parte de las medidas de mitigación y compensación ambiental de este proyecto, se implementará un ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** con la finalidad de compensar el impacto derivado de las actividades del proyecto. Promoviendo la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en el SA.
CG-05	Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.	Se acatará en todo momento lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO. Por ello, como parte de las medidas de mitigación propuestas para este proyecto se implementa el ***Programa de Protección y Conservación de Suelos*** y el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** con la finalidad de compensar las pérdidas de cobertura vegetal, acción que ayudará a la recarga de los acuíferos.
CG-06	Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en áreas "sin vegetación aparente" y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un	El presente proyecto consta del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), con una superficie de 44.1027 ha. En cuanto al estudio de zonificación generado mediante el estudio de fragmentación de hábitat de la Península de Yucatán,

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
Criterios Generales		
	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.	se pudo determinar que el proyecto se encuentra en el parche de hábitat 27 (Fig. anexa) , que presenta una importancia baja, Así mismo, el grado de resistencia de los corredores que se encuentran cercanos al proyecto se definieron con un grado de resistencia alta, considerando lo anterior así como también tomando en cuenta la cercanía con el proyecto del Tren Maya y al aeropuerto internacional de la ciudad de Cancún, se determinó la ubicación del mismo, a su vez cabe mencionar que este estudio será sometido a evaluación para la autorización en impacto ambiental, así como también se contempla la implementación de Programas ambientales como medida de mitigación como lo es el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha**, en el cual se considera la revegetación con especies nativas haciendo énfasis en aquellas que se encuentran en alguna categoría de riesgo, para de esta manera contribuir en la recuperación de la cobertura vegetal.  **Figura Anexa.** Importancia de los parches de hábitat y resistencia de los corredores de la red de conectividad y fragmentación de la Península de Yucatán (ECOSFERA, 2024, en proceso de publicación).
CG-09	Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o bardeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.	Se respetará el porcentaje de desmonte establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, la cual corresponde a una superficie total de 19,899.53 ha de las cuales el desmonte se llevará a cabo de 44.1027 ha. de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) lo cual corresponde al 0.22 %.
CG-10	Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.	El proyecto, no contempla la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades de usos compatibles ya que se utilizarán caminos ya existentes los cuales serán rehabilitados en su área de rodamiento.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
Criterios Generales		
CG-11	El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.	Se respetará el porcentaje de desmonte establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, la cual corresponde a una superficie total de 19,899.53 ha de las cuales el desmonte se llevará a cabo de 44.1024 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) lo cual corresponde al 0.22 %. Para llevar a cabo **el desmonte y despalme del proyecto**, se somete a evaluación del presente documento en materia de impacto ambiental. Y una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).
CG-12	En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.	
CG-13	En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.	Se aplicará un ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha** y un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*** **en una superficie de 121.4004 ha** antes y durante la ejecución del proyecto.
CG-14	En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.	Se respetará el porcentaje de desmonte establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, la cual corresponde a una superficie total de 19,899.53 ha de las cuales el desmonte se llevará a cabo de 44.1027 ha. de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) lo cual corresponde al 0.22 %.
CG-15	En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimientos que no permitan su regeneración y/o propagación.	En caso de encontrar especies exóticas consideradas como invasoras se llevarán acciones de manejo y control.
CG-21	Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.	En caso de que se llegarán a encontrar vestigios arqueológicos en el área del Proyecto, la promovente obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
CG-26	De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación,	Se cumplirá en todo momento lo dispuesto por el Reglamento Municipal de Construcción. Se instalarán sanitarios portátiles instalando uno por cada quince trabajadores. El proyecto contará con un área de descanso para el personal involucrado en las actividades de preparación y construcción.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
Criterios Generales		
	lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.	Se aplicará el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.
CG-28	La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.	Los residuos producto del desmonte y despalme serán almacenados y triturados para ser utilizados en el área donde se llevará a cabo el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha**. Se aplicará el ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos por tipo.
CG-29	La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.	Se llevará ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.
CG-30	Los desechos biológico-infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.	No se contempla la generación de este tipo de desechos, las obras no se encuentran clasificadas como generadoras de desechos peligrosos biológicos infecciosos.
CG-32	Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.	En las actividades del proyecto no se contempla en ningún momento la quema de basura, su entierro o su disposición a cielo abierto. En cambio, se llevarán a cabo acciones de manejo de residuos generados durante las diferentes etapas del proyecto con la aplicación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos los cuales serán manejados por empresas contratistas autorizadas.
CG-33	Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.	Se llevará a cabo el ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** en donde se establecen las acciones para el manejo adecuado de los mismos, estableciendo áreas específicas para el acopio de los residuos, así como también se establece la

CLAVE	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN
Criterios Generales		
		contratación de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
CG-34	El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.	La naturaleza del proyecto no incluye la construcción de edificaciones, por lo que este criterio no es vinculante, sin embargo dentro de las actividades contempladas en el Programa de Protección y Conservación de Suelos, se hace mención de la reutilización del material vegetal removido para reutilizarse posteriormente en el arrope de las áreas de restauración para recuperación del sitio, sirviendo como medio de sostén y material biológico mínimo necesario para el establecimiento de una cubierta vegetal en la zona (revegetación natural), ya que este material orgánico al descomponerse da origen a lo que se llama humus, el cual es fundamental para el desarrollo del árbol.
CG-35	En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.	Las obras no afectarán los ríos subterráneos. Para llevar a cabo el **desmonte y despalme**, se somete a evaluación del presente documento en materia de impacto ambiental, una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).
CG-37	Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.	Los residuos producto del desmonte y despalme serán almacenados y triturados para ser utilizados en el área donde se llevará a cabo el ***Programa de Compensación Ambiental.***
CG-39	El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.	Para llevar a cabo el **desmonte y despalme del proyecto,** se somete a evaluación el presente documento en materia de impacto ambiental. Y una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes a su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Una vez considerados los criterios generales de aplicación, a continuación, se detalla cómo se vinculan los **criterios específicos** aplicables a la UGA 14.

Tabla 11**.** Acciones específicas aplicadas a la UGA 14, susceptibles para aplicar el proyecto.

Usos	CLAVE	Criterios de Regulación Ecológica											
Forestal	FOR	02	03	04	05	06	07	08	09	11	12	13	14
		15	16	18	19	21	23	24	25	26	27	28	29
Turismo alternativo	TUA	01	02	03	04	07	08	11	12	13	14	25	
Conservación del agua	COA	01	04	05	07	10							
Conservación de la biodiversidad	COB	01	02	03	05	06	07	08	09	10			
Aprovechamiento del agua	APA	01	02	05	06	07	09						

Tabla 12. Vinculación de los criterios de regulación ecológica de carácter específico de la UGA 14.

UGA de aplicación	Clave	Criterio	Vinculación
CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN FORESTAL			
Aprovechamiento Forestal Maderable			
14	FOR-02	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de aprovechamiento forestal maderable, se podrá desmontar hasta el 10% de la extensión del predio para la infraestructura asociada como caminos forestales, bacadillas y zonas de maniobra.	El objetivo de este proyecto **no consiste en el aprovechamiento forestal maderable, sino en realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.** No obstante, se han evaluado los porcentajes de desmonte y se expone lo siguiente en cumplimiento a este criterio, asegurando que el desmonte no excederá el 10% de la superficie total de la UGA la cual corresponde a 19,899.53 ha, mientras que el CUSTF corresponde a un área de 44.1027 ha, lo que es el 0.22 %.
14	FOR-07	Se permite la colecta de germoplasma dentro del área forestal permanente para labores de reforestación de las especies forestales aprovechadas.	Aunque el proyecto no contempla la existencia de una plantación forestal para aprovechamiento, si se llevarán a cabo medidas de mitigación que incluyen el rescate de germoplasma, conforme se detalla en el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha,** las especies rescatadas serán utilizadas dentro del ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie 89.7559 ha.**
14	FOR-09	En las áreas previamente afectadas que se encuentren dentro de las zonas de conservación, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 700 árboles o palmas por hectárea. Se deberá garantizar al menos el 60% de sobrevivencia.	El proyecto llevará a cabo dentro de sus acciones la implementación de un ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie 89.7559 ha**, el cual se llevará a cabo mediante la plantación de especies nativas adquiridas mediante el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora silvestre* en una superficie de 6.0120 ha**, de acuerdo con la actualización del Manual de restauración CONAFOR 2019 nos marca densidad de plantación de un mínimo de 350 y máximo de 750 plantas para ecosistemas tropicales,

UGA de aplicación	Clave	Criterio	Vinculación
			teniendo en cuenta las condiciones actuales del sitio no demandan una densidad alta ya que se cuenta con vegetación por lo que se considera establecer 500 plantas por hectárea, plantadas en diseño de marco real rectangular y con una distancia entre plantas de 4 m y entre hileras de 5 m, garantizando la supervivencia del 80% de los individuos.
CRITERIOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA			
Protección del agua			
14	COA-01	Todas las actividades productivas que se realicen dentro de un radio de 3 km alrededor de los pozos de uso públicos de extracción de agua para consumo humano para los centros de población deberán contar con programas autorizados para el manejo y correcta disposición de los residuos, tanto sólidos como líquidos que se generen.	El Proyecto llevará a cabo un ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** en el cual se manejan las acciones para el manejo, separación, control, valoración y disposición final de los residuos (RSU, RME, RP y aguas residuales) que se generarán durante las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto, de estas se contempla contratar a una empresa dedicada al manejo de residuos para la recolección y disposición final de los residuos generados durante la realización del proyecto (Anexo IV).
14	COA-04	En los predios en los que no exista servicio de drenaje municipal, el Proyecto autorizado debe incluir infraestructura para el tratamiento secundario de sus aguas residuales conforme a la normatividad vigente en la materia.	En el proyecto se manejarán sanitarios portátiles para el personal de trabajo (1 sanitario por cada 15 trabajadores), en el cual los residuos sanitarios y aguas residuales generadas durante las actividades, serán recolectadas y transportadoras para darle destino final por una empresa especializada en manejo de residuos, esto se llevará a cabo desde iniciadas las obras durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto así como se maneja dentro del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** (Anexo IV).
Recarga del acuífero			
14	COA-10	Para recuperar la cobertura arbórea deben priorizarse acciones de reforestación y rehabilitación de la capa del suelo que favorezcan la regeneración natural.	Como parte de las medidas de mitigación establecidas en este estudio, se llevó a cabo el rescate de germoplasma a través del ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha.** Esto tiene como objetivo minimizar los impactos adversos en la vegetación y ejecutar acciones de restauración ecológica, mediante la implementación de un programa de reforestación.
CRITERIOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD			
Conservación de la biodiversidad			

UGA de aplicación	Clave	Criterio	Vinculación
14	COB-06	La restauración de la cobertura vegetal debe realizarse utilizando únicamente especies propias del tipo de ecosistema original preexistente en el área y preferentemente las de mayor relevancia ecológica, con una densidad mínima de 1500 árboles por hectárea.	Atendiendo a este criterio y aplicando las medidas de mitigación, se realizará la revegetación utilizando el germoplasma recuperado durante el desmonte efectuado en el **área del proyecto (AP**). Este proceso se detalla en el ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie de 89.7559 ha**. La cual se llevará a cabo con las especies rescatadas mediante el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha**, poniendo especial énfasis en individuos de especies protegidas según la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y aquellas de importancia ecológica. De acuerdo con la actualización del Manual de restauración CONAFOR 2019 nos marca densidad de plantación de un mínimo de 350 y máximo de 750 plantas para ecosistemas tropicales, teniendo en cuenta las condiciones actuales del sitio no demandan una densidad alta ya que se cuenta con vegetación por lo que se considera establecer 500 plantas por hectárea, plantadas en diseño de marco real rectangular y con una distancia entre plantas de 4 m y entre hileras de 5 m, garantizando la supervivencia del 80% de los individuos.
14	COB-07	En las áreas de conservación los usos que pretendan aplicarse deberán asegurar la composición y estructura presente y futura de las poblaciones que integran los tipos de vegetación de esta unidad de gestión.	En el presente estudio se solicita el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para una superficie total de **44.1027 ha** de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, sin embargo como medida de mitigación se llevará a cabo un ***Programa de Compensación Ambiental* en una superficie de 89.7559 ha,** el cual considerará las especies nativas haciendo especial énfasis en aquellas que se encuentran en alguna categoría de riesgo, séase nacional o internacional, estas plantas serán las rescatadas mediante la implementación del ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre* en una superficie de 6.0120 ha**, así como también obtenidas de viveros forestales.

Tabla 13**.** Vinculación de acuerdo con la modificación a las UGAS 11 y 14 para la inclusión del uso infraestructura, asentado en el acta de la primera sesión extraordinaria del comité de ordenamiento ecológico local del municipio Benito Juárez, Q.R. 2022.

UGA de aplicación	Clave	Criterio	Vinculación
14	INF-04	Se permite la construcción y operación de carreteras y vías férreas.	El proyecto consiste en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF de 44.1027 ha) para **el desmonte y despalme del área del proyecto (AP).** El proyecto está vinculado al proyecto ferroviario del Tren Maya al considerarse una obra asociada. Dicha preparación del sitio tiene el objetivo de preparar el sitio para la extracción de materiales pétreos (autorizada por la SEMA bajo el oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/1001/2025 emitido el 30 de abril de 2025) que servirán para la construcción de la Terminal Multimodal Cancún.

3.4 TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES

3.4.1 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional concertado entre países firmada en Washington, E. U. A. el 3 de marzo de 1973, enmendada posteriormente en Bonn el 22 de junio de 1979 y enmendada nuevamente en Gaborone el 30 de abril de 1983. Entro en Vigor el 1° de Julio de 1975 y está conformada por 184 partes (Naciones), siendo el Gobierno de Suiza como el gobierno depositario de ejecutar este Convenio. México se adhirió el 2 de Julio de 1991 e inició sus operaciones, de manera formal, en 1992. La autoridad administrativa mexicana responsable de dar cumplimiento a los compromisos y acciones de la Convención CITES es la actual Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental (y dentro de ella, la Dirección General de Vida Silvestre), apoyándose en la Comisión Nacional del Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en su carácter de Autoridad Científica, así como en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

La CITES tiene por objeto la cooperación internacional para la protección de especies amenazadas de flora y fauna contra su explotación por el comercio internacional, así como el aprovechamiento sustentable y la conservación de la biodiversidad. En base al convenio de la CITES, El proyecto "Terminal Multimodal Cancún" no tiene la finalidad de comercializar con ninguna de las especies de flora o fauna que se encuentren en el sito en cuestión, antes bien, promoverá el respeto, resguardo y conservación de la fauna y flora local. En la siguiente tabla se presenta la vinculación del proyecto "Terminal Multimodal Cancún" con el presente instrumento.

Tabla 14. Vinculación entre el proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Artículo	Vinculación
Artículo II	El proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" no realizará actividades de comercio de

Artículo	Vinculación
1. El Apéndice I incluirá todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio. El comercio en especímenes de estas especies deberá estar sujeto a una reglamentación particularmente estricta a fin de no poner en peligro aún mayor su supervivencia y se autorizará solamente bajo circunstancias excepcionales. *2. El Apéndice II incluirá:* *a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta a fin de evitar utilización incompatible con su supervivencia; y* *b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el subpárrafo a) del presente párrafo.* *3. El Apéndice III incluirá todas las especies que cualquiera de las Partes manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción con el objeto de prevenir o restringir su explotación, y que necesitan la cooperación de otras Partes en el control de su comercio.* *4. Las Partes no permitirán el comercio en especímenes de especies incluidas en los Apéndices I, II y III, excepto de acuerdo con las disposiciones de la presente Convención.*	especies en peligro de extinción o especies amenazadas y vigilará que sus trabajadores respeten la flora y fauna del área del proyecto. En este sentido, se implementarán los siguientes programas para cumplir con este apartado: ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*:** que tiene como objetivo mitigar los impactos a la fauna causada por la ejecución del "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" mediante la implementación de acciones y actividades que incluyen el rescate de fauna, la reubicación de dichas especies dando prioridad a las que se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de los instrumentos nacionales como la NOM-059 y en los instrumentos internacionales como el CITES y la IUCN, la reubicación de dichas especies se realizará en zonas que no presenten perturbación y mantenga una estructura similar a donde se realizará el rescate con un superficie de 121.4004 ha, posterior a eso se realizará un monitoreo eventual de estas especies de fauna para asegurar la integridad y seguridad de las mismas. ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre:*** Asimismo, tiene como objetivo disminuir y mitigar los posibles accidentes que puedan dañar a la flora nativa, por el proceso de construcción del proyecto. Dentro de sus acciones en materia de flora se encuentra, entre otras, capturar, salvaguardar, reubicar en una superficie de 6.0120 ha a los individuos florísticos, así como concientizar al personal sobre la importancia de las especies presentes en la zona. En ambos programas se propone el seguimiento a través de bitácoras que permitan identificar las especies de flora y fauna que serán objeto de rescate y/o reubicación. Con estas acciones se busca mantener un registro y tener la trazabilidad desde que el individuo fue rescatada hasta su reubicación considerando los factores y procesos indicados en los programas aplicables a este rubro. De igual manera, se contempla ejecutar un ***Programa de Vigilancia Ambiental***, a través del cual un grupo de especialistas ambientales vigilarán el cumplimiento de los diversos programas ambientales por lo cual se deberá capacitar a todo el personal que labore en el proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" en sus diferentes etapas a fin de evitar la afectación o explotación de los recursos de flora y fauna existentes en el área del proyecto.

Vinculación e importancia del proyecto con el CITES:

En el presente proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" se registraron las siguientes especies que se encuentran en alguna categoría de acuerdo con el CITES: Para la flora: *Catasetum integerrimum* y *Trichocentrum oerstedii* dentro del apéndice II. Para la fauna: *Agalichnis taylori, Amazilia rutila, Eupsittula nana, Tayassu pecari* y *Ctenosaura similis* en Apéndice II. Para ello, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación como el *Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre,* así como el *Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.*

3.4.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Hoy en día, tiene una membresía casi universal. Los 197 países que han ratificado la Convención se denominan Partes en la Convención.

El objetivo final de la Convención es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero "a un nivel que impida interferencias antropógenas (inducidas por el hombre) peligrosas en el sistema climático". Establece que "ese nivel debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible".

Tabla 15. Vinculación entre el proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" y la Convención Marco de las Naciones Unidades.

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Objetivo *El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.* *Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible."*	El promovente cumplirá con la legislación en materia de cambio climático en todas las etapas de desarrollo del proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" y en apego a la presente convención y de conformidad con la Ley General de Cambio Climático y su Reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones, conforme a la estimación de emisiones, El promovente estará sujeto a presentar reportes de avances y en su caso reportes de emisiones ante el seguimiento de condicionantes conforme se solicite por la autoridad para evaluar el estatus del proyecto.
Artículo 3.- Principios *Las Partes, en las medidas que adopten para lograr el objetivo de la Convención y aplicar* *sus disposiciones, se guiarán, entre otras cosas, por lo siguiente:* *1. Las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades…* *2. Deberían tenerse plenamente en cuenta las necesidades específicas y las circunstancias especiales de las Partes que son países en desarrollo, especialmente aquellas que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático…* *3. Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas*	El proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**" contribuirá a la reducción de emisiones, ya que la naturaleza del proyecto no contempla la generación de emisiones de gases a partir de que inicien operaciones. Asimismo, como medidas de compensación se realizarán las siguientes acciones que contribuyan a mitigar el impacto ambiental: **Programa de Manejo Integral de Residuos**: • Acciones de manejo de Residuos sólidos urbanos • Acciones de manejo de residuos de manejo especial • Acciones de manejo de residuos peligrosos • Acciones de Mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria. **Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre:** que tiene como objetivo mitigar la afectación a las poblaciones silvestres de las especies de Fauna presentes en el proyecto, con acciones de: • Ahuyentamiento rescate y reubicación de fauna silvestre. • Rescate de madrigueras durante las diferentes etapas del proyecto.

Artículo	Vinculación
y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible… *4. Las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo…* *Artículo 4.- Compromisos* *1. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:* *(…)* *c) Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos;* *d) Promover la gestión sostenible y promover y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos* *f) Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él;*	• Acciones de grupo de atención técnica y operativa. • Monitoreo de fauna durante todas las etapas del proyecto. **Programa de Rescate y Reubicación de Flora silvestre:** • Rescate y reubicación de flora silvestre nativa, haciendo énfasis en aquellas especies que se encuentran dentro de una categoría de riesgo por la NOM-059-2010 y su modificación en el Anexo III, así como también aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo internacional. Con el objetivo de disminuir y mitigar los posibles daños a la flora y fauna nativa, por el proceso de construcción del proyecto.

3.5 LEGISLACIÓN FEDERAL

3.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

El documento legal fundamental de México es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, redactada en 1917 y ha sufrido algunas modificaciones desde entonces. Es en sus Artículos 25, 27 y 28 donde están contenidos los principales aspectos que determinan el papel del Estado Mexicano en el campo de los recursos naturales en general y de la energía en particular.

Artículo 4º: "*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.*"

Artículo 25: *"Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el*

fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. La competitividad se entenderá como el conjunto de condiciones necesarias para generar un mayor crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo"

Así mismo, expresa que:

"El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución" y que "al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación."

Igualmente, puntualiza que el Estado:

"*podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo" y que "la ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución*".

Por lo tanto, el Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. Con observación en el marco de libertades que otorga la Constitución.

Artículo 27: "*la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada." "corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos.*"

…En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; …

Motivo por el que, cualquier obra o actividad que implique la influencia al medio ambiente, conlleva la necesidad de demostrar su viabilidad ambiental y, en su caso, la adopción de las medidas de prevención y control ambiental previstas en las disposiciones reglamentarias de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Este artículo también establece lo siguiente:

"Podrán otorgar subsidios a actividades prioritarias, cuando sean generales, de carácter temporal y no afecten sustancialmente las finanzas de la Nación."

Artículo 28 *"En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes"; pero también puntualiza que "no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva" en áreas consideradas estratégicas, como petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de electricidad, para lo cual "el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí o con los sectores social y privado*."

Aunado a lo anterior, resulta importante atender lo dispuesto por las leyes locales, en virtud de que el Pacto Federal prevé la formulación de un marco normativo, en el que la concurrencia de las autoridades se encuentra implícita, tanto en materia de protección y conservación de los recursos naturales como en materia de aprovechamiento sustentable de los mismos. En efecto la Carta Magna, prevé lo siguiente:

Artículo 73. El Congreso tiene facultad: …

Fracción XXIX-G. Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico; …
En ese sentido, cualquier actividad también debe llevarse a cabo acorde a las disposiciones del régimen municipal, principalmente aquellas relacionadas con los usos del suelo, toda vez que, la Constitución Política de México, otorga plena jurisdicción a los Gobiernos Municipales sobre la regulación del uso del suelo municipal y las actividades humanas que se efectúan en su territorio. Lo anterior, de acuerdo con lo previsto en el siguiente dispositivo legal:

Artículo 115. … los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes: …

Fracción V. Los Municipios, en los términos de las leyes Federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

Inciso a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;

- Inciso b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;
- Inciso c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;
- Inciso d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;
- Inciso e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;
- Inciso f) Otorgar licencias y permisos para construcciones;
- Inciso g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia; Convenios internacionales y nacionales

Como parte del resultado de la reforma constitucional del año 2011, el Artículo 1° de nuestra Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue reformado para establecer que en los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece. Por lo antes mencionado, la normatividad internacional aplicable en materia ambiental se torna relevante por lo que en las siguientes líneas se resaltan algunos instrumentos internacionales aplicables al caso en particular:

- Tratados sobre comercio, industria y medio ambiente. - Se deben de evaluar todas y cada una de las posibles afectaciones, tanto a corto, como a mediano y largo plazo, con el objeto de evitar que las actividades comerciales e industriales del ser humano degraden el planeta, tal es el caso del Capítulo Ambiental del Tratado Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). El Proyecto está diseñado para acatar con cabalidad los criterios de cumplimiento ambiental que fueron pactados en el TLCAN, en virtud de que su operación está planeada con estricto apego al marco normativo ambiental de México.

- **Tratados sobre manejo de residuos peligrosos transfronterizos**. - El Proyecto prevé el adecuado manejo de todos los residuos que generará, particularmente aquellos identificados por la legislación ambiental mexicana como peligrosos. Es importante notar que el Proyecto no exportará ni importará residuos peligrosos en ningún momento y en ninguna de sus etapas.

Cabe señalar que, a través del cumplimiento de las disposiciones legales ambientales vigentes en México, se dará pleno cumplimiento a lo dispuesto en cada uno de los tratados internacionales vigentes, ya que la normatividad internacional aplicable al proyecto en materia de impacto ambiental, prevención, control de la contaminación y aprovechamiento de los recursos naturales, resulta congruente con los compromisos contraídos con la comunidad internacional. Los cuales a su vez están contemplados e integrados en la legislación ambiental mexicana vigente la cual será respetada estrictamente durante la ejecución de las diferentes etapas del proyecto.

3.5.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

A continuación, se transcriben los artículos relevantes para el análisis de la vinculación del proyecto a la legislación vigente, señalando la forma en que los Promoventes y el proyecto cumplen con lo señalado en la LGEEPA (Última reforma publicada DOF 24-01-2024).

Artículo 5. Son facultades de la Federación:

> **X.-** La evaluación del impacto ambiental de las obras o Actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

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

de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría, **Fracción VII:**

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

Dando cumplimiento con los Artículos anteriores, el promovente presenta ante esta secretaria, la Manifestación de Impacto Ambiental y en su momento presentará el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Selo del Proyecto.

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.

El presente documento, demuestra que el Proyecto da cabal cumplimiento a lo dispuesto por la LGEEPA, ya que uno de los principales propósitos de ésta, es el de normar la operatividad de los giros de su competencia, para que exista un verdadero desarrollo ambiental programado y fundado en un proceso reglamentado mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social, que tiendan a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, mediante la aplicación de medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de recursos naturales; fortaleciendo siempre las políticas, programas, normas y acciones destinadas a mejorar el ambiente, a prevenir y controlar su deterioro.

Dando cumplimiento con el Artículo anterior, el promovente presenta ante esta secretaria, la Manifestación de Impacto Ambiental y en su momento presentará el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo del Proyecto.

3.5.2.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA)

Este Reglamento de Ley, cuya última reforma fue publicada en el DOF el día 31 de octubre de 2014, está orientado a la evaluación en materia del impacto ambiental de aquellas obras, actividades e infraestructura a realizarse en el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

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: …

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;

El presente proyecto se refiere a las actividades de desmonte y despalme del proyecto, por lo que a través de este documento el proyecto presenta la Manifestación de impacto ambiental y en su momento presentará el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo del Proyecto.

3.5.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

Esta ley, cuyo texto fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de abril de 2022 (última reforma) es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Sus disposiciones son de orden e interés público, siendo de observancia general en todo el territorio nacional. Su objeto es regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal que correspondan a la Federación, los Estados y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G) de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

Una consideración importante es lo previsto por dicha ley respecto del cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, que particularmente prevé lo siguiente:

Artículo 7…

Fracción VI. **Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales:** 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;

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

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

El promovente presentará ante esta secretaría, el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Selo del Proyecto.

Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

El promovente presentará ante esta secretaría, el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo del Proyecto para su evaluación.

Finalmente, el **Artículo 97**, también prevé como condición para el otorgamiento de las autorizaciones de cambio de uso de suelo que los terrenos materia del cambio de uso de suelo no hayan sido incendiados recientemente. Si lo fueron, para que sea procedente a autorización se requiere que hayan transcurrido más de 20 años desde el evento y que se demuestre que el ecosistema se ha regenerado totalmente. Al respecto, es importante mencionar que los terrenos en los que se construirá el proyecto no han sido incendiados, por lo que no se cumple este criterio de improcedencia.

Así mismo la ley de mérito señala:

Artículo 98. Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

En cumplimiento a lo previsto en este artículo, en su momento el promovente acreditará la realización del pago o depósito ante el Fondo Forestal Nacional, para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento y la propia SEMARNAT.

3.5.3.1 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)

Este reglamento, reformado el 09 de diciembre de 2020, tiene por objeto desarrollar o reglamentar las disposiciones de la LGDFS en el ámbito de la competencia federal, en cuanto se refiere a los instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como la conservación, protección y restauración de estos. Las atribuciones en materia forestal y de cambios de uso de suelo forestales están a su vez asignadas, a la SEMARNAT, a través de su Delegación Federal en el estado de Quintana Roo (donde se pretende desarrollar el proyecto), en artículos 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y en los artículos 138, 139, 141, de su reglamento.

Artículo 138. Los Terrenos forestales seguirán considerándose como tales, aunque pierdan su cubierta forestal por acciones ilícitas, Plagas, Enfermedades, Incendios, deslaves, huracanes o cualquier otra causa.

Artículo 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente:

I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante;

II. Lugar y fecha;

III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y

IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente:

I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante;

II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo;

III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo;

IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y

V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.

Artículo 141. Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:

I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno;

II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georreferenciados y expresados en coordenadas UTM;

III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos desuelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos;

IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;

V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales;

VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal;

VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo;

VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo;

IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo;

X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo;

XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto;

XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga;

XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo;

XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y

XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas.

La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.

El promovente presentará ante esta secretaría, el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo del Proyecto para su evaluación.

3.5.4 Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, y cuya última reforma fue publicada el 08 de mayo de 2023, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado 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.

Para efecto de esta Ley, de conformidad con el artículo 5, se entiende por Residuo, el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

Tabla 16. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables de la LGPGIR.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
Artículo 40. Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven. En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables.	El Proyecto es congruente con este precepto, en virtud de que los residuos que se generen de las actividades del proyecto se identificarán, clasificarán y manejarán conforme a lo establecido en el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, cumpliendo con la legislación y las normas oficiales mexicanas vigentes, de la siguiente forma: 1. Minimización -Se evitarán excesos de materiales residuales con la planeación y estimación adecuada de las actividades y materiales requeridos para estas actividades. -Se concientizará y/o capacitar a trabajadores, empleados y residentes para el manejo de residuos. 2. Separación -Se separarán los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en reciclables (preferentemente por tipo de residuo) y no reciclables. -Se separarán los residuos peligrosos con base en sus características de riesgo. -Se evitará mezclar residuos peligrosos con residuos sólidos urbanos o de manejo especial. 3. Acopio y almacenamiento temporal -Dentro del Almacén Temporal de Residuos se usarán contenedores adecuados para el acopio de los diversos tipos de residuos debidamente señalados y herméticos. -Se establecerán áreas de almacenamiento de residuos. Dichas áreas estarán señalizadas y se ubicarán en áreas separadas de las áreas de trabajo y almacenamiento de materiales minimizando los riesgos en caso de accidentes o derrames. - Los residuos especiales provenientes de derrames y trituración, se acamellonarán en sitios específicos señalizados previamente y se les proporcionará un riego periódico para evitar su dispersión. Estará estrictamente prohibido acamellonar o almacenar residuos cercanos a cuerpos o corrientes de agua. -Se desalojarán periódicamente los residuos almacenados, para su tratamiento o disposición final de forma adecuada. -Se llevará un control de entradas y salidas de los residuos mediante el uso de bitácoras. -Se inspeccionarán continuamente las áreas de almacenamiento. 4. Transporte, tratamiento y disposición final

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
	-Se contratarán empresas autorizadas para el almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos.
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	Durante la ejecución del proyecto el promovente, y en su caso la empresa contratista para llevar a cabo la preparación del sitio, deberá dar atención a esta Ley, responsabilizándose por el manejo integral de los residuos que se generen durante el desarrollo de estas actividades. La empresa contratista se encargará de dejar libre las instalaciones en las que se hayan generado y almacenado cualquier residuo peligroso que pudiera representar un riesgo a la salud o al ambiente.
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.	El Proyecto es congruente con este criterio en virtud de que se contratará a una empresa especializada y autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para la recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos. Los residuos que se generen por las actividades de ejecución se identificarán, clasificarán y manejarán mediante el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, conforme a lo establecido en esta Ley, su Reglamento y en las normas oficiales mexicanas vigentes aplicables en la materia.
Artículo 43. Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.	El Promovente notificará a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y/o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, sobre la generación y manejo de los residuos peligrosos conforme a lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.
Artículo 44. Generación de los Residuos Peligrosos. Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: I. Grandes generadores; II. Pequeños generadores, y III. Microgeneradores.	El promovente y en su caso la empresa constructora aplicará el correcto manejo, adecuado y oportuno de los residuos que se generen durante el desarrollo de las actividades del proyecto. En este sentido, el Proyecto generará residuos catalogados en el numeral I Grandes generadores de este artículo, pues debido a las actividades inherentes para llevar a cabo las actividades del Proyecto, el volumen de los residuos a generarse entra en este nivel.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
Artículo 45. Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.	El Promovente en atención a esta Ley se responsabilizará por el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos que se generen durante el desarrollo de las actividades del Proyecto. Identificará, clasificará y manejará los residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. El proyecto no considera la etapa de abandono, sin embargo, la promovente se encargará de dejar libre las instalaciones en las que se hayan generado y almacenado cualquier residuo peligroso que pudiera representar un riesgo a la salud o al ambiente, en caso de realizar el cierre o abandono del sitio del proyecto.
Artículo 48. Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. El control de los microgeneradores de residuos peligrosos, corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.	La promovente y en su caso la empresa contratista será, responsables en dar la atención a esta Ley, para el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos sólidos y peligrosos que se generen durante el desarrollo de las obras y operación del proyecto. Asimismo, la empresa contratista estará registrada ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda, y someterá a su consideración las acciones de manejo integral de residuos sólidos y peligrosos, también generará una bitácora y presentará el informe correspondiente según lo especifique la autoridad correspondiente.
Artículo 95. La regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.	Durante las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, se les proporcionará un manejo y gestión integral a los residuos, a fin de evitar la contaminación del ambiente. El Promovente y en su caso la empresa contratista, en atención a esta Ley deberá responsabilizarse por el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos sólidos que se generen durante el desarrollo del Proyecto.

3.5.4.1 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)

Este Reglamento, fue elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de noviembre de 2006 y modificado el 31 de octubre de 2014.

Este tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo

Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La siguiente tabla contiene la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos aplicables.

Tabla 17. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables al Reglamento de la LGPGIR.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
Artículo 40.- La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera. Los residuos peligrosos que se encuentren mezclados en lodos derivados de plantas de tratamiento autorizados por la autoridad competente deberán de caracterizase y cumplir las condiciones particulares de descarga que les sean fijadas y las demás disposiciones jurídicas de la materia. En la norma oficial mexicana se determinarán aquellos residuos que requieran otros requisitos de caracterización adicionales de acuerdo con su peligrosidad. Los residuos peligrosos generados por las actividades de dragado para la construcción y el mantenimiento de puertos, dársenas, ríos, canales, presas y drenajes serán manejados de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan. Los residuos peligrosos provenientes de la industria minero-metalúrgica y aquéllos integrados en lodos y aguas residuales, se regularán en las normas oficiales mexicanas correspondientes.	Durante las actividades inherentes del proyecto se contempla la implementación de un ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, en el cual se determinan las acciones para evitar derrames o fugas de residuos peligrosos. Sin embargo, para el caso de que por accidente se mezclará alguna sustancia potencialmente peligrosa con el suelo, se manejará como se establece en este y otros preceptos normativos aplicables en la materia.
Artículo 43. Las personas que conforme a la Ley estén obligadas a registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: I. Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría la siguiente información: a) Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante; b) Nombre del representante legal, en su caso; c) Fecha de inicio de operaciones; d) Clave empresarial de actividad productiva o en su defecto denominación de la actividad principal; e) Ubicación del sitio donde se realiza la actividad; f) Clasificación de los residuos peligrosos que estime generar, y g) Cantidad anual estimada de generación de cada uno de los residuos peligrosos por los cuales solicite el registro; II. A la información proporcionada se anexarán en formato electrónico, tales como archivos de imagen u otros análogos, la identificación oficial, cuando se trate de personas físicas o el acta constitutiva cuando se trate de personas morales. En caso de contar con Registro Único de Personas Acreditadas bastará indicar dicho registro, y III. Una vez incorporados los datos, la Secretaría automáticamente, por el mismo sistema, indicará el número con el cual queda registrado el generador y la categoría de generación asignada. En caso de que para el interesado no fuere posible anexar electrónicamente los documentos señalados en la fracción II del presente artículo, podrá enviarla a la dirección electrónica que para tal efecto se habilite o presentará copia de los mismos en las	De acuerdo con el presente artículo, la empresa contratista se registrará ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales como generador de residuos peligrosos, conforme a la clasificación establecida en el reglamento. Con lo anterior se dará cumplimiento a lo establecido en este precepto.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
oficinas de la Secretaría y realizará la incorporación de la información señalada en la fracción I directamente en la Dependencia.	
Artículo 65. Los generadores o prestadores de servicios que soliciten prórroga de seis meses adicionales para el almacenamiento de residuos peligrosos presentarán ante la Secretaría una solicitud con veinte días hábiles de anticipación a la fecha en que venza el plazo autorizado por la Ley para el almacenamiento, la cual contendrá la siguiente información: I. Nombre, denominación o razón social y número de registro o autorización, según corresponda, y Justificación de la situación de tipo técnico, económico o administrativo por la que es necesario extender el plazo de almacenamiento. La Secretaría dará respuesta a la solicitud en un plazo máximo de diez días hábiles, de no darse respuesta en dicho plazo se considerará que la prórroga ha sido autorizada.	Los residuos que se generen como resultado de las actividades del proyecto, serán depositados temporalmente en contenedores, previamente etiquetados para después ser puestos a disposición de una empresa contratada por el Promovente o la contratista, según se presente el caso, en donde dicha empresa se encargará de su tratamiento, manejo y disposición final en conformidad con las disposiciones aplicables de la LGPGIR y de este Reglamento.
Artículo 68. Los generadores que por algún motivo dejen de generar residuos peligrosos deberán presentar ante la Secretaría un aviso por escrito que contenga el nombre, denominación o razón social, número de registro o autorización, según sea el caso, y la explicación correspondiente. I. Los microgeneradores de residuos peligrosos indicarán solamente la fecha prevista para el cierre de sus instalaciones o suspensión de la actividad generadora de sus residuos o en su caso notificarán que han cerrado sus instalaciones, y II. Los pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos proporcionarán: a) La fecha prevista del cierre o de la suspensión de la actividad generadora de residuos peligrosos; b) La relación de los residuos peligrosos generados y de materias primas, productos y subproductos almacenados durante los paros de producción, limpieza y desmantelamiento de la instalación; c) El programa de limpieza y desmantelamiento de la instalación, incluyendo la relación de materiales empleados en la limpieza de tubería y equipo; d) El diagrama de tubería de proceso, instrumentación de la planta y drenajes de la instalación, y El registro y descripción de accidentes, derrames u otras contingencias sucedidas dentro del predio durante el periodo de operación, así como los resultados de las acciones que se llevaron a cabo. Este requisito aplica sólo para los grandes generadores. Los generadores de residuos peligrosos manifestarán en el aviso, bajo protesta de decir verdad, que la información proporcionada es correcta. e) Lo dispuesto en el presente artículo es aplicable para los	Se dará cumplimiento a este precepto, pues una vez que se suspenda la generación de residuos peligrosos, o exista la suspensión de la actividad generadora de sus residuos, se notificará a la autoridad tal determinación.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
prestadores de servicios de manejo de residuos peligrosos, con excepción de los que prestan el servicio de disposición final de este tipo de residuos.	
Artículo 71. Las bitácoras previstas en la Ley y este Reglamento contendrán: I. Para los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos: a) Nombre del residuo y cantidad generada; b) Características de peligrosidad; c) Área o proceso donde se generó; d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas, en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos; e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior; f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos, y g) Nombre del responsable técnico de la bitácora. La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.	Para dar cumplimiento a este precepto, se elaborará una bitácora para el registro de los residuos peligrosos generados durante las actividades del proyecto, los generados se manejarán en conformidad a como lo establece la LGPGIR y este Reglamento mediante la implementación del ***Programa de Manejo Integral de Residuos***. Asimismo, se cumplirá en todo momento con los requisitos señalados en este artículo para la integración de datos en las bitácoras de registro de residuos.
Artículo 83. El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente: I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; en lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la microgeneración de residuos peligrosos.	El almacenamiento de los residuos peligrosos que se generarán durante las actividades del proyecto se realizará de conformidad por este precepto, pues estos serán separados y dispuestos en contenedores previamente etiquetados de acuerdo con su naturaleza, evitando fugas, derrames que contaminen el suelo y así garantizando la seguridad de las personas, los trabajadores y los recursos naturales aún presentes en el ecosistema.
Artículo 84. Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses. No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a seis meses, sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa constructora o el promovente tramitarán la prórroga a que se refiere el artículo 65 del presente ordenamiento, en tiempo y forma.	No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a seis meses; sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa contratista o el Promovente tramitarán la prórroga ante la autoridad.

3.5.5 Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La Ley General de Vida Silvestre fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000, y cuya última reforma fue publicada el 20 de mayo de 2021, a través de la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

En tabla siguiente se presenta la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos que resultan aplicables.

Tabla 18. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con la LGVS.

ARTICULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
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.	Se dará cumplimiento a lo establecido en este precepto, en el sentido de que no se contemplan acciones de daño o destrucción de la vida silvestre ni en perjuicio de los intereses de la Nación. Por el contrario, y con el fin de preservar los recursos naturales se implementarán acciones dentro del ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha** y el ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*** **en una superficie de 121.4004 ha**, para garantizar los procesos naturales de reproducción y permanencia de la vida silvestre.
Artículo 27 Bis. - No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. La Secretaría determinará dentro de normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales las listas de especies exóticas invasoras. Las listas respectivas serán revisadas y actualizadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la especie y, en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica. Asimismo, expedirá las normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquéllas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal.	En acatamiento de lo ordenado en este artículo, así como del equilibrio ecológico y estabilidad biológica de las especies, no se liberarán especies exóticas, ni se utilizarán en las acciones de mitigación. Por lo anterior existe congruencia y armonía con lo señalado en este artículo.
Artículo 31. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	Previo al inicio de las actividades de preparación del sitio, todos los ejemplares de fauna silvestre que se encuentren en la zona serán ahuyentados y reubicados en sitios con características similares al ecosistema en donde fueron localizados; dichas actividades serán realizadas por personal experto y/o capacitado para tal fin, con el

ARTICULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
	objeto de evitar al máximo la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, considerando las características de las diferentes especies y los métodos más eficaces.

3.5.5.1 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS)

El Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006 con la última reforma publicada el 9 de mayo de 2014, tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre.

En tabla siguiente se presenta la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos que resultan aplicables.

Tabla 19**.** Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con el Reglamento de la LGVS.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE	
ARTÍCULO	**VINCULACIÓN CON EL PROYECTO**
Artículo 56. La importación, exportación y reexportación de material biológico de especies incluidas en los apéndices de CITES, se sujetará a lo señalado en dicha Convención.	Con el fin de conservar la diversidad biológica y contribuir a su utilización sostenible, durante el desarrollo de las actividades inherentes a la preparación del sitio se aplicará el ***Programa de Rescate y reubicación de flora Silvestre***, en el que se contempla prohibir la utilización y venta de cualquier especie que se encuentre dentro del área del Proyecto y en la zona de influencia.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE	
ARTÍCULO	**VINCULACIÓN CON EL PROYECTO**
Artículo 78. Las medidas de manejo, control y remediación de ejemplares o poblaciones perjudiciales podrán consistir en cualquiera de las siguientes, de acuerdo con el orden de prelación que se indica: **I.** La captura o colecta para el desarrollo de proyectos de recuperación, actividades de repoblación y reintroducción; **II.** La captura o colecta para actividades de investigación o educación ambiental; **III.** La reubicación de ejemplares, en cuyo caso se deberá evaluar el hábitat de destino y las condiciones de los ejemplares, en los términos señalados en la Ley y en el presente Reglamento para la liberación; **IV.** La captura de ejemplares, en cuyo caso la Secretaría determinará el destino de estos; **V.** La eliminación de ejemplares o la erradicación de poblaciones, y **VI.** Las acciones o dispositivos para ahuyentar, dispersar, dificultar el acceso de los ejemplares o disminuir el daño que ocasionan, cuando así se justifique.	El proyecto contempla un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre***, en este programa se incluirán medidas de manejo y control de ejemplares o poblaciones perjudiciales para la operación el Proyecto. Asimismo, contemplará acciones para ahuyentar y reubicar fauna de importancia ecológica, haciendo énfasis en aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo.
Artículo 79. Para la atención de los asuntos relativos al manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales, la Secretaría podrá establecer por sí misma o autorizar, a solicitud de los interesados, las medidas correspondientes en los predios, zonas o regiones en los cuales se requiera una solución con el fin de evitar o minimizar efectos negativos para el ambiente, otras especies o la población humana.	

3.5.6 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992, y cuya última reforma fue publicada el 6 de enero de 2020, a través de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son

aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala. En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con el presente ordenamiento.

Tabla 20**.** Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
Artículo 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	El Proyecto no arrojará o depositará residuos en cuerpos receptores y zonas federales. Además, se implementará un ***Programa de manejo integral de residuos***: que tiene dentro de sus objetivos establecer las estrategias para el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Dentro de las acciones propuestas por este programa se tiene la disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos, la identificación de los residuos peligrosos, contar con un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos y dar seguimiento a todos los residuos generados por el proyecto.
ARTÍCULO 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión": IV. Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;	El Proyecto se desarrollará sobre terrenos adquiridos por SEDENA, por lo que las actividades a realizarse no afectarán las riberas o zonas federales. Sin embargo, en caso de ser necesario, se solicitará la concesión para uso u ocupaciones de bienes administrados por la Comisión Nacional del Agua.

3.5.6.1 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Este Reglamento, fue elaborado por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 12 de enero de 19994 y modificado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado en el DOF el 25 de agosto de 2014. En la tabla siguiente se presenta la vinculación del PROYECTO con el presente ordenamiento.

Tabla 21**.** Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
Artículo 151.- Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.	El Proyecto no arrojará o depositará residuos en cuerpos receptores y zonas federales. Además, se implementará un ***Programa de manejo integral de residuos*** que tiene dentro de sus objetivos establecer las estrategias para el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen durante las actividades del proyecto. Dentro de las acciones propuestas por este programa se tiene la disposición adecuada de los

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
	residuos sólidos urbanos, la identificación de los residuos peligrosos, contar con un almacén temporal de residuos peligrosos y dar seguimiento a todos los residuos generados por el proyecto.

3.5.7 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

La ley fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972, y cuya última reforma fue publicada el 16 de febrero de 2018, a través de la Secretaría de Educación Pública, tiene por objeto la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.

En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con dicho ordenamiento.

Tabla 22**.** Vinculación del Proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
Artículo 6. (…) Los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar las características de los monumentos históricos o artísticos, deberán obtener el permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfechos los requisitos que se exijan en el Reglamento.	No se prevén afectaciones a alguna zona arqueológica en los terrenos adquiridos para el Proyecto. En caso de que se llegaran a encontrar vestigios arqueológicos en el área del Proyecto, SEDENA obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

No se prevén afectaciones a zonas arqueológicas, ya que los trabajos estarán delimitados al área que ocupa el Proyecto. En caso de ser necesario, se obtendrá el permiso para la realización de obras donde se localicen monumentos, con el INAH donde sea factible o se presuma su existencia para obtener la liberación del sitio por parte del INAH.

Para la realización de cualquier investigación arqueológica se requerirá la presentación del proyecto de investigación al Consejo de Arqueología para su revisión y aprobación, DEFENSA realizará los trámites ante el INAH para obtener los permisos y aprobaciones por parte del Consejo de Arqueología, así como de la Coordinación Nacional de Arqueología y la dirección de Salvamento Arqueológico del INAH.

3.5.7.1 Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

Este Reglamento tiene por objeto regular la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos. En la siguiente tabla se presenta la vinculación del Proyecto con el presente ordenamiento.

Tabla 23**.** Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
Artículo 42.- Toda obra en zona o monumento, inclusive la colocación de anuncios, avisos, carteles, templetes, instalaciones diversas o cualesquiera otras, únicamente podrá realizarse previa autorización otorgada por el Instituto correspondiente, para lo cual el interesado habrá de presentar una solicitud…	SEDENA en caso de requerirlo obtendrá el Permiso correspondiente para la realización de obras y la liberación del sitio Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
Artículo 44.- Cualquier obra que se realice en predios colindantes a un monumento arqueológico, artístico o históricos, deberá contar previamente con el permiso del Instituto competente.	SEDENA en caso de requerirlo obtendrá el Permiso correspondiente para la realización de obras y la liberación del sitio Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

3.6 LEGISLACIÓN ESTATAL

3.6.1 Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo

Que la H. Legislatura Constituyente del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo electa el 10 de noviembre de 1974, de conformidad a lo dispuesto en el artículo cuarto transitorio del Decreto expedido por Luis Echeverría Álvarez, presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos el 7 de octubre anterior y publicado en el Diario Oficial de la Federación al día siguiente, ha tenido a bien expedir la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo. En la siguiente tabla, se describe la vinculación del proyecto con los preceptos de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.

Tabla 24. Vinculación del proyecto a preceptos de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	CUMPLIMIENTO
Artículo 10.- Al Estado corresponde impulsar el desarrollo económico en equilibrio con el medio ambiente y con perspectiva de género, procurar el progreso compartido y la distribución equitativa de la riqueza para garantizar la justicia social, a cuyo efecto planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica, en la esfera de su competencia, regulando y fomentando las actividades de interés general a la cual concurrirán los diversos sectores de población de conformidad a las leyes de la materia, con irrestricto apego a las libertades consagradas en la Constitución Federal y la del Estado. (…)	SEDENA reconoce que el uso de los recursos naturales debe hacerse de forma sustentable, por lo que proyecto se sujetará a las medidas de prevención, mitigación y compensación contenidas en la MIA que se está tramitando para garantizar su sustentabilidad. Cabe mencionar que, si bien el proyecto necesitará llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en la preparación del sitio, se cuidará en todo momento que el desarrollo de cada actividad para evitar impactos negativos al ambiente mediante diversas medidas de mitigación y compensación que se someterán a las autoridades correspondientes a las que concierna su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) para evitar el deterioro del ambiente.
Artículo 13.- (…) Queda prohibida toda discriminación motivada por origen étnico o nacional, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias, la condición sexual, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas que habitan en este Estado. El Estado diseñará, promoverá y llevará a cabo las acciones y medidas necesarias para garantizar el derecho a la no discriminación. (…)	El proyecto impulsará la igualdad entre hombres y mujeres que quieran laborar. Promover la igualdad de oportunidades esto para eliminar a lo máximo la discriminación en cuanto a origen nacional, lengua, sexo, genero, edad, discapacidad, condición social, identidad indígena, identidad de género, apariencia física, condiciones de salud, religión, formas de pensar, orientación o preferencia sexual, por tener tatuajes o cualquier otra razón que tenga como objetivo impedir el goce y disfrute de los derechos humanos.

3.6.2 Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo

La Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo fue publicada en el Periódico Oficial del Estado el 30 de agosto de 2001 y reformada el 16 de agosto de 2018 por el Poder Ejecutivo del estado de Quintana Roo. Esta Ley tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, y regular las acciones tendientes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como las de protección del ambiente, es competente y atribuible a todo el Estado y sus municipios. En la siguiente tabla, se describe la vinculación del proyecto con los preceptos de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

Tabla 25**.** Vinculación del proyecto con la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 01.-La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, y regular las acciones tendentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como las de protección del ambiente del Estado de Quintana Roo, de acuerdo con las siguientes bases: I.- Garantizar el derecho de toda persona, dentro del territorio del Estado de Quintana Roo, a vivir en un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, y establecer las acciones necesarias para exigir y conservar tal derecho II.- Establecer las competencias y atribuciones que corresponden al Estado y Municipios en materia ambiental, conforme a los principios de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás disposiciones legales aplicables VI.- Formular y regular los programas de ordenamiento ecológico en concordancia con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás disposiciones legales aplicables XII.- Establecer los mecanismos de coordinación, promoción y concertación entre autoridades estatales y municipales, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental XVII. La protección de la diversidad biológica en el Estado.	El proyecto, tiene como fin acatar la ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente del estado de Quintana Roo. Se realizará la Reforestación de ecosistemas degradados en el SA, mediante la plantación de especies nativas, ayudando a tener suelos permeables. Así como tener un ambiente sano a la sociedad y además responsable con el medio ambiente, respetando la ley aplicable en cada sector, esto se detalla en el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha.**
Artículo 103.- Las emisiones a la atmósfera, tales como olores, gases o partículas sólidas y líquidas, que provengan de fuentes fijas y móviles de competencia estatal o municipal, que puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente, deben apegarse a las previsiones de esta ley, de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, de la Ley General y normas oficiales mexicanas.	En cada fase del proyecto en donde se tenga la quema de combustibles fósiles se va a verificar que cualquier contratista cuente y cumpla con un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria para el control de emisiones contaminantes. Como parte de las actividades de del proyecto serán liberados gases producto de la combustión de los motores de la maquinaria utilizada. Sin embargo, para el cumplimiento del criterio, la maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de estos gases, así mismo, estará sujeto a lo dispuesto en la NOM-052- SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de distintos gases.
Artículo 105.- Para la prevención y control de la contaminación a la atmósfera, se considerará como criterio que las emisiones de contaminantes a la atmósfera sean de fuentes artificiales o	En cada fase del proyecto en donde se tenga la quema de combustibles fósiles se va a verificar que cualquier contratista cuente y cumpla con un programa de mantenimiento preventivo de

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y del equilibrio ecológico.	la maquinaria para el control de emisiones contaminantes. Como parte de las actividades del proyecto serán liberados gases producto de la combustión de los motores de la maquinaria utilizada. Sin embargo, para el cumplimiento del criterio, la maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de estos gases, así mismo, estará sujeto a lo dispuesto en la NOM-052- SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de distintos gases.
Artículo 124.- No podrán descargarse en los sistemas de drenaje y alcantarillado, aguas residuales industriales, de servicios y de nuevas unidades habitacionales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y autorización del Municipio o del organismo administrador correspondiente.	Se realizará un manejo de los residuos generados de acuerdo con las disposiciones de la legislación vigente. Por lo tanto, en este proyecto se respetará este precepto y se ejecutarán acciones para prevenir posibles daños en contaminación por residuos peligrosos.
Artículo 132.- 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.	El proyecto respetará este precepto, manteniendo el porcentaje correspondiente como área permeable, a fin de permitir la infiltración de aguas pluviales al suelo y subsuelo.
Artículo 161.- Quedan prohibidas las emisiones contaminantes ocasionadas por ruido, vibraciones, energía térmica, energía lumínica, radiaciones electromagnéticas y contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos contenidos en los reglamentos y normas oficiales mexicana.	Se realizará el mantenimiento de la maquinaria y equipo que sean utilizados para el desarrollo del proyecto a fin de dar cumplimiento con la NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido. Establecer horarios de trabajo, evitando en lo posible horarios nocturnos para evitar afectaciones a la fauna local.

3.6.2.1 Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

El Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 15 de febrero de 2011, establece directrices y normativas para la preservación del entorno y la mitigación de impactos ambientales. Este reglamento regula la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes fijas y móviles de competencia estatal, el funcionamiento ambiental en términos de ruido, vibraciones, energías térmica y lumínica, olores y contaminación visual, así como la operación de los centros de verificación vehicular. A continuación, se presenta la vinculación del proyecto de cambio de uso de suelo con las disposiciones específicas de este reglamento, asegurando el cumplimiento de los estándares ambientales vigentes.

CAPÍTULO IV
DE LA EMISIÓN DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA GENERADA POR FUENTES MÓVILES

Artículo 36.- Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente, que se establezcan en las Normas Oficiales Mexicanas. Los vehículos que excedan dichos niveles de emisión no podrán circular en la Entidad.

Vinculación: Durante el desarrollo del proyecto se aplican medidas de prevención y mitigación para reducir las emisiones de polvos y gases de efecto invernadero provenientes de los vehículos y maquinaria presentes en el Área de Proyecto. Para ello, se ha estado implementando el Programa de Manejo Integral de Residuos y Programa de Protección y Conservación de Suelos. Asimismo, el contratista está implementando su programa de mantenimiento de maquinaria para no exceder los limites permisibles de contaminantes al ambiente.

CAPÍTULO V
DE LOS VEHÍCULOS OSTENSIBLEMENTE CONTAMINANTES

Artículo 56.- Los Propietarios o conductores de vehículos que circulen por el territorio del Estado de Quintana Roo, deberán cumplir con los niveles máximos de emisión establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y en las disposiciones señaladas en el presente Reglamento.

Vinculación: La aplicación de lo estipulado por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) asegura el cumplimiento de estándares ambientales y la protección del entorno durante la ejecución del proyecto. La aplicación de monitoreos periódicos a la maquinaria por parte de la contratista garantiza que se cumplan los valores permisibles establecidos en las NOM pertinentes. Esto se alinea con la prevención de la contaminación ambiental y la preservación de los recursos naturales.

3.6.3 Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo

La Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo, última reforma, y publicada en el Periódico Oficial del Estado en Quintana Roo el 16 de junio de 2023. En la siguiente tabla se presenta la vinculación de los preceptos de dicha ley.

Tabla 26**.** Vinculación del proyecto con los preceptos de la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 1. La presente Ley es de orden público e interés general, sus disposiciones son de observancia obligatoria en todo el Estado de Quintana Roo y tiene por objeto: I. Garantizar el derecho humano a un medio ambiente sano mediante la formulación, conducción y evaluación de la Política Estatal en materia de cambio climático; II. Regular las acciones para un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero, a fin de alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de los mismos, y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.	Las fuentes móviles que generarán emisiones serán los vehículos automotores y la maquinaria que desarrollará diversas operaciones en las diferentes fases de desarrollo del proyecto. Los vehículos de transporte y maquinaria se utilizarán durante las actividades de preparación, construcción operación y mantenimiento del proyecto, la mayoría de éstos utilizan diésel y, en menor proporción gasolina. Por razones de operación eficaz y eficiente, desde el enfoque ambiental y de rentabilidad económica (ahorro de combustible), la operación de estos equipos se realizará bajo los lineamientos de un estricto programa de mantenimiento preventivo, el cual quedará registrado en las bitácoras que cada equipo llevará, independientemente del

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
	cumplimiento de la obligación de someter a verificación aquellos vehículos que obligatoriamente tengan que someterse a esas rutinas ante la autoridad estatal competente. Todo ello para ajustar sus emisiones a los parámetros que sean aplicables al tipo de vehículo de que se trate, y que estén definidos en estos instrumentos.
Artículo 25.- Con el objeto de mitigar las emisiones con origen en las actividades de gestión de residuos, la legislación y la planeación que se apruebe en el Estado en esta materia tendrá como objetivos los siguientes: I. Fomentar la prevención en la generación de residuos.	Tal y como lo establece el instrumento en análisis, los residuos peligrosos, en cualquier estado físico, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables, tóxicas, y biológico-infecciosas, y por su forma de manejo pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población en general, por lo que el promovente, consciente de ello, y de la obligatoriedad en el cumplimiento de los lineamientos de esta ley, en cuanto a su veraz identificación, procederá de acuerdo a los mismos, independientemente de las previsiones que se asumirán con la identificación preliminar. Asimismo, se contratará una empresa autorizada para tales efectos de manejo de residuos con autorización por parte de la secretaría. Como parte de las actividades preliminares para el desarrollo del proyecto, se contempla la realización de jornadas de limpieza para la recolección de basura y de otros residuos que estén presentes en el predio, a fin de llevarlos a los sitios autorizados para su disposición final, esto se realizará a través de un prestador de servicios que cuente con la autorización y permisos correspondientes. Durante las actividades del proyecto, se instalarán sanitarios portátiles para recoger los residuos orgánicos líquidos los cuales serán manejados a través de una empresa contratista quien será la responsable de darle tratamiento a las aguas residuales ahí almacenadas. Durante la operación del proyecto, al agua se conectará a la red de descarga municipal.

3.6.4 Ley de Vida Silvestre para el Estado de Quintana Roo

La presente Ley es de orden público e interés social; tiene por objeto regular el ejercicio de las atribuciones que, en materia de conservación y aprovechamiento de la vida silvestre y su hábitat, le corresponden al Estado y sus municipios, en cumplimiento a lo señalado por el artículo 10 de la Ley General de Vida Silvestre. En la siguiente Tabla se presenta la vinculación del proyecto con la Ley de Vida Silvestre para el Estado de Quintana Roo.

Tabla 27**.** Vinculación del proyecto con los preceptos de la Ley de Vida Silvestre para el estado de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 12 Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se desarrolle la vida silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat, conforme a lo establecido a las disposiciones aplicables, asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los	El proyecto no realizará ningún tipo de aprovechamiento de especies silvestres, por lo que no se contrapone al artículo; sin embargo, respecto a la conservación de las especies y de su hábitat, derivado de la preparación del sitio del proyecto que conlleva el cambio de uso de suelo, el promovente realizará acciones de rescate y reubicación de especies de flora y fauna silvestre, por medio del ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y***

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.	***Reubicación de Fauna Silvestre*** y el ***Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre***, con especial atención sobre aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Artículo 18 El Gobernador del Estado, a través de la Secretaría, así como los Ayuntamientos, promoverán y adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiere ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio, de conformidad con las disposiciones de la Ley General y demás ordenamientos aplicables en la materia.	El proyecto contempla un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre***, y un ***Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre*** como acciones para mitigar el cambio de uso de suelo por el proyecto.
Artículo 29 El Gobernador del Estado, a través de la Secretaría, promoverá e impulsará la conservación y protección de las especies y poblaciones en riesgo, por medio del desarrollo de proyectos de conservación y recuperación, el establecimiento de medidas especiales de manejo y conservación de hábitats críticos y de áreas de refugio para proteger especies acuáticas, así como la inclusión de programas de muestreo y seguimiento permanente, de conformidad con las disposiciones del Capítulo I del Título VI de la Ley General. La información relativa a los proyectos de conservación y recuperación de especies y poblaciones prioritarias para la conservación estará a disposición del público.	El proyecto contempla la implementación de un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre***, y un ***Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre*** con especial atención sobre aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, como parte de las acciones para la conservación y protección de especies, Así como también se llevará a cabo un Programa de Reforestación para contribuir en la conservación y recuperación del ecosistema.

3.6.5 Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo

La presente Ley para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo, publicada en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo el 30 de marzo de 2015, es de orden público y obligatorio en todo el territorio del Estado, de interés general y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la gestión y el manejo integral de los Residuos de Manejo Especial, Residuos Sólidos Urbanos y Residuos Peligrosos de control local, así como de la prevención de la contaminación de sitios por residuos y su remediación, con base en la responsabilidad compartida, pero diferenciada, de los distintos sectores sociales y las autoridades de los tres órdenes de gobierno. En la tabla siguiente se señala la vinculación del proyecto con la presente normatividad.

Tabla 28**.** Vinculación del proyecto con preceptos de la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 36 Los Planes de Manejo son un instrumento de la Gestión Integral de Residuos que permite la aplicación de la responsabilidad compartida, pero diferenciada, de los involucrados en su generación y manejo, que tienen por objeto: I.- Fomentar la prevención y reducción de la generación de los Residuos, a través de prácticas	El proyecto dará cabal cumplimiento a este precepto. Ya que se realizarán acciones para prevenir y evitar la contaminación del suelo, al implementarse actividades de manejo de los residuos conforme a su ***Programa de Manejo Integral de Residuos***.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
de consumo y producción sustentables; II.- Fomentar la separación, reutilización, reciclaje y co-procesamiento de materiales contenidos en los Residuos con la finalidad de valorizarlos e incorporarlos al ciclo productivo como subproductos; III.- Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un Manejo Integral de los Residuos, que sea ambientalmente eficiente, económicamente viable y socialmente aceptable; IV.- Fomentar el mercado de productos reciclados para reducir la demanda de materiales vírgenes y la presión que se ejerce sobre los recursos naturales; V.- Prevenir riesgos a la salud y al ambiente en el manejo de los Residuos; VI.- Contribuir a reducir los costos de administración por el manejo de Residuos; VII.- Facilitar iniciativas ciudadanas y de los particulares para lograr la minimización y el manejo ambientalmente adecuado de sus Residuos mediante acciones colectivas; y VIII.- Diseñar esquemas de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, que haga efectiva la corresponsabilidad de los distintos sectores involucrados.	
Artículo 38 Están obligados a la formulación y ejecución de los Planes de Manejo: I.- Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos; II.- Los productores, importadores, distribuidores y comercializadores, de los productos, sus envases, empaques o embalajes que al desecharse se convierten en Residuos Sólidos Urbanos o de Manejo Especial que se incluyan en los listados de Residuos sujetos a Planes de Manejo emitidos por la autoridad Estatal; III.- Las empresas de servicio de Manejo Integral de Residuos en cualquiera de sus etapas que sean generadoras de Residuos; y IV.- Aquellos que realicen las actividades previstas en el artículo 66 de la presente Ley. En la formulación y ejecución de los Planes de Manejo a los que hace referencia este artículo, se contará con la orientación de las autoridades con competencia en la materia a fin de facilitar su implementación ambientalmente adecuada, económicamente viable y socialmente aceptable.	El proyecto dará cumplimiento a este precepto. Ya que se realizarán acciones para prevenir y evitar la contaminación del suelo, al implementarse actividades de manejo de los residuos conforme a su ***Programa de Manejo Integral de Residuos***.
Artículo 45 Las personas físicas o morales y los ciudadanos en general, que así lo deseen y no estén obligados por Ley, podrán formular y ejecutar Planes de Manejo tendientes a minimizar y dar un manejo ambientalmente adecuado a sus Residuos, para lo cual pueden solicitar la orientación y asistencia técnica de las autoridades con competencia en la materia. Cualquier persona que de acuerdo con esta disposición presente un Plan de Manejo, que de acuerdo con esta Ley no esté obligada a realizarlo, por motivo de no aplicarlo o renovarlo no será sujeta de sanción alguna en los términos de ésta.	El promovente como parte de su responsabilidad con el entorno ambiental, implementará un programa de manejo integral de los residuos para contribuir en medida para prevenir y evitar la contaminación del suelo.
Artículo 49 Los programas de educación ambiental desarrollados por centros o instituciones educativas, así como las asociaciones o instituciones deberán instrumentar los Planes de Manejo de Residuos que ellos mismos generen, para su aplicación en sus centros educativos.	El proyecto contempla acciones de educación ambiental como parte de las actividades a implementar respecto al ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, durante el desarrollo del proyecto.
Artículo 78 Las personas físicas o morales responsables de establecimientos cuyas actividades involucren la generación y Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos o de Manejo Especial estarán obligadas	Para prevenir la contaminación en el sitio del proyecto, se implementará un ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, que permitirá tener un mayor control respecto a los residuos que se generarán por las actividades correspondientes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
a prevenir la contaminación de sitios por sus actividades y a llevar a cabo las acciones de remediación que correspondan conforme a la normatividad vigente y aplicable. En todo caso deberán garantizar el manejo integral ambientalmente adecuado de los Residuos mediante el otorgamiento de pólizas de fianzas a favor del afectado	

3.6.6 Ley de Responsabilidad Ambiental del Estado de Quintana Roo

La presente ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer y regular la responsabilidad ambiental que se origina de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños, cuando sea exigible a través de los procesos jurisdiccionales locales y los mecanismos alternativos de solución de controversias. Publicada en el Periódico Oficial del Estado el 28 de abril de 2022.

El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. En la siguiente, tabla se muestra la vinculación con Ley de Responsabilidad Ambiental del Estado de Quintana Roo.

Tabla 29**.** Vinculación del proyecto con preceptos de la Ley de Responsabilidad Ambiental del Estado de Quintana Roo.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 6 No se considerará daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: I. Haber sido expresamente manifestados, mitigados o compensados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados, compensados y autorizados por la dependencia estatal o municipal en materia ambiental, previo a la realización de la conducta que los origina, o II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso establezcan las leyes ambientales, las normas oficiales mexicanas o las normas técnicas ambientales estatales. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.	Como parte de las actividades para compensar el impacto ocasionado al medio ambiente por la remoción de la vegetación en el sitio del proyecto: se implementaran acciones para resarcir la ejecución del proyecto, tales como efectuar un ***Programa de Reforestación*** en el que se llevarán acciones de restauración en zonas degradadas, con la plantación de especies nativas, el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre con especial atención sobre aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como un ***Programa de Manejo Integral de Residuos***.
Artículo 10 Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible, se procederá a la compensación ambiental, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ambiental ocasionado al ambiente.	El proyecto contempla acciones de mitigación y compensación derivados del cambio de uso de suelo necesario para la preparación del sitio por el desarrollo del proyecto, se implementarán ***Programa de Compensación Ambiental*** con especies nativas, el ahuyentamiento de fauna silvestre, el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre con especial atención sobre aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Artículo 12 La responsabilidad ambiental será objetiva, cuando los daños ocasionados al ambiente surjan directa o indirectamente de: I. Cualquier acción u omisión relacionada con residuos sólidos urbanos o residuos de manejo especial; II. La realización de actividades no consideradas altamente riesgosas, y III. Aquellos supuestos o conductas consideradas como causantes de responsabilidad objetiva, o de riesgo creado conforme al Código.	El proyecto contempla un ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** además de acciones de educación ambiental, como parte de la responsabilidad con el medio ambiente.

3.6.7 Ley Forestal del Estado de Quintana Roo

La Ley Forestal del Estado de Quintana Roo, fue publicada en el Periódico Oficial del Estado el 19 de agosto de 2013; sus disposiciones son de orden público e interés general y tienen por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo, aprovechamiento y gestión sustentable de las superficies forestales y de aquellas superficies que fueren o debieren ser reforestadas o forestadas por motivos ambientales o productivos, así como el desarrollo de las actividades económicas forestales de los sectores primario, secundario y terciario relacionadas o que incidan directa o indirectamente con la gestión de dichas superficies. La aplicación de la presente Ley estará a cargo del Ejecutivo Estatal a través de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente. En la siguiente Tabla se presenta la vinculación del proyecto con la ley mencionada.

Tabla 30. Vinculación del proyecto con los preceptos de la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN
Artículo 1 La presente Ley tiene por finalidad impulsar las condiciones económicas, sociales e institucionales favorables para el desarrollo a largo plazo del sector forestal en el Estado de Quintana Roo. Sus disposiciones son de orden público e interés general y tienen por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo, aprovechamiento y gestión sustentable de las superficies forestales y de aquellas superficies que fueren o debieren ser reforestadas o forestadas por motivos ambientales o productivos, así como el desarrollo de las actividades económicas forestales de los sectores primario, secundario y terciario relacionadas o que incidan directa o indirectamente con la gestión de dichas superficies. La presente ley regula las competencias que en materia forestal corresponden al Estado bajo el principio de concurrencia previsto en el Artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como las derivadas de los acuerdos o convenios suscritos con la Federación.	El promovente cumplirá las disposiciones establecidas en la presente ley. Respecto a la conservación de la biodiversidad de ecosistemas que se verán afectados se mantendrá, y la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, a través un ***Programa de rescate y reubicación de flora silvestre*** y el ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*** con especial atención sobre aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y el ***Programa de Compensación Ambiental***.
Artículo 31.- El cambio de uso del suelo en terrenos forestales requiere de autorización. En los términos de los mecanismos de coordinación establecidos con la Federación, corresponde a la Secretaría el otorgamiento de la misma. La autorización deberá inscribirse en el Padrón Forestal del Estado.	Para llevar a cabo el CUSTF, se somete a evaluación del presente documento en materia de impacto ambiental, una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes a las que corresponda su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) solicita la autorización en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

3.7 PLANES DE DESARROLLO EN SUS DIFERENTES NIVELES

3.7.1 Plan de Desarrollo Nacional 2019-2024 (PND)

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019, es el instrumento jurídico de Planeación en el que el Gobierno de México articula los objetivos y estrategias para atender los problemas prioritarios e impulsar el desarrollo nacional. Se articula de tres ejes principales:

I. Política y Gobierno
II. Política Social
III. Economía

En este sentido, el PND, considera dentro de su estructura doce principios rectores, los cuales se enlistan a continuación:

1. Honradez y honestidad
2. No al gobierno rico con pueblo pobre
3. Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
4. Economía para el bienestar
5. El mercado no sustituye al Estado
6. Por el bien de todos, primero los pobres
7. No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie afuera
8. No puede haber paz sin justicia
9. El respeto al derecho ajeno es la paz
10. No más migración por hambre o por violencia
11. Democracia significa el poder del pueblo
12. Ética, libertad y confianza

El **BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ** corresponde como un proyecto adicional al proyecto "Tren Maya", que, además, en el PND (2019-2024) plantea como uno de los objetivos prioritarios para "Proyectos Regionales". Con esto se pretende tener desarrollo económico de un municipio que tiene un porcentaje alto en pobreza como lo es Benito Juárez.

En la siguiente tabla, se muestra la vinculación del proyecto con los preceptos del Programa Nacional de Desarrollo 2019-2024.

Tabla 31**.** Vinculación del proyecto con el PNUD 2019-2024.

LINEAMIENTOS	CUMPLIMIENTO
DESARROLLO SOSTENIBLE El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.	El proyecto cumplirá con todo lo establecido para un desarrollo sostenible, por ende, se realiza este presente estudio, para garantizar en cumplir todas las leyes aplicables que se exijan para este tipo de proyecto. En este sentido y como parte del cumplimiento del proyecto, se somete a evaluación del presente documento en materia de impacto ambiental, una vez obtenida esta autorización, se someterá a las autoridades correspondientes a las que corresponda su autorización conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), con el fin de que la Secretaría establezca las disposiciones a seguir para el emplazamiento del proyecto. En las acciones a realizar descritas en la presente MIA se implementan las medidas de mitigación adecuadas para atenuar los

LINEAMIENTOS	CUMPLIMIENTO
	posibles impactos generados.
PROYECTOS REGIONALES El Tren Maya es un proyecto orientado a incrementar la derrama económica del turismo en la Península de Yucatán, crear empleos, impulsar el desarrollo sostenible, proteger el medio ambiente de la zona desalentando actividades como la tala ilegal y el tráfico de especies y propiciar el ordenamiento territorial de la región. Se procurará integrar a la obra y a sus beneficios a los pobladores; se gestionarán los derechos de vía que aún no se tengan mediante acuerdos con los propietarios de los terrenos respectivos; se buscarán acuerdos benéficos en los casos en los que las vías de propiedad federal se encuentren invadidas y se pedirá la aprobación de las comunidades y pueblos originarios mediante consultas.	El presente proyecto adicional al Tren Maya se entiende como obra que pertenece indirectamente al proyecto. Con la finalidad de preparar el sitio para la extracción de materiales pétreos que servirá para la construcción de la Terminal Multimodal Cancún, se presentarán los estudios ambientales necesarios, la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA) promoverá el proyecto. Al mencionar que la Terminal es parte del proyecto Tren Maya, se considera que parte de los objetivos son los mismos o van de la mano, por lo que la creación e impulso turístico de la zona va referenciado con el PND. Por lo que el fin es implementar el desarrollo de país en equilibrio con la sociedad del futuro, manejado de forma correcta el entorno ecológico, de manera sustentable el medio ambiente e impulsar la mejora de la biodiversidad de los ecosistemas. Se argumenta que el desarrollo del proyecto se mantendrá en una línea de sustentabilidad del país.

3.7.2 Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo (2023-2027)

El Plan Estatal de Desarrollo es el documento rector que busca orientar la acción para mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo integral, solidario y sostenible del estado. Se adhiere a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, al Plan Nacional de Desarrollo, a la Constitución Política del Estado Libre y Soberano del Quintana Roo.

El plan está integrado por cinco ejes rectores con su respectivo objetivo estratégico. 1) Bienestar social y calidad de vida, 2) Seguridad Ciudadana, 3) Desarrollo Económico Inclusivo, 4) Medio Ambiente y Crecimiento Sustentable y 5) Gobierno Honesto, Austero y Cercano a la Gente.

Dada la naturaleza del proyecto es importante mencionar que el proyecto, ayudará de manera óptima el avance del plan integrado por los cinco ejes estratégicos del estado, algunos más que otros, lo seguro es que intervendrá de manera directa y progresista. En la siguiente tabla, se describe la vinculación del proyecto con los preceptos del PND (2023-2027) del estado de Quintana Roo.

Tabla 32**.** Vinculación del proyecto con el Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo (2023-2027).

EJES	CUMPLIMIENTO
Eje 1. Bienestar social y calidad de vida 1.1 Bienestar social. Erradicar la pobreza en todas sus formas es el mayor desafío actual y constituye un requisito indispensable para el desarrollo sostenible. Así, se enmarca en uno de los objetivos de la Agenda 2030, que constituye un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar la vida y la perspectiva de las personas en todo el mundo. (…)	El 31.7% de la población de Benito Juárez se encontraba en situación de pobreza moderada y 6.23% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó el 26.8%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 9.2%. SEDENA con el proyecto pretende generar empleos para pobladores locales, beneficiando a familias que han sufrido por falta de oportunidades, de forma gradual combatir los rezagos sociales de la población de la zona, fomentado el empleo, el crecimiento económico. Siempre se estará respetando el derecho de las personas.
Eje 2: Seguridad ciudadana	SEDENA respetará en todo momento los derechos humanos

EJES	CUMPLIMIENTO
(…) 2.12. Protección a los Derechos Humanos. Vigilar y respetar la correcta aplicación del marco normativo con perspectiva de derechos humanos, mediante la coordinación Interinstitucional y el fomento a la mejora de la actuación de las y los servidores públicos, para la prevención de vulneraciones a derechos humanos, en especial de niñas, niños, adolescentes y personas de grupos vulnerables que viven en situaciones de riesgo social, familiar o judicial.	reconocidos en la Constitución, así como los derechos contenidos en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano forma parte. El proyecto respeta el derecho al medio ambiente sano, en este sentido y como parte del cumplimiento del proyecto, se solicita la autorización en materia de impacto ambiental, una vez obtenida esta, se someterá a las autoridades correspondientes conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) del proyecto, implementando las medidas de mitigación adecuadas para atenuar los posibles impactos generados.
Eje 3: Desarrollo económico inclusivo: 3.13 Desarrollo Económico Inclusivo. Promover la mejora en la productividad, calidad de los productos y gestión interna de las micro, pequeñas y medianas empresas, así como, su inserción en los mercados regionales, nacionales e internacionales mediante acciones que faciliten su acceso a activos productivos, a financiamiento en condiciones favorecedoras y al fortalecimiento del capital humano disponible. 3.14 Turismo Sustentable. Incrementar la competitividad de los destinos turísticos del Caribe Mexicano posicionando sus marcas destino en forma innovadora y diferenciada, impulsando un desarrollo turístico sustentable que conserve y ponga en valor su riqueza biocultural, que coadyuve en el bienestar económico y social de las comunidades locales y que brinde seguridad y certeza a sus visitantes e inversionistas. 3.15 Trabajo Inclusivo y Justicia Laboral Dignificar el trabajo de las y los quintanarroenses, para que se empleen en condiciones laborales óptimas, justas, con salarios y prestaciones que brinden bienestar a las personas trabajadoras y su familia, generando prosperidad para ellas.	El proyecto impulsará la igualdad entre hombres y mujeres que quieran laborar en las diferentes labores. Promover la igualdad de oportunidades esto para eliminar a lo máximo la discriminación en cuanto a origen nacional, lengua, sexo, genero, edad, discapacidad, condición social, identidad indígena, identidad de género, apariencia física, condiciones de salud, religión, formas de pensar, orientación o preferencia sexual, por tener tatuajes o cualquier otra razón que tenga como objetivo impedir el goce y disfrute de los derechos humanos. Por otra parte, SEDENA reconoce que el uso de los recursos naturales debe hacerse de forma sustentable, propiciando la justa distribución de la riqueza, y cuidando que las generaciones venideras tengan garantizado el acceso a estos recursos por lo que el proyecto en su emplazamiento se ajustará al marco regulatorio que se establezca para garantizar su sustentabilidad.
Eje 4. Medio ambiente y crecimiento sustentable: 4.17. Ordenamiento Territorial y Urbano, Incluyente y Sustentable. El crecimiento de nuestras ciudades y territorios ha sido de manera acelerada en las últimas 4 décadas, sufriendo una transformación que ha llevado a perder su carácter rural, transformándose en áreas urbanas. 4.18 Medio Ambiente y Sustentabilidad. Desde 2011, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo primero, establece un reconocimiento expreso de los derechos humanos contenidos tanto en la propia carta magna como en los tratados internacionales de los que el Estado mexicano sea parte.	El proyecto consta del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de una estación con las instalaciones adecuadas para el resguardo y manejo de productos y materias primas para su movilidad y distribución (se solicita esta autorización a través de una MIA-P denominada Terminal Multimodal Cancún), a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Ahora bien, respecto a las estrategias ecológicas se tiene: **1. Dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del territorio:** A. Dirigidas a la Preservación B. Dirigidas al Aprovechamiento Sustentable C. Dirigidas a la Protección de los recursos naturales D. Dirigidas a la Restauración E. Dirigidas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios **2. Dirigidas al Mejoramiento del Sistema Social e Infraestructura Urbana.** A. Suelo Urbano y Vivienda.

EJES	CUMPLIMIENTO
	B. Zonas de riesgo y prevención de contingencias C. Agua y Saneamiento D. Infraestructura y equipamiento urbano y regional. E. Desarrollo social. **3. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.** A. Marco Jurídico B. Planeación del ordenamiento territorial La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el máximo ordenamiento normativo, incluso está por encima de los Tratados Internacionales de los que México es parte, no obstante, si en materia de Derechos Humanos hay una norma internacional donde se vea más favorecida la persona, se tomará la norma que tenga mayor protección a la persona. Es así, que en todo el proceso que implica la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental para el proyecto, actuará de manera íntegra, respetando la totalidad de Derechos Humanos que reconoce la Constitución Política de los Estados que integran la Federación denominada República Mexicana y que a su vez salvaguarda nuestra máxima norma, así como en los diversos tratados internacionales de los cuales México es parte.

3.7.3 Plan Municipal de Desarrollo de Benito Juárez (2021-2024)

El Plan Municipal de Desarrollo PMD para el Municipio de Benito Juárez es el instrumento normativo de largo plazo, rector del proceso de planeación para el desarrollo municipal que expresa claramente las prioridades, objetivos, estrategias y líneas generales de acción en materia política, ambiental, cultural, económica, social, educativa y deportiva del Municipio, para promover y fomentar el desarrollo integral y el mejoramiento en la calidad de vida de la población y orientar la acción de este orden de gobierno y los grupos sociales de los Municipios hacia ese fin.

El plan está integrado por cuatro ejes con su respectivo objetivo estratégico. 1) Buen Gobierno, 2) Prosperidad compartida, 3) Medio Ambiente Sostenible y 4) Cancún por la paz. En la siguiente tabla, se describe la vinculación del proyecto con los preceptos del PMD (2021-2024) del municipio de Benito Juárez.

Tabla 33. Vinculación del proyecto con el PMD del municipio de Benito Juárez (2021- 2024).

EJES	CUMPLIMIENTO
Eje 1. Buen Gobierno Renovar los mecanismos de gestión flexibilizando nuestras estructuras y procedimientos administrativos con calidad, innovación tecnológica y combate a la corrupción. 1.6.1.- Promover una mejora regulatoria articulada como base en una política pública transversal que genere un marco regulatorio claro y efectivo para beneficio del sector social, privado y público.	El proyecto consta del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de una estación con las instalaciones adecuadas para el resguardo y manejo de productos y materias primas para su movilidad y distribución (se solicita esta autorización a través de una MIA-P denominada Terminal Multimodal Cancún), se presentarán los estudios ambientales necesarios como parte del proyecto, para el caso del presente proyecto" la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA) promoverá el proyecto. Al mencionar que este proyecto es parte del proyecto Tren Maya, se considera que parte de los objetivos son los mismos o van de la mano, por lo que la creación e impulso de este proyecto, va referenciado con el PMD. Por lo que el fin es implementar el desarrollo del país en equilibrio

EJES	CUMPLIMIENTO
	con la sociedad del futuro, evitando actos de corrupción, manejado de forma correcta el entorno ecológico, de manera sustentable el medio ambiente e impulsar la mejora de la biodiversidad de los ecosistemas.
Eje 2: Prosperidad Compartida Cerrar las brechas de desigualdad reactivando y diversificando la economía y poner fin a la exclusión social para fortalecer a las familias y mejorar la calidad de vida de la población. 2.1.1.- Generar acciones que permitan el acceso a una educación de calidad y mejores atenciones de salud, así como el mejoramiento social y económico de la población del Municipio de Benito Juárez	El proyecto impulsará la igualdad entre hombres y mujeres que quieran laborar en las diferentes labores. Promover la igualdad de oportunidades esto para eliminar a lo máximo la discriminación en cuanto a origen nacional, lengua, sexo, genero, edad, discapacidad, condición social, identidad indígena, identidad de género, apariencia física, condiciones de salud, religión, formas de pensar, orientación o preferencia sexual, por tener tatuajes o cualquier otra razón que tenga como objetivo impedir el goce y disfrute de los derechos humanos. Por otra parte, SEDENA reconoce que el uso de los recursos naturales debe hacerse de forma sustentable, propiciando la justa distribución de la riqueza, y cuidando que las generaciones venideras tengan garantizado el acceso a estos recursos por lo que el proyecto en su emplazamiento se ajustará al marco regulatorio que se establezca para garantizar su sustentabilidad.
Eje 3: Medio ambiente sostenible Garantizar la preservación de la riqueza natural única que tiene nuestro municipio mediante un crecimiento ordenado, sostenible y con responsabilidad compartida. 3.2.1.- Procurar la protección del medio ambiente y biodiversidad de las diferentes especies, que conllevaran a un equilibrio ecológico de acuerdo con el crecimiento de la ciudad, con la finalidad de preservar las riquezas naturales del municipio.	La promovente reconoce que el uso de los recursos naturales debe hacerse de forma sustentable, propiciando la justa distribución de la riqueza, y cuidando que las generaciones venideras tengan garantizado el acceso a estos recursos por lo que el proyecto en su emplazamiento se ajustará al marco regulatorio que se establezca para garantizar su sustentabilidad. El proyecto a fin de garantizar la preservación de la riqueza natural de la región solicita la autorización en materia de impacto ambiental, una vez obtenida esta, se someterá a las autoridades correspondientes conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) del proyecto, implementando las medidas de mitigación adecuadas para atenuar los posibles impactos generados.
Eje 4. Cancún por la paz: Promover acciones que combatan las causas que generan las violencias y la delincuencia contribuyendo a la paz y la justicia. 4.5.1.- Desarrollar herramientas que propicien y promuevan el desarrollo integral de las juventudes en el Municipio de Benito Juárez, bajo los principios rectores que conforman la perspectiva de juventudes, buscando la inclusión, la igualdad sustantiva y el ejercicio pleno de los derechos humanos de este sector poblacional.	El proyecto impulsará la igualdad entre hombres y mujeres que quieran laborar en las diferentes labores. Promover la igualdad de oportunidades esto para eliminar a lo máximo discriminación en cuanto a origen nacional, lengua, sexo, genero, edad, discapacidad, condición social, identidad indígena, identidad de género, apariencia física, condiciones de salud, religión, formas de pensar, orientación o preferencia sexual, por tener tatuajes o cualquier otra razón que tenga como objetivo impedir el goce y disfrute de los derechos humanos. El impulso de la igualdad y la inclusión son acciones que permitirán combatir la violencia y la delincuencia. El proyecto pretende generar empleos promoviendo la igualdad de oportunidades para la juventud local y de forma gradual combatir los rezagos sociales de la población de la zona, fomentado el empleo, el crecimiento económico. Siempre se estará respetando el derecho de las personas

3.8 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM´S)

Las NOM son una herramienta que permite a la autoridad ambiental establecer requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán de observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas para el aprovechamiento de los recursos naturales, en el desarrollo de actividades

económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos. Asimismo, las NOM desempeñan un papel esencial en la generación de una atmósfera de certidumbre jurídica y promueven el cambio tecnológico con la finalidad de lograr una protección más eficiente del medio ambiente.

Para el presente proyecto se han evaluado todos los procesos involucrados en las distintas etapas del proyecto, desde la preparación del sitio, construcción, hasta la operación y mantenimiento, identificando las NOM de SEMARNAT que inciden en la regulación de dichas obras o actividades.

Contaminación atmosférica, contaminación al suelo, generación de residuos peligrosos, ruido, afectación a la flora y fauna, etcétera. Para minimizar las afectaciones al sistema, se deben considerar las disposiciones y lineamientos establecidos en las normas oficiales mexicanas, con base en la vinculación que tienen algunas de ellas con el proyecto. A continuación, presenta una lista enunciativa, mas no restrictiva, de normas aplicables y dicha vinculación:

Tabla 34**.** Normas Oficiales Mexicanas, aplicables al proyecto.

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos tales como, grasas, aceites, plomo, cobre, mercurio, etc.	La Contratista en los talleres y patios de trabajo a su responsabilidad. La maquinaria y vehículos de empresas contratistas que realicen un mantenimiento preventivo y correctivo de los motores dentro de la zona de estudio.	La promovente y la empresa contratista no depositarán en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, tales como grasas, aceites, plomo, cobre, mercurio entre otros contaminantes. Para ello se contratará a una empresa especializada en manejo, traslado y disposición adecuada de residuos peligrosos, que expida manifiestos de los residuos y cuente con las autorizaciones correspondientes ante la SEMARNAT, vigentes.
NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.	Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso. En el caso de que el servicio al	El Promovente, es quien realizara la supervisión en el Proyecto. La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa que otorgue el servicio de arrendamiento de sanitarios portátiles.	Durante las actividades del proyecto se instalarán sanitarios portátiles para el personal de trabajo (1 sanitario por cada 15 trabajadores), en el cual los residuos sanitarios y aguas residuales generadas durante las actividades, serán recolectadas y transportadoras para darle destino final por una empresa especializada en manejo de residuos, esto se llevará a cabo desde iniciadas las obras durante las etapas del proyecto así como se maneja dentro del

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
	público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reúso o entrega, incluyendo conducción o transporte de la misma.		***Programa de Manejo Integral de Residuos*** (Anexo IV). El manejo de aguas residuales se apegará a lo establecido en los limites permisibles de contaminantes para las aguas residuales que establece la **NOM-003-SEMARNAT-1997.**
NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. - Lodos y biosólidos. -Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana.	El Promovente, es quien realizara la supervisión en el Proyecto. La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa que otorgue el servicio de arrendamiento de sanitarios portátiles.	Durante las actividades del proyecto se instalarán sanitarios portátiles para el personal de trabajo (1 sanitario por cada 15 trabajadores), en el cual los residuos sanitarios y aguas residuales generadas durante las actividades, serán recolectadas y transportadoras para darle destino final por una empresa especializada en manejo de residuos, esto se llevará a cabo desde iniciadas las obras durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto así como se maneja dentro del ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** (Anexo IV). El manejo de aguas residuales se apegará a lo establecido en los limites permisibles de contaminantes para las aguas residuales que establece la **NOM-003-SEMARNAT-1997.**
NOM-041- SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustibles, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería, verificar los límites de emisión de contaminantes tales como: emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno, así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda.	El Promovente, es quien realizará la supervisión de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto.	Se requerirá que los vehículos que se utilizan dentro del Proyecto den cumplimiento a esta norma, para lo cual se le solicitara la presentación de las verificaciones vehiculares vigentes correspondientes.

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
NOM-044-SEMARNAT-2017. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.	Que establece los límites máximos permisibles de emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano (HCNM), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+ NOx), partículas (Part), e incluso de amoniaco (NH3), conforme a lo especificado en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la presente norma oficial mexicana; todos ellos, contaminantes provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.	El Promovente, es quien realizará la supervisión de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto.	Se requerirá que los vehículos que utilizan diésel como combustible que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores, dentro del Proyecto den cumplimiento a esta norma, para lo cual se le solicitara la presentación de las verificaciones vehiculares vigentes correspondientes.
NOM-045-SEMARNAT-2017. Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Se establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición. Es de observancia obligatoria para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, así como de los responsables de los centros de verificación vehicular. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a diésel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.	El Promovente deberá realizar la verificación de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto.	Los vehículos que se utilizan en el Proyecto deberán dar cumplimiento a esta norma, por lo cual se les pedirá la presentación de las verificaciones vehiculares sin rebasar los niveles máximos permisibles.
NOM-080- SEMARNAT-1994.	La exposición a emisión de	Sera el promovente el	Se realizará el monitoreo de la

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
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	ruido proveniente de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación altera el bienestar de ser humano produciendo daño en la audición.	responsable de la utilización de equipo y maquinaria pesada.	maquinaria, equipo y vehículos utilizados en el Proyecto sobre todo cuando se trabaje cerca de las poblaciones para que no se excedan los limites máximo permisibles que establece la norma respectiva.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Su objetivo es establecer los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos.	El Promovente, es quien realizara la supervisión en el Proyecto.	Se verificarán que los transportes utilizados, no tengan fuga y en caso de derrame accidental, durante la colocación de la liga asfáltica se procederá de acuerdo con esta NOM.
NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Los residuos producto de las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipos (latas vacías con algún contenido de pintura, solventes, aceites usados o lubricantes y estopa impregnada de grasas) se manejarán residuos peligrosos conforme a la norma.	El promovente deberá contar con un almacenamiento de residuos peligrosos y establecer un contrato con una empresa especializada en el manejo y tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.	Se contará con un ***Programa de Manejo Integral*** (Anexo IV) de residuos peligrosos, realizando la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y confinamiento especial, los cuales deben ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio. La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite.

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.	Esta norma oficial mexicana establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993.	La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa especializada en el manejo, separación, control y transporte de residuos no peligrosos y peligrosos.	Se llevará a cabo un ***Programa de Manejo Integral*** (Anexo IV) de residuos peligrosos, realizando la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y confinamiento especial en el cuál se incluye la siguiente actividad dentro del programa: *Se analizará la incompatibilidad de los residuos peligrosos (NOM-054-SEMARNAT- 2005) para diseñar el almacén temporal de estos, dividiendo el dique para posibles derrames o colocando para los residuos incompatibles, un doble dique o charola que impida la mezcla de posibles derrames.* Estos residuos peligrosos deberán ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio. La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite.
NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). 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.	La norma establece el listado de especies en alguna categoría de protección y los procedimientos para modificar el listado.	El Promovente, es quien realizará la supervisión en el Proyecto.	Se examinó la presencia o reporte de especies bajo protección en la fauna avistada o reportada para el sitio, como se describe en la sección de Flora y Fauna. Con las medidas listadas dentro del presente documento, se mitigarán y compensarán su afectación, con el fin de prevenir, controlar y minimizar impactos adversos a estos componentes ambientales.
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.	La presente Norma Oficial Mexicana establece la clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, así como las especificaciones para su manejo. Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para	La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa especializada en el manejo, control y transporte de residuos no peligrosos y peligrosos.	Se llevará a cabo un ***Programa de Manejo Integral*** (Anexo IV) en el cual se incluyen las actividades a seguir sobre la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y confinamiento especial; en dicho programa se incluye la siguiente actividad para el manejo de residuos

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
	los establecimientos que generen residuos peligrosos biológico-infecciosos y los prestadores de servicios a terceros que tengan relación directa con los mismos.		peligrosos biológico-infecciosos (RPBI's): *En caso de generarse residuos peligros biológicos-infecciosos (RPBI), el manejo se realizará conforme a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos.* En caso de generarse estos residuos peligrosos biológicos-infecciosos (RPBI´'s) deberán ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio. La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Establecer los límites máximos permisibles de los hidrocarburos en suelos, incluidos en la TABLA 1 de la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** y los lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa especializada en el manejo, control y transporte de residuos no peligrosos y peligrosos.	Se llevará a cabo un ***Programa de Manejo Integral*** (Anexo IV) en el cual se incluyen las actividades a seguir sobre medidas emergentes en caso de derrames; en dicho programa se incluye la siguiente actividad para el manejo de derrames por hidrocarburos en el suelo: *En caso de derrame accidental de sustancias o hidrocarburos (aceites, Diesel, grasas) por la operación de maquinarias, inmediatamente se deberá informar al encargado de la ejecución del programa, quien deberá realizar la limpieza del sitio, retirando el suelo contaminado, almacenando este en un contenedor con tapa para su disposición final.* *Si el área de derrame es igual o menor a 1m2 de superficie se realizarán las siguientes actividades:* • *Identificación del derrame y tipo de sustancia derramada*

NORMA OFICIAL MEXICANA	APLICACIÓN	QUIEN DEBE CUMPLIRLA	CUMPLIMIENTO
			• *Delimitación del área del derrame* • *Colocación de material absorbente* • *Retiro del material y del suelo impregnado con el material derramado* • *Almacenamiento del material y envío a disposición final* • *Será registrado en las bitácoras de derrames y de Manejo de Residuos Peligrosos.* *Sí es mayor a 1 m^2 de superficie, se requerirá el análisis del suelo derramado para corroborar su peligrosidad por medio de un estudio con base en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y se avisará a la PROFEPA del derrame sucedido.* En caso de derrame se atenderá conforme a lo estipulado en el programa, los residuos por derrames deberán ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de derrames generados, bajo un contrato de servicio. La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite.
NOM-161-SEMARNAT-2011 Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Establecer los criterios para determinar los Residuos de Manejo Especial que estarán sujetos a Plan de Manejo y el Listado de los mismos.	La Contratista será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa que otorgue el servicio de arrendamiento de sanitarios portátiles.	No se verterá ningún tipo de desecho derivada de la preparación y construcción del Proyecto, ya que se instalarán sanitarios portátiles los cuales habrá uno por cada quince trabajadores. Para ello se contratará a una empresa especializada en manejo, tratamiento y disposición adecuada, que cuente con las autorizaciones correspondientes ante la SEMARNAT, vigentes. Durante la operación y mantenimiento se instalarán sanitarios en el área de oficinas que irán conectados a la red municipal.

3.9 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y PRIORITARIAS A NIVEL FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL

A continuación, se presenta un análisis de las áreas naturales protegidas y regiones de importancia para la conservación.

3.9.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP)

De acuerdo con el análisis de la información vectorial de la página de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el Área del Proyecto (AP) no incide en Áreas Naturales Protegidas de orden federal, estatal o municipal. La más cercana está a aproximadamente 14.2 km al este del AP siendo esta el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, y se resalta que se encuentra inmerso dentro de la Zona de Influencia de la Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano.

Para las ANPs estales la más cercana es el Parque Urbano Kabah a aproximadamente 21.2 km, y para las Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs) la más cercana es Las Gatas a casi 14 km.

Tabla 35**.** Distancia aproximada de las ANPs respecto al Área del Proyecto (AP).

ANP FEDERAL	DISTANCIA APROXIMADA AL PROYECTO (KM)
Área de Protección de Flora y Fauna Jacinto Pat	23.7
Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté	14.2
Área de Protección de Flora y Fauna Playa Delfines	21.9
Área de Protección de Flora y Fauna de Manglares de Puerto Morelos	17.1
Área de Protección de Flora y Fauna San Buenaventura	22.0
Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam	34.4
Parque Nacional Costa occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	16.7
Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos	16.4
Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano	28.0
ANP ESTATAL	**DISTANCIA APROXIMADA AL PROYECTO (KM)**
Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sistema Lagunar Chacmochuch	27.6
Zona Sujeta a Conservación Ecológica Laguna Manatí	26.4
Zona de Preservación Ecológica Ombligo Verde	22.2
Parque Urbano Kabah	21.2
ÁREAS DESTINADAS VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN	**DISTANCIA APROXIMADA AL PROYECTO (KM)**
Reserva Ecológica El Edén	24.9
Reserva Privada Moon Palace	13.8
Las Gatas	13.5
Biol. Julio Berdegué Aznar	20.1
Bios Petempich	13.6

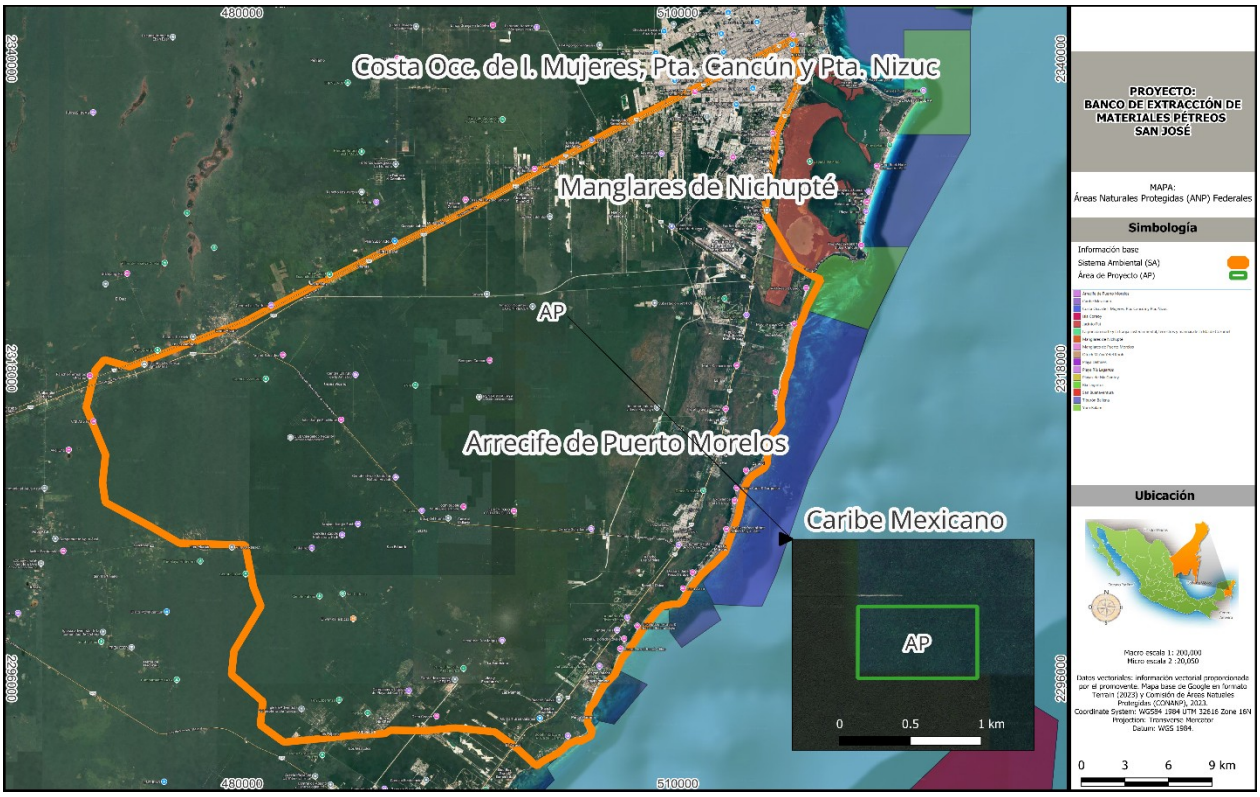


Figura 4. Áreas naturales Protegidas cercanas al área del proyecto de carácter federal.

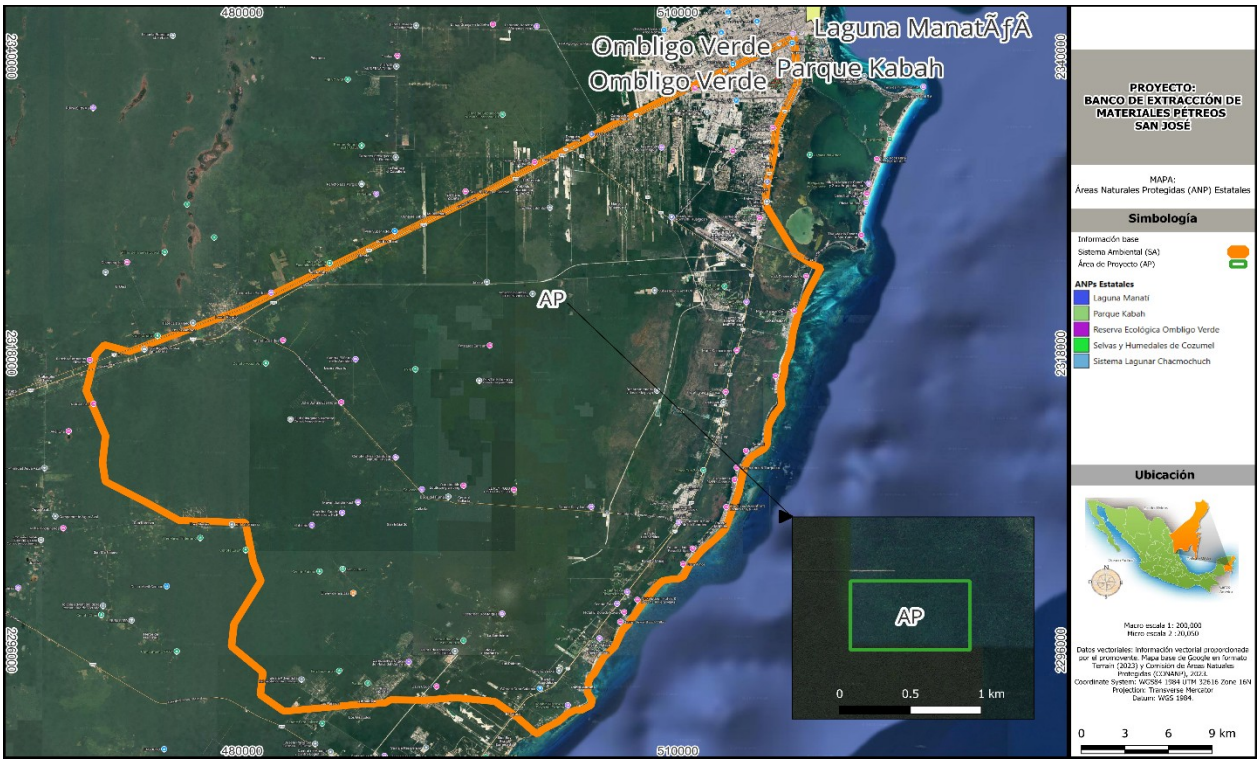


Figura 5. Áreas naturales Protegidas cercanas al área del proyecto de carácter estatal.

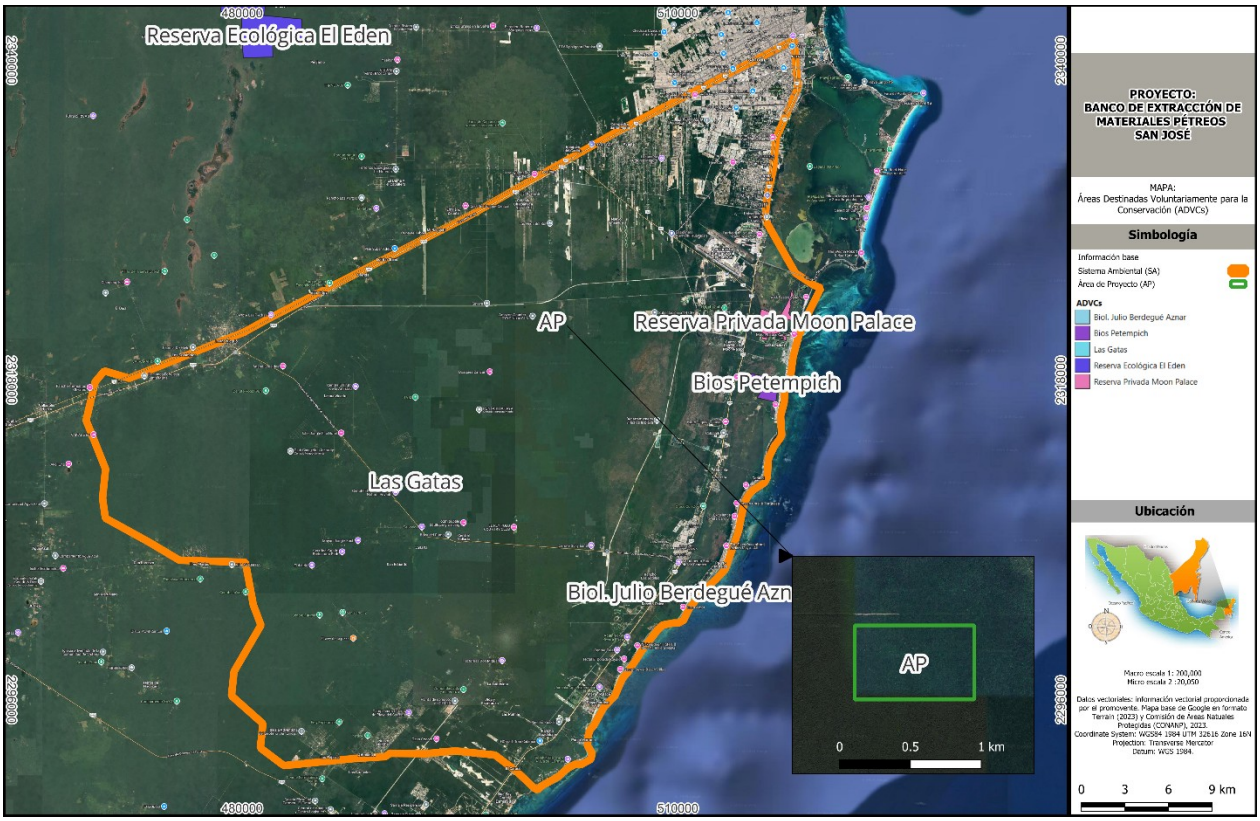


Figura 6. Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación cercanas al área del proyecto.

3.9.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

El Proyecto se encuentra dentro del AICA 177, Corredor Central Vallarta-Punta Laguna:

Tabla 36. Descripción de la AICA.

177. CORREDOR CENTRAL VALLARTA-PUNTA LAGUNA	
Estado(s): Quintana Roo	Extensión: 176,425 km^2.
Descripción:	Es una zona de remanentes de selvas medianas subperennifolias y Akalchés (selvas inundables) continuos. Es el área más norteña de ocurrencia de especies incluidas en la NOM-059 y CIPAMEX con registros recientes, como *Ciccaba nigrolineata*.
Vegetación:	Bosque tropical perennifolio, subcaducifolio.
Justificación:	Funciona como un corredor de enlace entre la Reserva de Sian Ka'an en Quintana Roo y el estado de Yucatán. La porción más occidental de este tipo de vegetación funciona como reserva ejidal reconocida regionalmente y está propuesta para ser incluida en el SINAP. En la zona existen colonias del mono araña (población restringida a Punta

177. CORREDOR CENTRAL VALLARTA-PUNTA LAGUNA	
	Laguna). Actualmente se llevan a cabo estudios de comportamiento en el área
Amenazas	Deforestación, agricultura, ganadería, turismo e introducción de especies exóticas.
Acciones de conservación	La porción más occidental de este tipo de vegetación, en la zona de Punta Laguna, funciona como reserva ejidal reconocida regionalmente y está propuesta para ser incluida en el SINAP, con apoyo de Pronatura Península de Yucatán, A. C. (Berlanga-Cano, 1994). Actualmente se llevan a cabo estudios de comportamiento del mono araña en el área.
Vinculación:	El proyecto requiere llevar a cabo el CUSTF durante la preparación del sitio, sin embargo, a fin de garantizar la preservación de la riqueza natural de la región este se realizará aplicando las medidas de mitigación y compensación adecuadas, con la finalidad de evitar la pérdida de vegetación forestal en el SA, el rescate de las especies de flora y el ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre, a fin de mantener las poblaciones de aves que se distribuyen en esta AICA. A fin de asegurar el equilibrio ecológico y estabilidad biológica de las especies presentes en el AICA en la que se encuentra el proyecto, no se liberarán especies exóticas, ni se utilizarán en las acciones de mitigación.

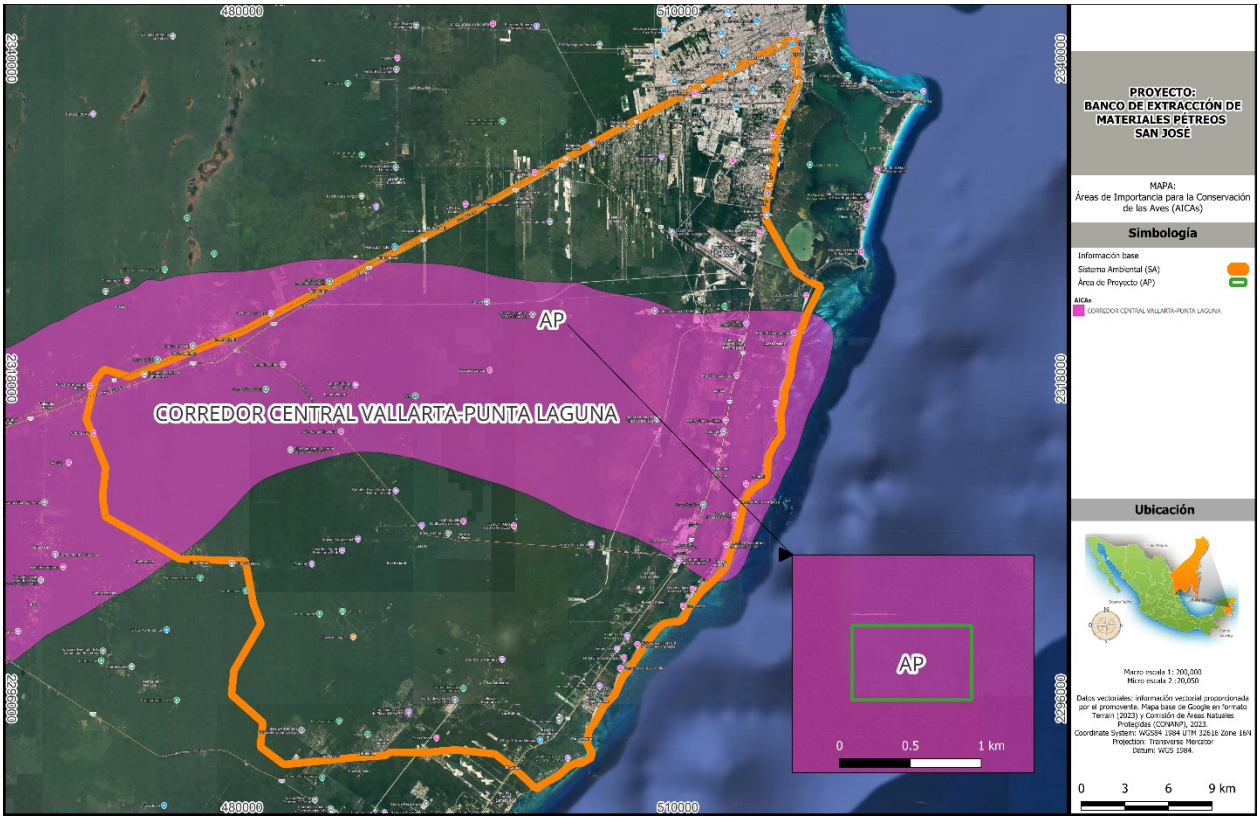


Figura 7. Localización del proyecto respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA's).

3.9.3 Sitios RAMSAR

De acuerdo con el análisis geoespacial se identificó que el Proyecto no incide en zonas RAMSAR, la más cercana al proyecto se encuentra aproximadamente a 14.2 km al este y son el "62. Manglares de Nichupté".

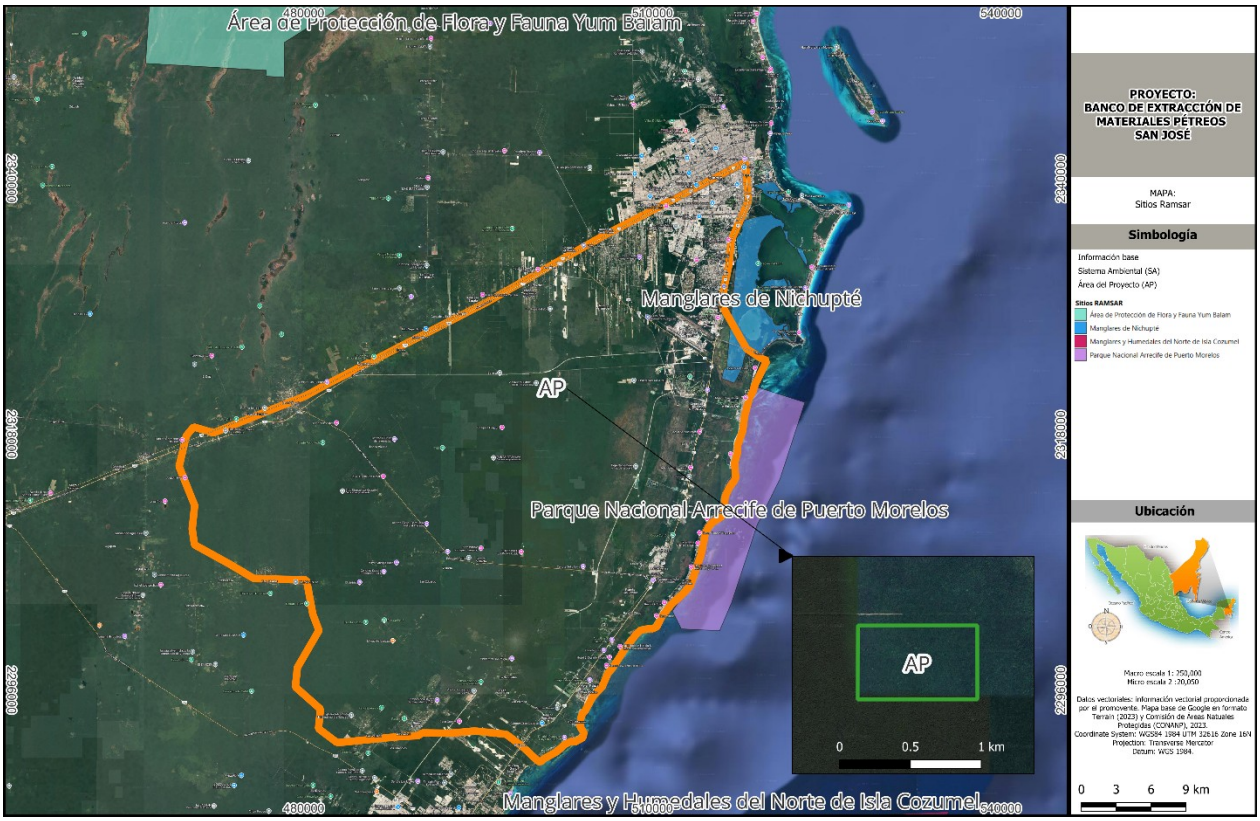


Figura 8. Localización del Proyecto respecto a Sitios RAMSAR.

3.9.4 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

El Proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Se identificó que el proyecto no incide en ninguna RTP, la más cercana se encuentra a 29.8 km al norte del proyecto y es la denominada “146. Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam”.

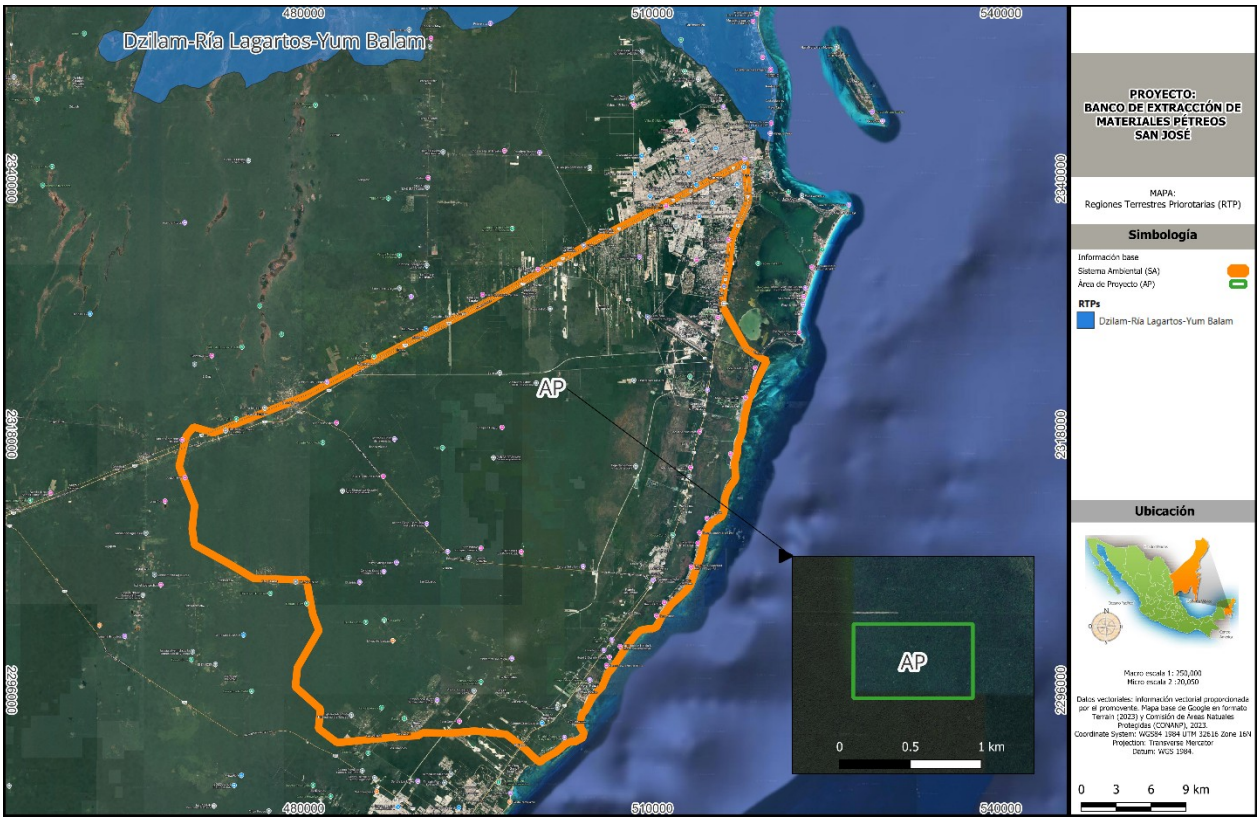


Figura 9. Localización del Proyecto respecto a las RTP's.

3.9.5 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

Se identificaron 110 RHP en el territorio nacional, por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad.

El proyecto en comento se ubica dentro de la RHP-103 **Contoy**.

Tabla 37**.** Descripción de la RHP.

103. CONTOY		
Estado(s): Quintana Roo	Extensión: 2,785.2 km^2.	
Polígono:	Latitud 21°48'00" - 20°53'24" N.	Longitud 87°21'00" - 86°47'24" W.
Recursos hídricos principales:	Lénticos: Laguna Yalaháu y Chacmochuk, lagunas costeras, ciénegas.	Lóticos: aguas subterráneas.
Geología/Edafología:	Suelos tipo Regosol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Rendzina y Zolonchak (rocas sedimentarias calcáreas), muy planos; la hidrografía se regula con la microtopografía.	
Características varias:	Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28 °C. Precipitación total anual 800-1100 mm, con alta evaporación. Vientos Alisios del SE al NW.	

103. CONTOY	
Principales poblados:	Cabo Catoche, Isla Holbox, Contoy, Punta Arena, Kantunil.
Actividad económica principal:	Ganadería, agricultura tradicional, turismo, pesca, cacería, apicultura, explotación forestal y de sal.
Problemática:	Modificación del entorno: asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.
Contaminación:	ND
Uso de recursos:	Uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga. La región constituye una importante fuente de abastecimiento de agua y recursos forestales.
Conservación:	Se recomienda conservar los mantos freáticos. Faltan conocimientos de plantas acuáticas e insectos y de la microtopografía de las cuencas. Comprende a la Reserva Especial de la Biosfera Isla Contoy, el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y la reserva privada El Edén.
Vinculación:	Frente a estas problemáticas, el proyecto no guarda relación directa con asentamientos irregulares, sobrepastoreo, quemas no controladas, explotación forestal, pesca sin manejo adecuado, construcción de caminos e introducción de fauna exótica. En lo que corresponde a las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento, estas se realizarán aplicando las medidas de mitigación y compensación adecuadas, con la finalidad de evitar la pérdida de vegetación forestal en el SA y agravar la problemática en la RHP.

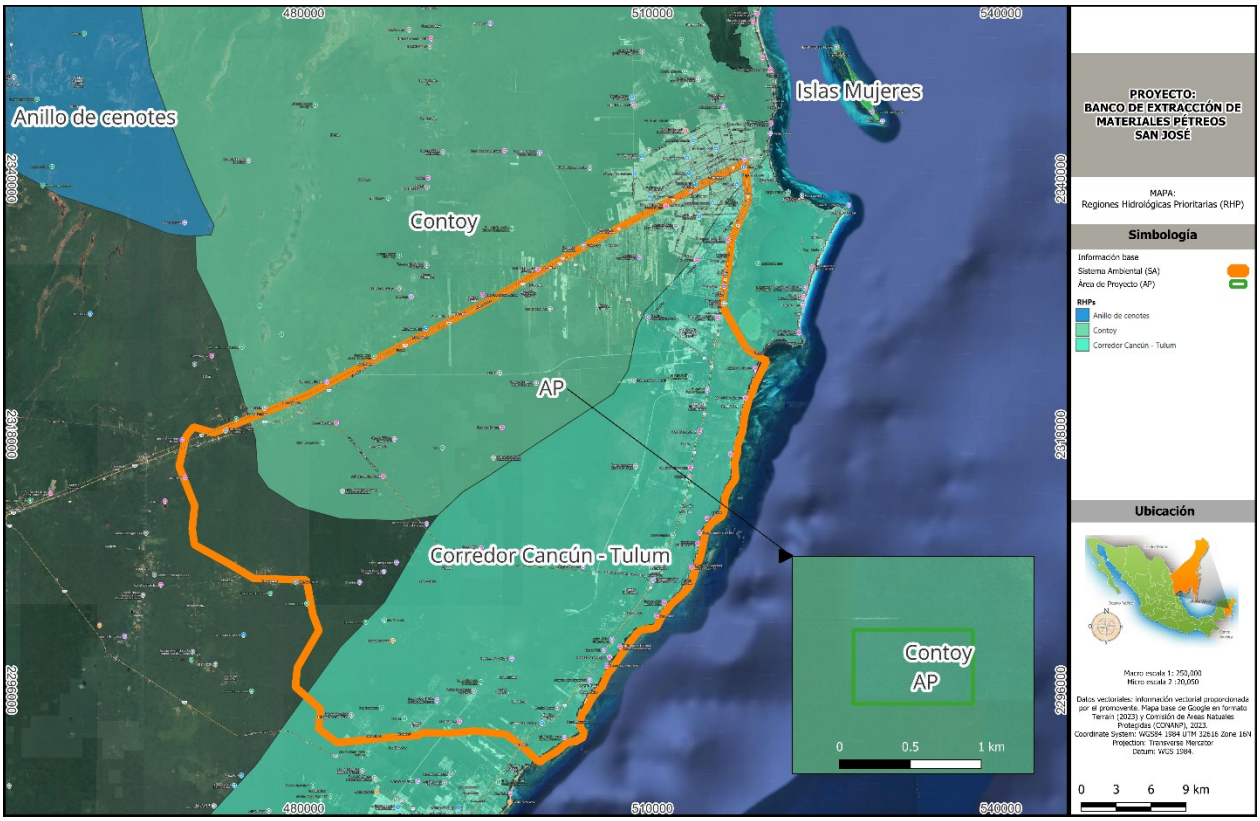


Figura 10. Localización del Proyecto respecto a las RHP's.

3.9.6 Regiones marítimas prioritarias (RMP)

Se identificó que el proyecto **no incide en ninguna RMP**, la más cercana se encuentra a 9.4 km al norte del proyecto, la cual se trata de la región denominada “63. Punta Maroma-Nizuc”.

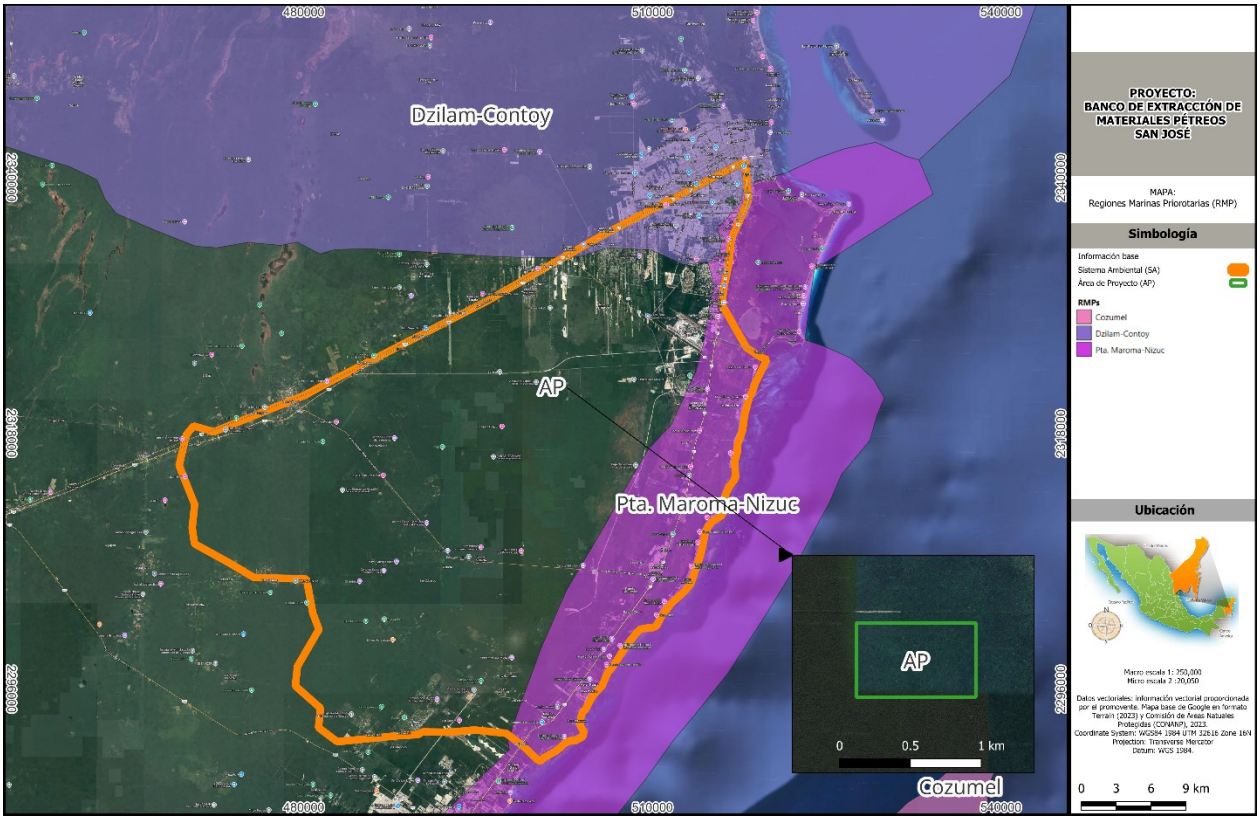


Figura 11. Localización del Proyecto respecto a las RMP’s.

3.10 CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis realizado en el presente documento sobre la normatividad federal, estatal y municipal; y su relación con el proyecto, se vincularon aquellas actividades aplicables al mismo, por lo que, se aplicaron medidas de prevención, mitigación y compensación (Cap. VI) para cumplir con los requerimientos señalados y minimizar los impactos provocados por las actividades de despalme y desmonte, con el fin de obtener la viabilidad ambiental y asegurar el cumplimiento de las obligaciones legales ambientales y la obtención de los permisos, licencias, autorizaciones, registros o concesiones necesarios para el CUSTF y el cumplimiento a sus términos y condiciones.

Cabe resaltar que el proyecto no afecta ningún ANP, a pesar de localizarse dentro una AICA y una RHP, las actividades del CUSTF no afectaran los mantos freáticos ni contribuirá al deterioro de estos. De acuerdo al análisis realizado en el presente documento sobre la normatividad y su vinculación con el proyecto, tomando en cuenta las obligaciones ambientales legales que se desprenden de los instrumentos antes analizados, incluyendo las disposiciones estatales y municipales en la materia, se concluye que el proyecto puede llevarse a cabo de manera viable a través de la aplicación de las medidas preventivas, de mitigación y/o compensación necesarias, y la obtención de los permisos, licencias, autorizaciones, registros o concesiones necesarios para la ejecución del **CUSTF** y el cumplimiento a sus términos y condiciones.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO IV
CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA)

ÍNDICE

4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA).....4

4.1. Delimitación del área de estudio.....4

4.1.1. Metodología de la delimitación del Sistema Ambiental (SA).....4

4.1.2. Rasgos básicos para delimitación del SA.....4

4.1.3. Delimitación del Sistema Ambiental (SA).....12

4.1.4. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI).....14

4.2. Caracterización y análisis del área de estudio.....18

4.2.1. Aspectos abióticos.....18

a) Clima.....18
a.1.) Temperatura.....19
a.2.) Precipitación.....19
a.3.) Riesgos climatológicos y eventos extremos.....19
b) Geología y geomorfología.....26
b.1.) Geología.....26
b.2.) Geomorfología.....27
b.3.) Plataformas geológicas.....29
b.4.) Fisiografía.....30
b.5) Riesgos geológicos y geomorfológicos.....31
c) Suelos.....38
c.1) Degradación del suelo.....40
c.2) Erosión del suelo.....41
d) Hidrología.....41
d.1.) Hidrología superficial.....42
d.2.) Hidrología subterránea.....45
d.3) Riesgo por inundación.....47
d.4) Calidad del agua.....49
e) Aire.....50
e.1) Dirección del viento.....50
e.2) Calidad del aire.....51

4.2.2. Aspectos bióticos.....53

a) Vegetación terrestre.....53
a.1) Caracterización de la vegetación.....53
a.2.) Florística y vegetación de México.....53
a.3.) Florística y vegetación de Quintana Roo.....53
a.4.) Uso de Suelo y Vegetación de acuerdo con la Información Vectorial de INEGI VII de INEGI (2021).....54
a.5.) Metodología de trabajo.....58
a.6.) Análisis estadísticos para la confiabilidad estadística.....65
a.7.) Análisis de la información para la caracterización de la vegetación.....69
a.8.) Resultado.....73
a.8.1.) Flora potencial dentro del Sistema Ambiental (SA).....73
a.8.2.) Resultados de flora a través de los muestreos biológicos.....76
a.9.) Conclusiones.....106
b) Fauna.....108
b.1.) Fauna de Quintana Roo.....108
b.2.) Metodología de trabajo.....108

b.3) Confiabilidad de los muestreos a través de análisis no paramétricos....121
b.4.) Análisis de información para la caracterización de la fauna....130
b.5) Resultados....132
b.6.) Conclusiones....182
c. Análisis respecto a la incidencia del Sistema Ambiental con Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), Áreas Naturales Protegidas, Manglares, Sitios Ramsar, Región Hidrológica Prioritarias, Región Marítima Prioritaria, entre otras....184
c.1) Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)....184
c.2) Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal....185
c.3) Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter estatal....186
c.4) Manglares....186
c.5) Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)....187
c.6) Regiones Marinas Prioritarias (RMP)....188
c.7) Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)....189
c.8) Sitios RAMSAR....189
4.3. PAISAJE....192
4.3.1. Calidad paisajística....193
4.3.2. Visibilidad....197
4.3.3. Fragilidad....199
4.4. MEDIO SOCIOECONÓMICO....201
4.5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL....205
4.6. BIBLIOGRAFÍA....218

4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA)

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se define como Sistema Ambiental (SA) a aquella interfaz en donde interaccionan los ecosistemas (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de una región en donde se pretende establecer un proyecto (SEMARNAT, 2002). Es esta unidad territorial en la que presuntamente se afectarán los componentes antes mencionados, ya sea de manera directa o indirecta, por las obras y actividades del proyecto (SHCP, 2020) debido a que es fundamental, definir y delimitar la región para poder vincular su extensión (espacio-tiempo) con respecto a los componentes y procesos ambientales seleccionados, así como determinar cómo impactará éste en la integridad funcional del o de los ecosistemas que conforman dicho sistema (SEMARNAT, 2022).

La delimitación del SA es un ejercicio muy puntual en donde el punto de partido son las dimensiones y ubicación del proyecto, así como sus obras a la vía férrea, ya que su naturaleza requerirá consideraciones particulares para la conceptualización de su SA. No obstante, elementos como la fisiografía, hidrología, uso de suelo, ordenamientos ecológicos en todas sus escalas, así como aspectos biológicos y biogeográficos son indispensables para generar una unidad discreta de análisis ambiental.

4.1.1. Metodología de la delimitación del Sistema Ambiental (SA)

Existen diferentes argumentos para delimitar un Sistema Ambiental, entre los que destacan las características fisiográficas, cuencas hidrológicas, división política, cuencas atmosféricas, entre otras. Cada uno de estos argumentos empiezan a tener validez en la medida en que los elementos bióticos y abióticos formen parte de un área bien definida y que, a su vez, el proyecto se encuentre dentro de la misma.

Existen diversas metodologías para delimitar un sistema ambiental (SA), entre ellas la sobreposición de vectores o el álgebra de mapas con el sistema de información geográfica (SIG) de código abierto QGis®, esto a través de diferentes fuentes de información. Se destaca que la delimitación del Sistema Ambiental (SA) del presente proyecto se realizó a través de la sobreposición de vectores del Portal de Información Geoespacial de la CONABIO (2024). Es importante señalar que la integralidad de estos criterios también requiere un análisis en donde los límites de cada uno de los rasgos podrían servir para delimitar sólo una zona de este SA ya sea por sus colindancias administrativas o ambientales, como son los municipios, las UAB´s de algún ordenamiento, o los mismos municipios. A continuación, se presentan los rasgos empleados.

4.1.2. Rasgos básicos para delimitación del SA

Los rasgos básicos según las guías de SEMARNAT y otras fuentes consultadas para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, tanto en su modalidad particular como regional son las siguientes:

A) Ordenamiento ecológico del territorio.
B) Cuencas hidrológicas.
C) Tipos de vegetación y continuidad de unidades ambientales.
D) Rasgos geomorfoedafológicos.
E) Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar, sean principales, asociadas y provisionales, sitios para la disposición de desechos.
F) Barreras físicas naturales y antropogénicas
G) Límites políticos-administrativos.

A. Ordenamiento ecológico del territorio

Este proyecto se ubica en la Reg. 17.33 Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 62 de nombre Karst de Yucatán y Quintana Roo, la cual tiene una política de restauración, protección y aprovechamiento sustentable sin llegar a ser

muy específica hacia actividades particulares. Además, el Área del proyecto (AP) se encuentra en el Ordenamiento ecológico del Golfo de México y el Mar caribe en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 138 con el Nombre Benito Juárez. Esta UGA se tomará como elemento de importancia moderada.

Las UGAs se crean mediante un proceso técnico que busca organizar espacialmente el territorio de acuerdo con sus características naturales y socioeconómicas, así como a los objetivos de conservación y desarrollo sustentable donde se identifica la cohesión entre; las características físicas y biológicas, los aspectos sociales y económicos, los criterios de zonificación, los planes de desarrollo urbano, los instrumentos legales y políticos.



Figura 1. Ubicación del proyecto dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

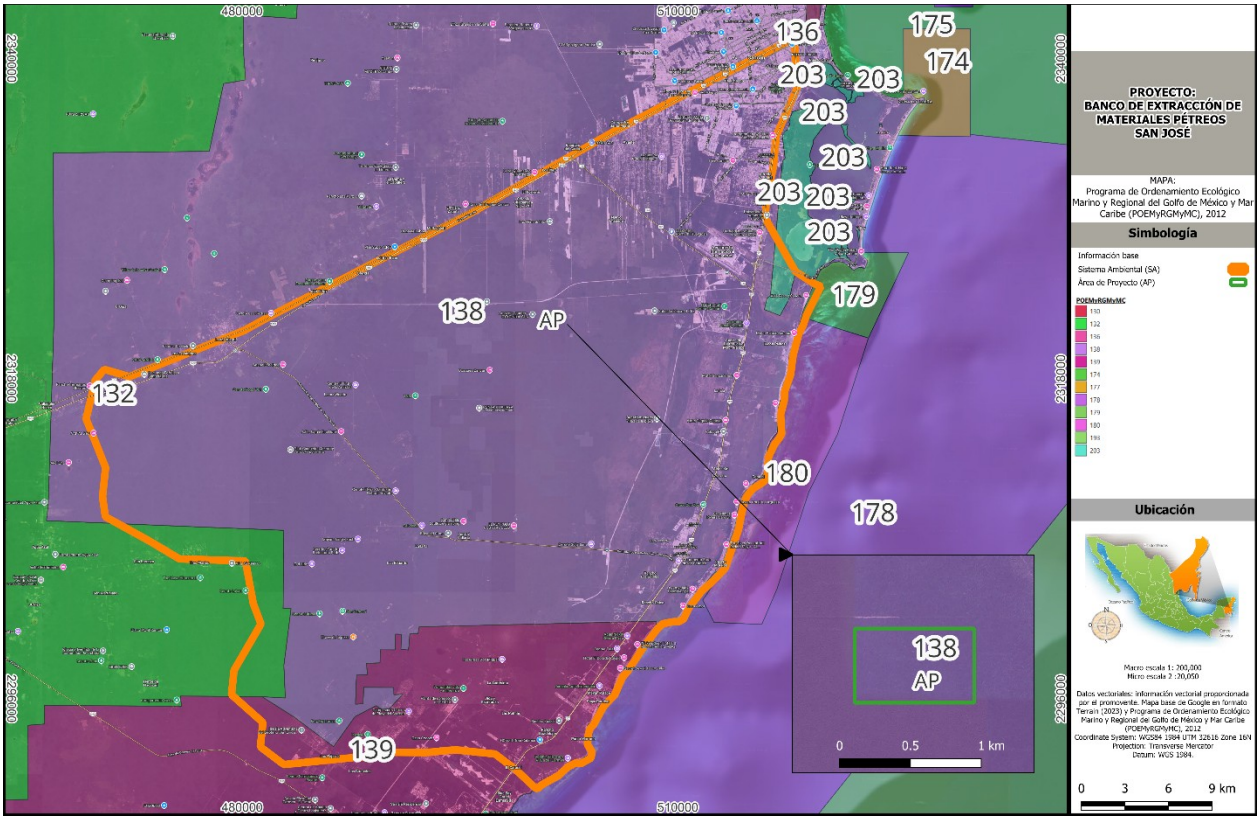


Figura 2. Ordenamiento Ecológico del Golfo de México y Mar Caribe.

B. Rasgos geomorfoedafológicos

La geomorfología de la zona muestra una unidad muy amplia que corresponde a una Llanura rocosa de piso rocoso o cementado, debido a la extensión de la unidad geomorfológica donde se asienta el proyecto, se considera que no refleja con claridad algún criterio empleable para generar un elemento que funja como límite del SA.



Figura 3**.** Rasgos geomorfoedafológicos.

C. Cuencas hidrológicas

Uno de los criterios con mayor validez para delimitar un SA sin duda es la cuenca hidrológica a la que pertenece el proyecto, además de las interacciones con presas u obras hidráulicas de desviación y conducción de flujos. La cuenca hidrológica a su vez se encuentra definida por las características topográficas, lo cual adquiere mayor importancia a la hora de delimitar un área ya que las características bióticas y abióticas se comportan de manera similar a lo largo de toda la cuenca por cuestión de presencia de agua.

El proyecto se encuentra en la región hidrológica 32 Yucatán Norte, en la cuenca Quintana Roo, la subcuenca Menda según la Red Hidrográfica 2.0 de INEGI, y específicamente en las Microcuencas Cancún y Joaquín Zetina Gasca de acuerdo con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA).



Figura 4. Cuenca hidrográfica del proyecto.

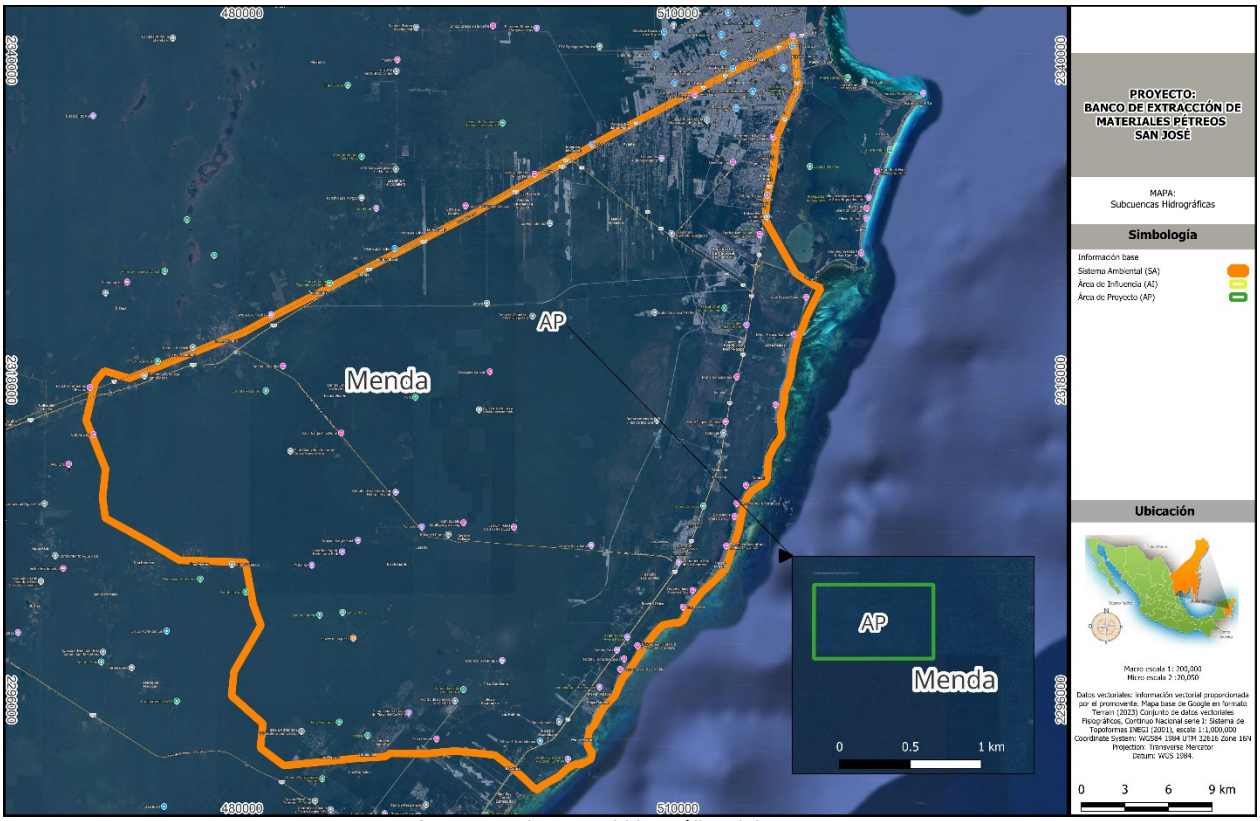


Figura 5. Subcuenca hidrográfica del proyecto.

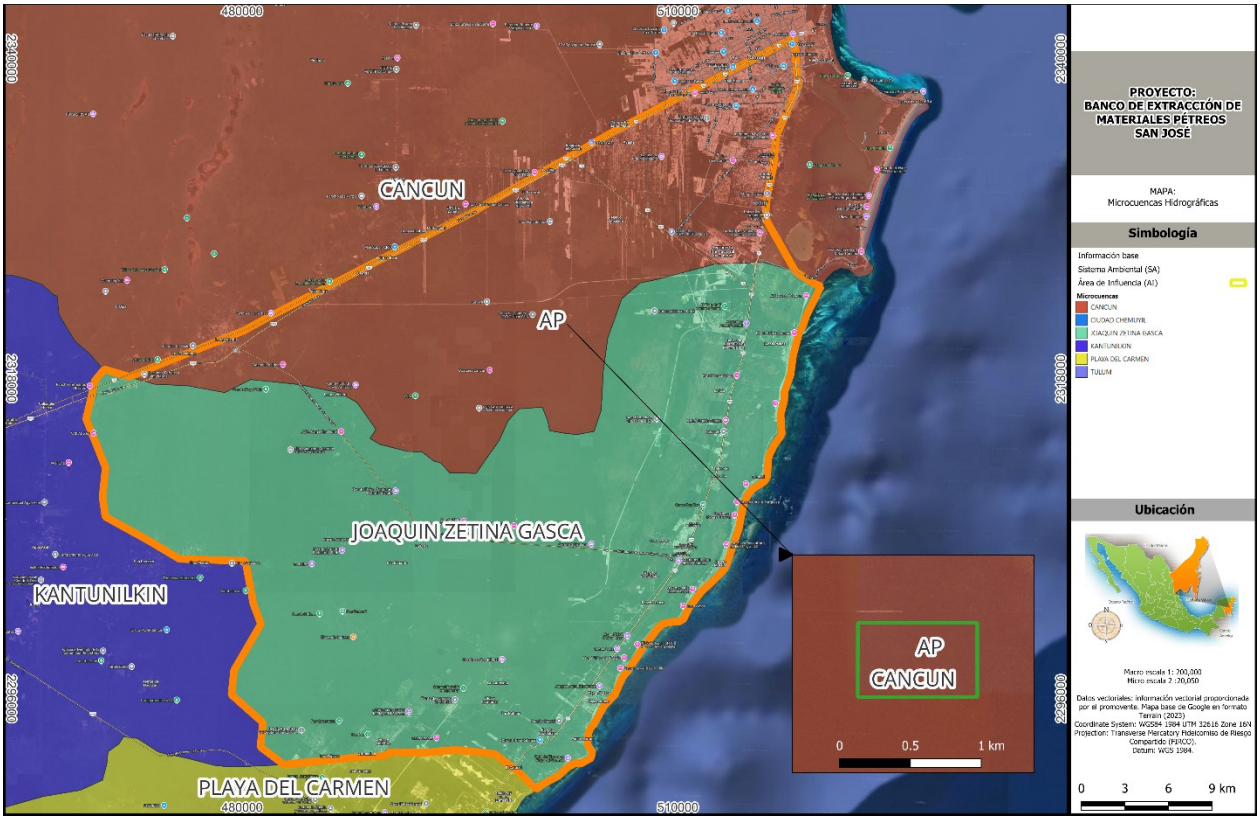


Figura 6. Microcuenca hidrográfica del proyecto.

D. Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar, sean principales, asociadas y provisionales, sitios para la disposición de desechos

El proyecto tendrá una superficie de afectación de 44.1027 ha de remoción vegetal forestal. Esta superficie no puede ser tomada como argumento para la delimitación del SA debido a que no representa un área donde los factores abióticos, bióticos y sociales interactúen formando un sistema.

En la figura siguiente se muestra la ubicación del Proyecto al Suroeste de la ciudad de Cancún en el estado de Quintana Roo.

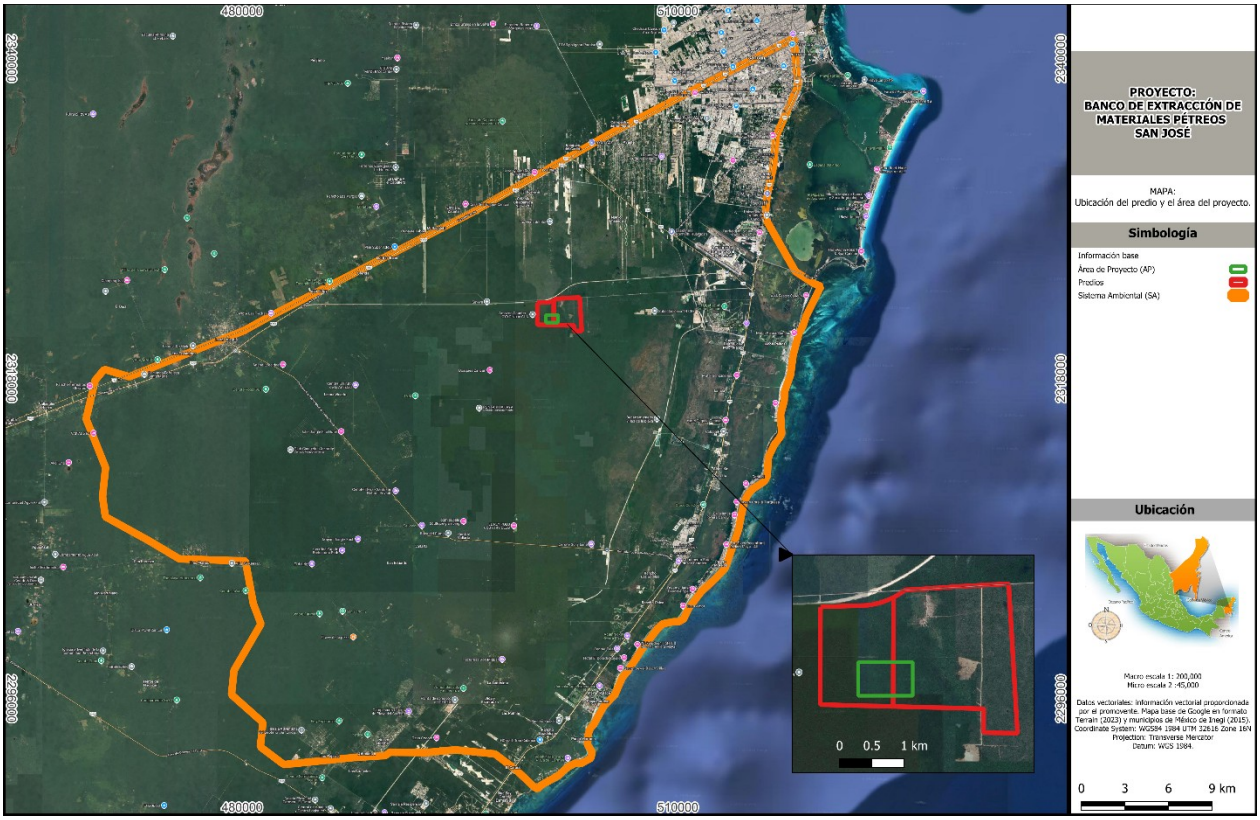


Figura 7. Ubicación del proyecto en la zona (dimensión).

E. Límites políticos-administrativos

Los límites políticos ayudan a definir el SA en la medida de que la fisiografía, políticas de manejo recursos naturales y tendencias de desarrollo permiten visualizar un carácter de desarrollo claro. Esto viene a alusión ya que las tendencias de desarrollo del SA son uno de los factores más importantes para la evaluación de los impactos ambientales. El proyecto se ubica en el municipio de Benito Juárez (Quintana Roo).

En la figura siguiente se muestra el plano del límite del municipio donde se ubica el proyecto.

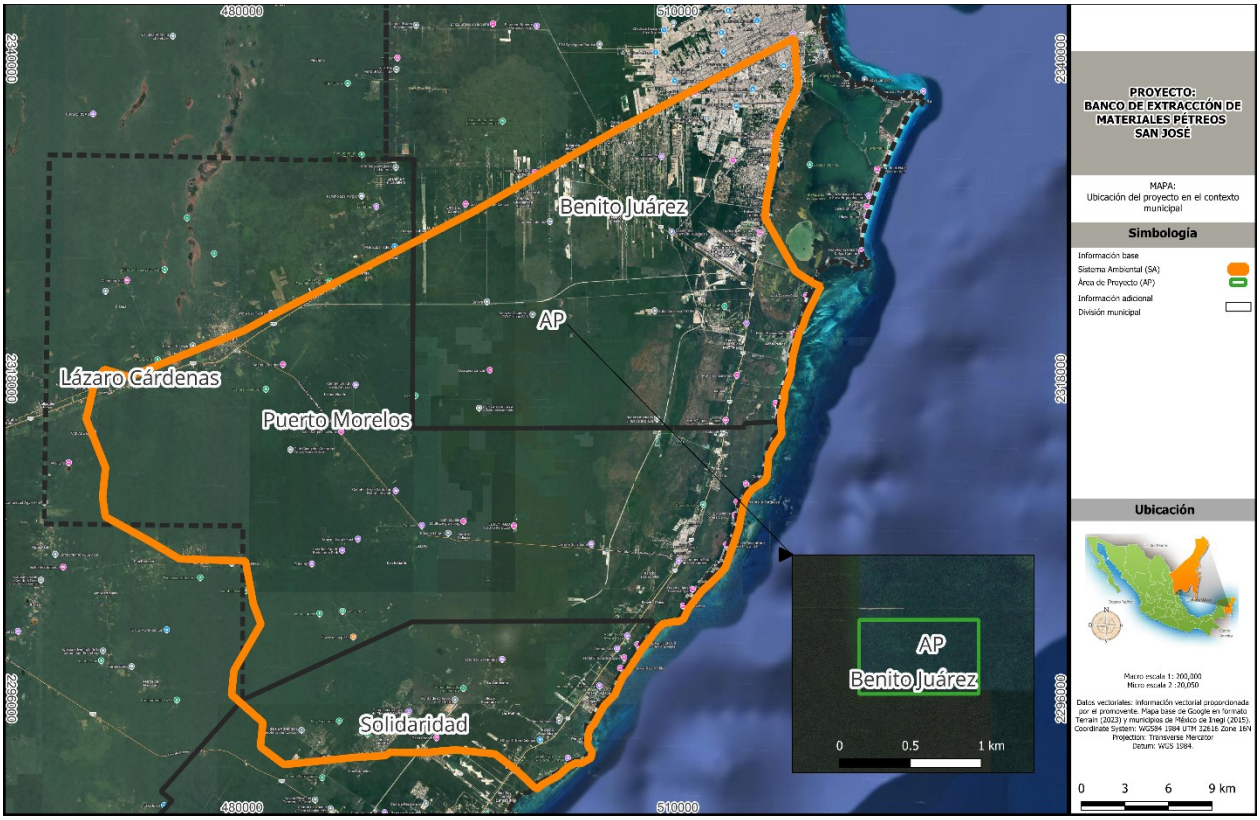


Figura 8. Limites políticos administrativos.

F. Barreras físicas naturales y antropogénicas

Las barreras físicas, ya sean naturales o antropogénicas, son elementos fundamentales para la configuración y delimitación de los sistemas ambientales. Entenderlas es clave para analizar cómo los ecosistemas se estructuran, interactúan y evolucionan.

Por un lado, las barreras físicas naturales incluyen elementos geográficos como montañas, ríos, valles, acantilados entro otras. Estas formaciones crean divisiones naturales que afectan la dispersión de especies, el flujo de agua, la dinámica atmosférica y los patrones de suelo. Por ejemplo, una cadena montañosa puede actuar como una barrera que impide el paso de masas de aire, afectando el clima de un lado u otro de la montaña. Del mismo modo, los ríos grandes o cuerpos de agua también pueden restringir la migración de especies terrestres, creando una separación ecológica entre regiones.

Por otro lado, las barreras antropogénicas son el resultado de la actividad humana. Estas incluyen carreteras, presas, muros, infraestructura urbana o agrícola. Aunque no son "naturales", estas estructuras modifican el paisaje y el flujo de elementos naturales como el agua y las especies. Por ejemplo, una carretera puede fragmentar hábitats, creando dificultades para la fauna que intenta moverse entre áreas de bosque previamente conectadas, y así influir en la biodiversidad y en la resiliencia del sistema ambiental.

Ambas barreras son cruciales en la delimitación de sistemas ambientales porque determinan los límites y las conexiones entre distintos ecosistemas. En la gestión ambiental, entender dónde están estas barreras y cómo influyen en el flujo de especies, agua, aire o energía es esencial para definir zonas de manejo, conservación o

desarrollo sustentable. Las barreras naturales son usadas muchas veces como puntos de referencia para demarcar límites ecológicos o zonas de protección, mientras que las antropogénicas pueden tener efectos adversos que deben ser mitigados para mantener la integridad ecológica del área.

G. Tipos de vegetación y continuidad de unidades ambientales

Los tipos de vegetación, así como el uso de suelo de una región determinan diversas condiciones naturales de un sitio, es por eso por lo que las áreas definidas de comunidades vegetales permiten estudiar y delimitar un SA concreto.

El área del proyecto según la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII de INEGI, el tipo de uso de suelo es corresponde a **Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ).**

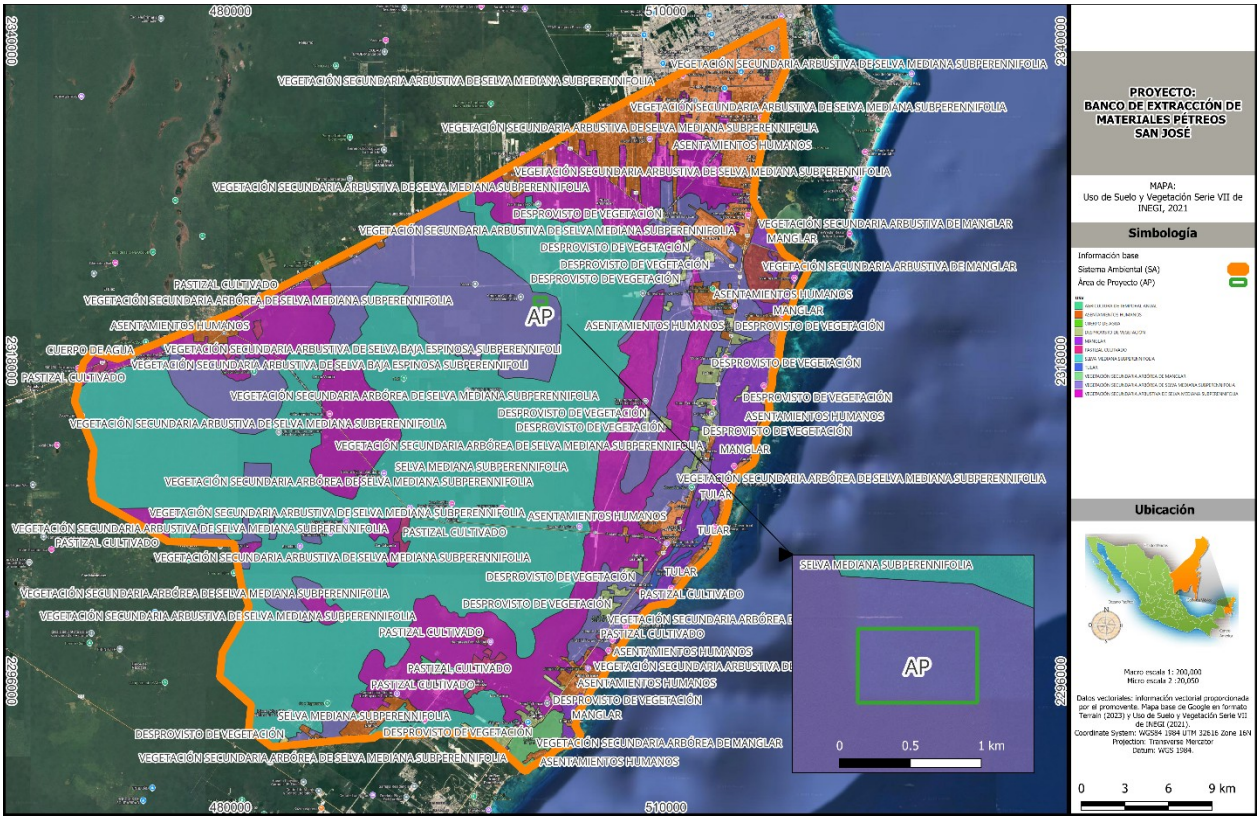


Figura 9. Uso de suelo y vegetación INEGI serie VII (INEGI, 2021).

4.1.3. Delimitación del Sistema Ambiental (SA)

Una vez evaluados los criterios básicos y específicos del proyecto es posible generar el Sistema Ambiental del cual partirá la evaluación de los impactos ambientales y las medidas de mitigación propuestas. Este SA es el conjunto de los elementos bióticos, abióticos y sociales en los cuales tendrá injerencia el proyecto. La figura siguiente muestra la delimitación del SA con la interacción de las capas de los criterios tomados y su posible relación entre sí.

El SA se definió teniendo una fuerte influencia los criterios “Cuencas hidrológicas” y “Barreras físicas naturales y antropogénicas” empleado las microcuencas hidrológicas Joaquín Zetina Gasca (total) y Cancún (parcial), aunado a las barreras físicas: carretera federal 180 “Mérida-Puerto Juárez” a partir del km 267 aproximadamente con rumbo a

la ciudad de Cancún hasta el centro de la ciudad y la avenida Luis Donaldo Colosio desde el centro de la ciudad de Cancún en dirección Sur hasta hacer intersección con la microcuenca Joaquín Zetina Gasca, por lo que el área ya delimitada cuenta con una superficie de **144,552.2384 ha**. Además de una influencia somera del criterio Ordenamiento ecológico del territorio empleando la UGA 138 del POE Marino del Golfo de México y Mar Caribe.

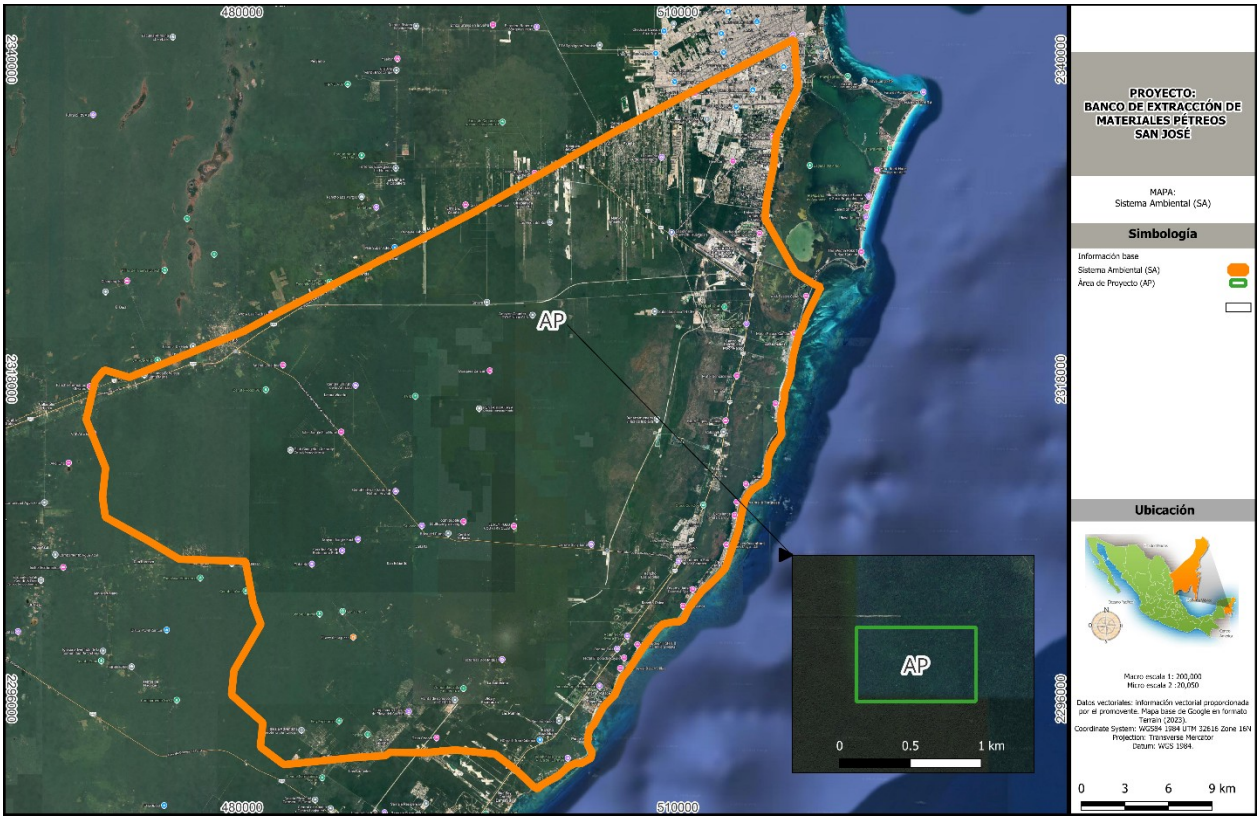


Figura 10. Sistema Ambiental (SA) delimitado en el marco del proyecto.

Tabla 1. Coordenadas de la delimitación del Sistema Ambiental (Proyección UTM Zona 16 Datum WGS84).

Vértice	Este X	NORTE Y	VÉRTICE	ESTE X	NORTE Y
1	472227.7131	2318123.9672	46	507629.0909	2299520.8635
2	480105.7137	2321288.2695	47	506539.6578	2297865.4635
3	495770.3271	2329385.7138	48	506181.1432	2297460.2224
4	518013.2181	2341395.7284	49	505665.7844	2296272.7386
5	518271.1898	2338070.7602	50	504892.2833	2295462.6418
6	516780.6868	2334688.4648	51	504197.4146	2294190.0530
7	516300.3134	2331251.9489	52	503990.0648	2293993.7924
8	515994.9828	2329067.6610	53	503852.6036	2293638.7820
9	518103.6458	2325361.5166	54	503776.8925	2292848.0395
10	519798.8669	2324227.0719	55	504102.3093	2292332.6380
11	519298.5928	2323218.5187	56	504043.3482	2292045.0944
12	518839.3068	2322292.4924	57	504015.5863	2291910.4792
13	518638.3499	2321658.1106	58	503346.5421	2291546.9423
14	518338.9195	2321085.8246	59	502991.2210	2291585.2593

Vértice	Este X	NORTE Y		VÉRTICE	ESTE X	NORTE Y
15	517940.4659	2319600.1483		60	502427.5128	2291302.0090
16	517769.6388	2318272.5457		61	501763.2057	2290697.4832
17	517763.5582	2318255.5167		62	500648.2582	2290083.7401
18	517337.8589	2317055.6725		63	500344.6052	2289793.8088
19	517329.5460	2316477.0397		64	500144.1046	2289895.0813
20	517194.8802	2315964.1870		65	500128.7208	2289909.4820
21	517081.1442	2315535.2035		66	498831.0615	2291124.1971
22	517156.2917	2314225.7056		67	497409.0057	2292194.0590
23	517020.3671	2313948.2238		68	494677.2566	2292480.7336
24	516645.8442	2313458.5686		69	492611.2707	2292288.3444
25	516250.3631	2312615.7507		70	490188.7638	2292315.1069
26	516148.3238	2311279.7244		71	489847.1156	2292082.5031
27	515946.5430	2310918.3094		72	487757.9041	2291955.6480
28	515145.0192	2310400.0904		73	485659.7239	2291743.2045
29	514833.3978	2310018.9232		74	482843.3830	2291464.6778
30	514643.6180	2309653.9778		75	482815.0599	2291506.9535
31	514534.2969	2309360.5847		76	481249.1583	2292684.7343
32	514177.1490	2307597.3633		77	481424.3300	2294355.7590
33	513267.4797	2304983.1587		78	479260.0198	2296272.0368
34	512604.0376	2304260.6600		79	479435.1742	2297943.1107
35	511614.0678	2303351.1371		80	481289.5126	2301127.6596
36	510762.8068	2302233.9800		81	480761.2079	2302534.6368
37	510386.8464	2301461.0983		82	480223.4394	2305463.1944
38	510043.9746	2301281.8464		83	475676.2129	2305601.8781
39	509711.5471	2301288.5015		84	473608.7242	2306832.2480
40	509165.2309	2301183.5007		85	470573.4729	2308501.8941
41	509163.2632	2301183.1225		86	470379.2830	2309873.9024
42	509084.1104	2301167.9093		87	470589.3767	2311879.4168
43	508955.2918	2301142.8282		88	469250.7270	2315229.9555
44	508761.9141	2300952.4136		89	469865.1236	2317869.0689
45	508575.8135	2300768.8056		90	470500.1798	2318634.7950

4.1.4. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI)

La metodología utilizada se encuentra basada de los trabajos de Forman and Alexander (1998) publicada en el artículo *Roads and Their Major Ecological Effects (Los Caminos Y Sus Principales Efectos Ecológicos)*: Esta unidad de análisis se delimitó tomando en cuenta las características del proyecto y los posibles impactos a generar por el desarrollo de este tipo de proyecto.

El polígono preliminar de AI fue procesado en el sistema de información geográfica *QGis 3.24.0* en DATUM WGS84 y proyección UTM 32616, por medio de la generación de polígonos búfer de 1,000 m (siendo estas las distancias máximas arbitraria definida por los estudios de Forman *et al* (1998). Posteriormente para definir el área de afectación tomando en consideración los antecedentes de la investigación de la ecología de caminos (*Road Ecology*) principalmente, es necesario definir las zonas con vegetación conservada, semiconservada o relictual donde se

considere la posibilidad de fauna por la afinidad al hábitat que vayan a ser fragmentados o ecosistemas frágiles que vayan a ser perturbados por el proyecto. En las zonas donde se tiene un impacto humano previo de consideración como son amplias áreas agrícolas o ganaderas se considera la extensión de afectación posible de acuerdo con la siguiente figura:

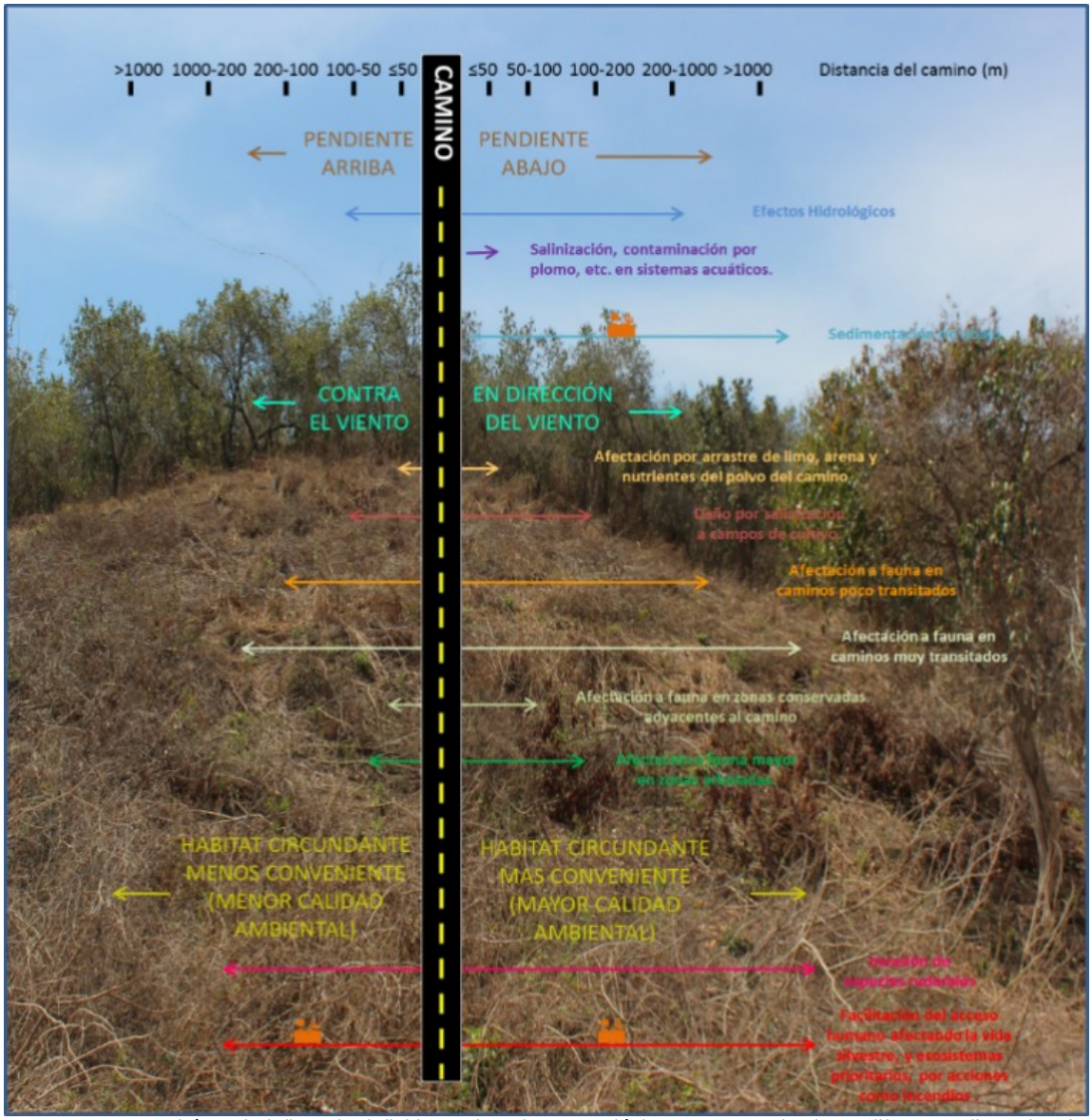


Figura 11. Se muestra el área de influencia definida por los efectos ecológicos que se extienden a diferentes distancias desde el camino. La mayoría de las distancias están basadas en estudios específicos. La distancia de la izquierda es arbitrariamente la mitad de la derecha. El símbolo E indica que el impacto es primordialmente en zonas específicas. (Adaptado y modificado de Forman *et al* 1998).

El polígono es ajustado finalmente con las distancias definidas en el gráfico siguiente de acuerdo con la calidad ambiental principalmente, y de los criterios anteriormente mencionados, teniendo una mayor amplitud en las zonas de mayor rango de actividad de fauna y con mayor calidad ambiental. Finalmente se ajustó el polígono del AI con los criterios anteriores, lo que nos arrojó un polígono con una superficie de **644.7929 ha (6,447,929 m^2),** utilizando un buffer promedio **de 1,000 m.**

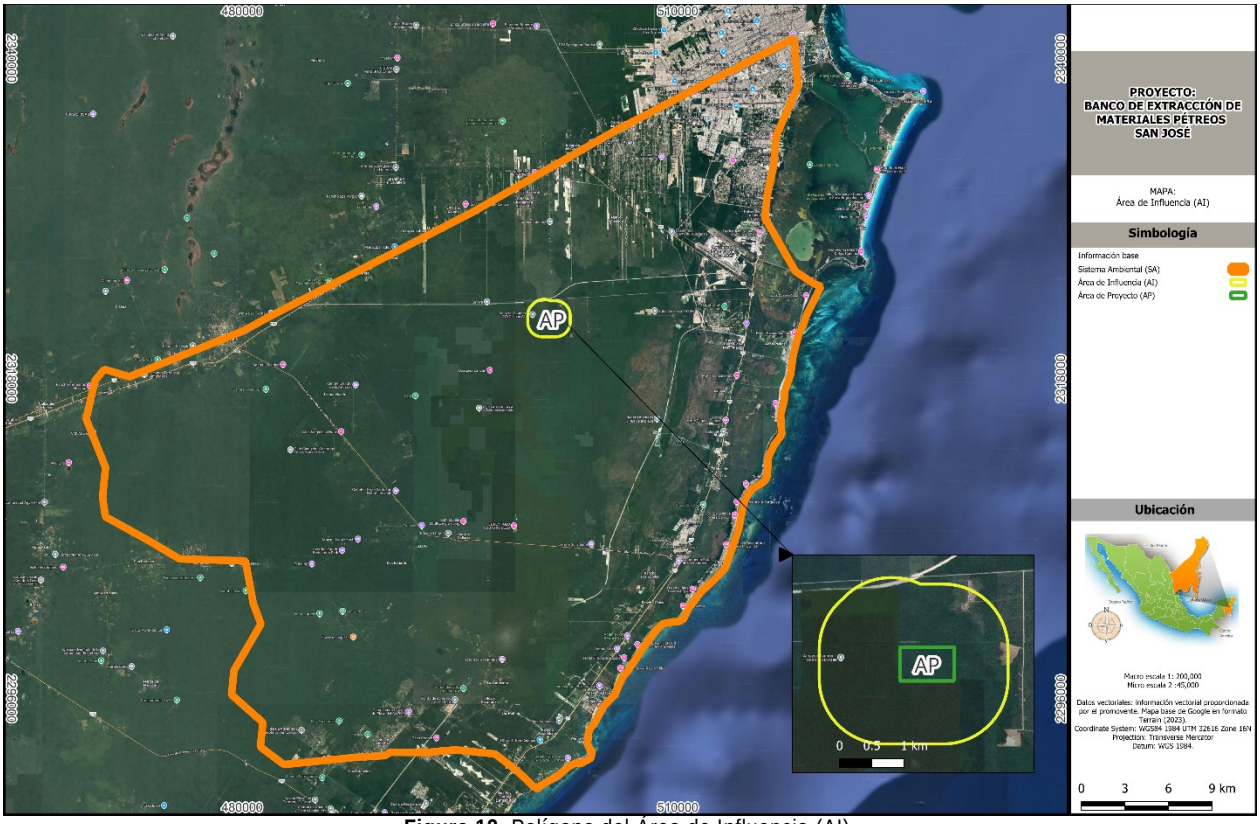


Figura 12. Polígono del Área de Influencia (AI).

Tabla 2. Coordenadas de la delimitación del Área de Influencia (Proyección UTM Zona 16 Datum WGS84).

Vértice	Este X	Norte Y	Vértice	Este X	Norte Y
1	499669.0375	2322448.0310	38	502566.7342	2322553.2530
2	499685.3559	2322551.4230	39	502583.1909	2322449.9050
3	499712.3922	2322652.5430	40	502588.7568	2322345.4020
4	499749.8504	2322750.2830	41	502589.1649	2321871.7500
5	499797.3200	2322843.5720	42	502583.7747	2321767.1950
6	499854.2809	2322931.3880	43	502567.4828	2321663.7770
7	499920.1091	2323012.7690	44	502540.4679	2321562.6300
8	499994.0832	2323086.8230	45	502503.0261	2321464.8610
9	500021.9464	2323109.4110	46	502455.5677	2321371.5420
10	500022.4606	2323110.0500	47	502398.6129	2321283.6960
11	500095.9555	2323184.0570	48	502332.7861	2321202.2870
12	500176.7590	2323250.0060	49	502258.8086	2321128.2050
13	500263.9922	2323307.1800	50	502177.4914	2321062.2640
14	500356.7060	2323354.9570	51	502089.7258	2321005.1870
15	500453.8920	2323392.8180	52	501996.4736	2320957.5970
16	500554.4927	2323420.3490	53	501898.7571	2320920.0190
17	500657.4139	2323437.2530	54	501797.6472	2320892.8620
18	500761.5359	2323443.3440	55	501694.2522	2320876.4250
19	500789.3346	2323443.5180	56	501589.7054	2320870.8880
20	500893.8051	2323438.7040	57	500664.4124	2320870.3890
21	500997.2015	2323423.0050	58	500559.8810	2320875.8100
22	501098.3929	2323396.5940	59	500456.4891	2320892.1290
23	501196.2725	2323359.7580	60	500355.3692	2320919.1650
24	501227.0275	2323344.3450	61	500257.6294	2320956.6230
25	501588.2166	2323344.5410	62	500164.3404	2321004.0930
26	501692.7267	2323339.1210	63	500076.5244	2321061.0540
27	501796.0982	2323322.8100	64	499995.1436	2321126.8820
28	501897.1989	2323295.7840	65	499921.0894	2321200.8560
29	501994.9217	2323258.3410	66	499855.1733	2321282.1660
30	502088.1963	2323210.8900	67	499798.1175	2321369.9200
31	502176.0011	2323153.9510	68	499750.5470	2321463.1580
32	502257.3746	2323088.1470	69	499712.9831	2321560.8570

Vértice	Este X	Norte Y	Vértice	Este X	Norte Y
33	502331.4255	2323014.2000	70	499685.8373	2321661.9470
34	502397.3430	2322932.9190	71	499669.4071	2321765.3220
35	502454.4050	2322845.1940	72	499663.8724	2321869.8470
36	502501.9867	2322751.9860	73	499663.6160	2322343.4990
37	502539.5670	2322654.3160			

4.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.1. Aspectos abióticos

a) Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por (García, 1981) y el análisis con el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el subtipo de clima con mayor superficie en el SA es cálido subhúmedo Aw, en un 50.73% Aw0(x) y con 49% Aw1(x) (cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C).

El Grupo A en la modificación de Enriqueta García (2004); se caracteriza por presentar una temperatura media anual de entre 22.0°C y 26.0°C, y una temperatura media del mes más frío mayor de 18.0°C. Dentro del tipo climático Aw, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, Aw1 corresponde al subtipo cálido subhúmedo intermedio.

Tabla 3. Climas dentro del Sistema Ambiental (SA).

Clima	Descripción	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
$Aw_0(x')$	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	735,052,410.72	50.85
$Aw_1(x')$	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	706,628,127.99	48.88
SD	Sin información en el vector	3,841,846	0.27
Total		**1,445,522,383.96**	**100.00**

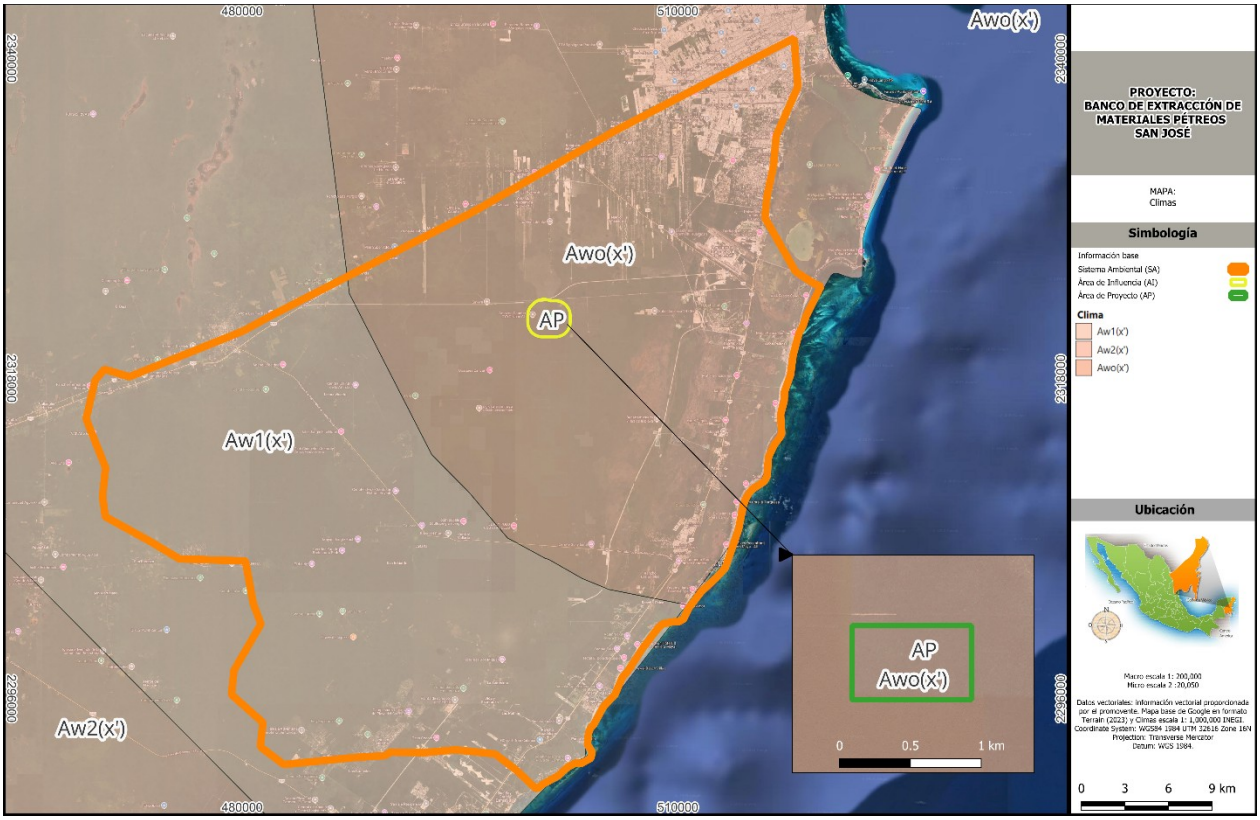


Figura 13. Climas dentro del SA.

a.1.) Temperatura

De acuerdo con los datos históricos correspondientes a los años 1991-2020, registrados por la estación climatológica Estación Cancún - 23155 de influencia directa para el Sistema Ambiental (SA) y la más cercana al proyecto con datos actualizados, la temperatura correspondiente a la media normal anual es de 27.6 °C.

Tabla 4. Temperatura media normal promedio de la estación climatológica Estación Cancún - 23155.

ESTACIÓN CANCÚN - 23155	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MEDIA (°C)	24.4	25.4	26.4	28	29.2	29.5	29.9	30.1	29.4	27.9	26.3	25.2	27.6

a.2.) Precipitación

La temporada de lluvias no es tan marcada y se presenta de mayo a noviembre, en el que se presenta una precipitación acumulada normal de 1371.3 mm en promedio para la estación analizada. El mes de octubre presenta la mayor cantidad de incidencia pluvial, con un valor de 277.1 mm. Por el contrario, el mes más seco es marzo, con un valor de 38.7 mm.

Tabla 5. Precipitación máxima mensual (mm) promedio estación climatológica Estación Cancún - 23155.

ESTACIÓN CANCÚN - 23155	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN (mm)	103.8	59.3	38.7	42.3	87	184.4	67	102.2	181.5	277.1	131.4	96.6	1371.3

ESTACIÓN CANCÚN - 23155	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
EVAPORACIÓN (mm)	79.5	98	139.4	155.6	163.5	133	157.5	146	116.9	105.6	86.4	73.6	1455

a.3.) Riesgos climatológicos y eventos extremos

- **Sequía**

Desde un punto de vista meteorológico: la sequía se presenta cuando la precipitación acumulada, durante un cierto lapso, es significativamente más pequeña que el promedio de las precipitaciones registradas en dicho lapso o que un valor específico de la precipitación. Desde un punto de vista hidrológico: la sequía ocurre cuando existe un déficit de agua en los escurrimientos superficial y subterráneo con respecto a la media mensual (o anual) de los valores que se han presentado en la zona.

De acuerdo con el análisis vectorial, se identificó que dentro del SA y el AP, el grado de riesgo por sequía (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es considerado **BAJO**, mientras que el grado de peligro de sequía peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) en caso de presentarse dentro del SA es considerado como **ALTO**.

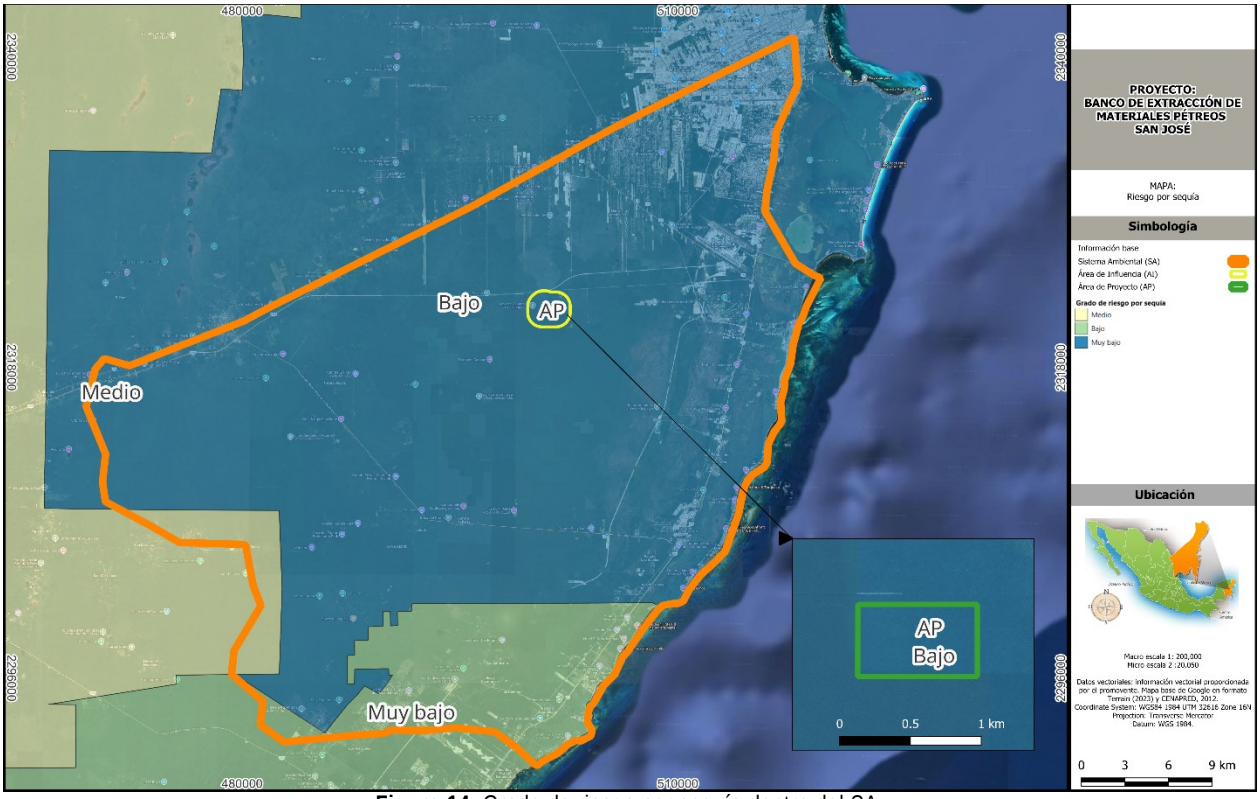


Figura 14. Grado de riesgo por seguía dentro del SA.

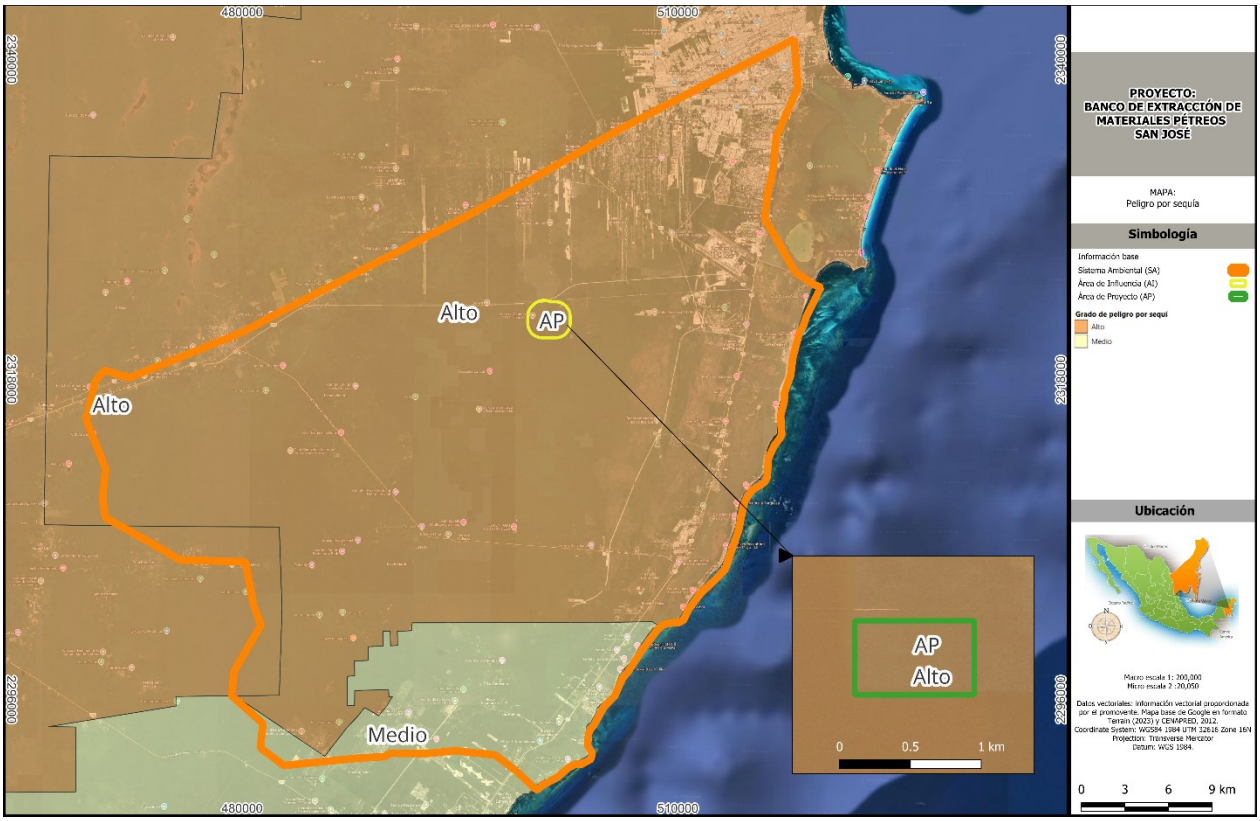


Figura 15. Grado de peligro por seguía dentro del SA.

- **Bajas temperaturas (heladas)**

En México, el mayor efecto de las bajas temperaturas se presenta de noviembre a enero, principalmente en Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Hidalgo, estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas. Durante el invierno, incrementan las enfermedades respiratorias y hay más probabilidades de intoxicaciones con monóxido de carbono producido por el uso de estufas y braseros en lugares sin ventilación

De acuerdo con el análisis vectorial, se identificó que dentro del SA y el AP, el grado de riesgo por heladas (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es considerado **MUY BAJO**, mientras que el grado de peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) de heladas en caso de presentarse dentro del SA es considerado como **MUY BAJO**.

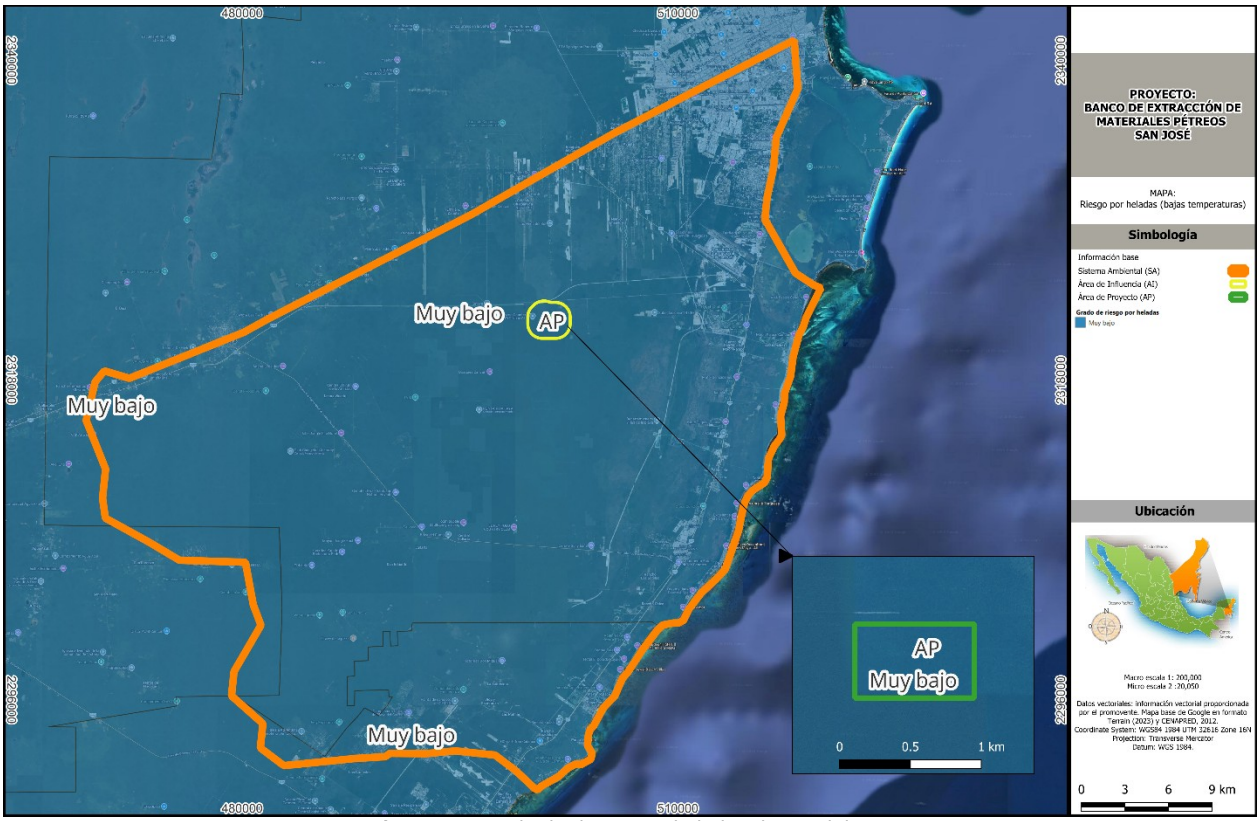


Figura 16. Grado de riesgo por heladas dentro del SA.

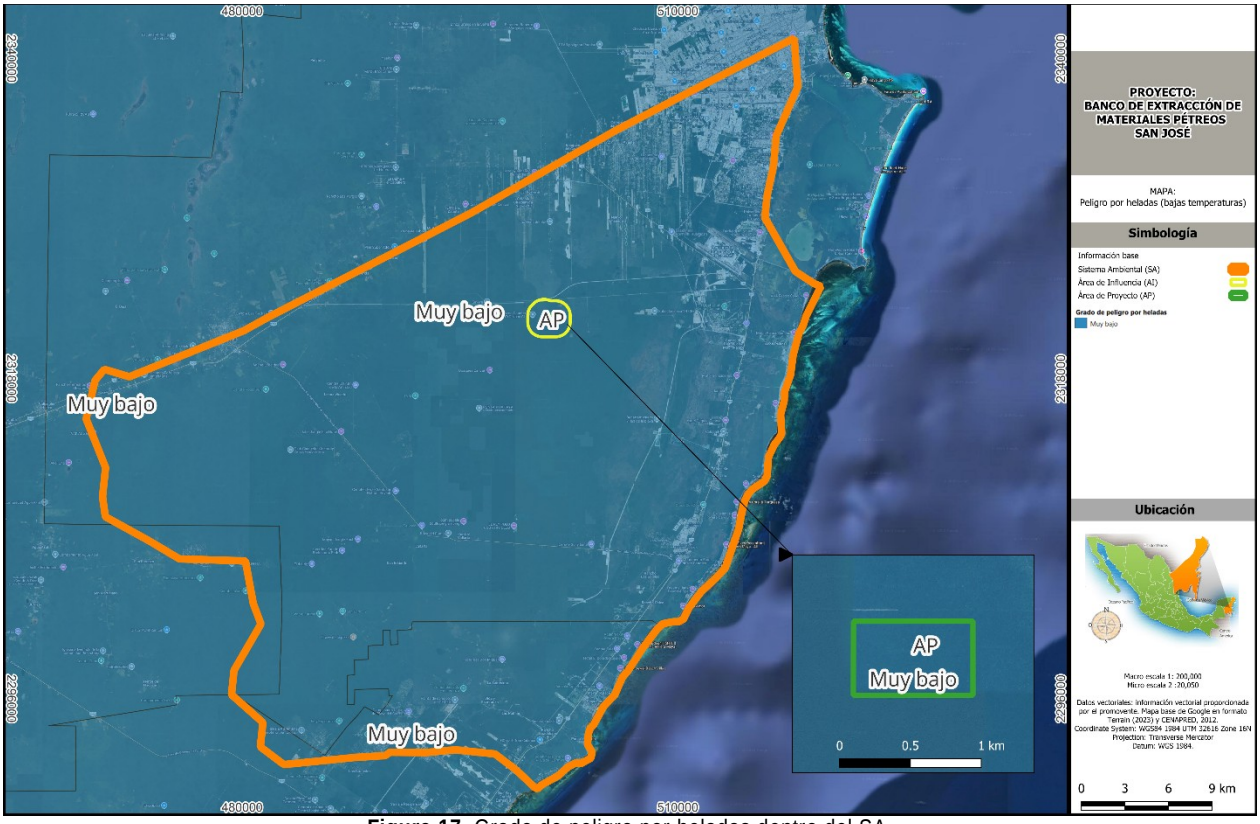


Figura 17. Grado de peligro por heladas dentro del SA.

- **Ciclones tropicales**

Es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj (en el hemisferio norte), y en el sentido de las manecillas del reloj (en el hemisferio sur). En latitudes templadas, los ciclones son referidos como depresiones o ciclones extratropicales; el término ciclón se usa sólo para referirse a los ciclones tropicales. Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos: calor y humedad; como consecuencia, sólo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C. Los ciclones tropicales se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos y se dividen en fases de acuerdo con la velocidad de sus Vientos Máximos Sostenidos en superficie (VMS):

a. Depresión tropical: VMS menor a 63 km/h.
b. Tormenta Tropical: VMS entre 63 y 118 km/h.
c. Huracán: VMS mayor a 118 km/h.

De acuerdo con el análisis vectorial, se identificó que dentro del SA y el AP, el grado de riesgo por ciclones tropicales (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es considerado **MUY ALTO**, mientras que el grado de peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) de ciclones tropicales en caso de presentarse dentro del SA es considerado como **ALTO**.

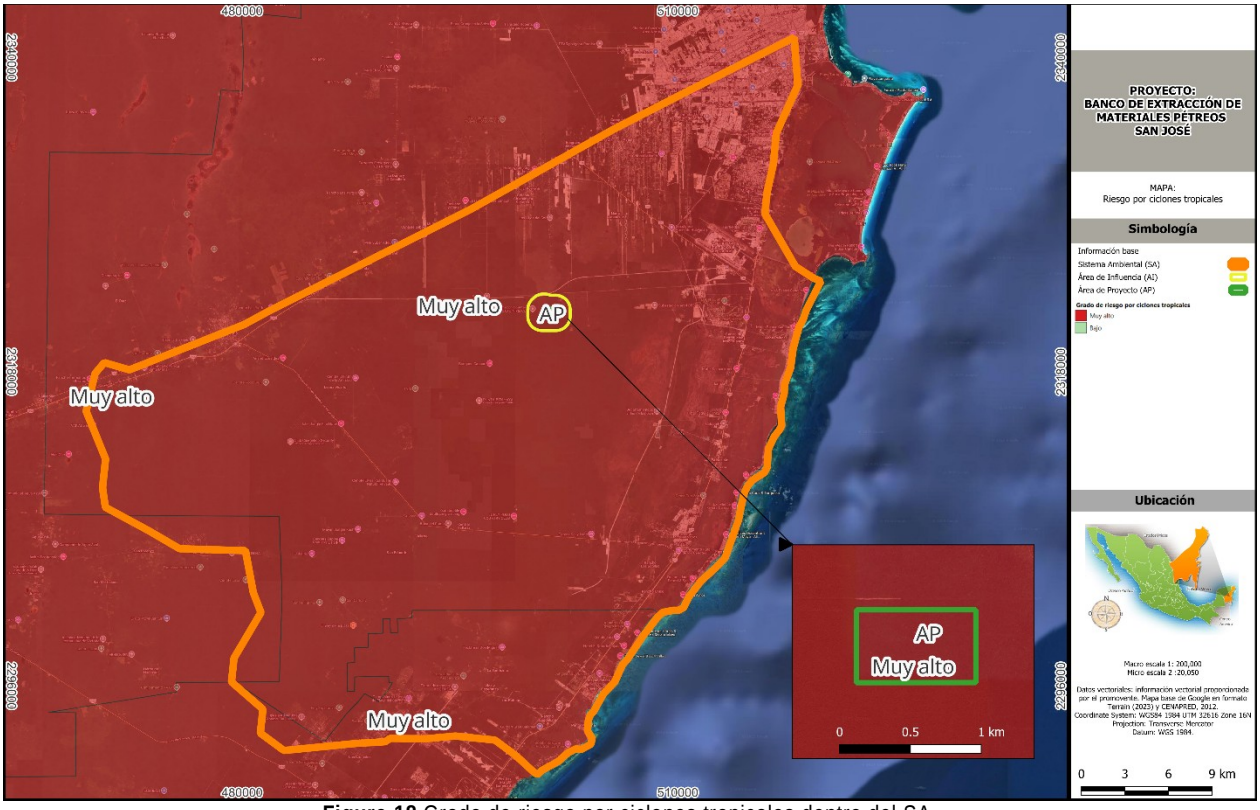


Figura 18 Grado de riesgo por ciclones tropicales dentro del SA.

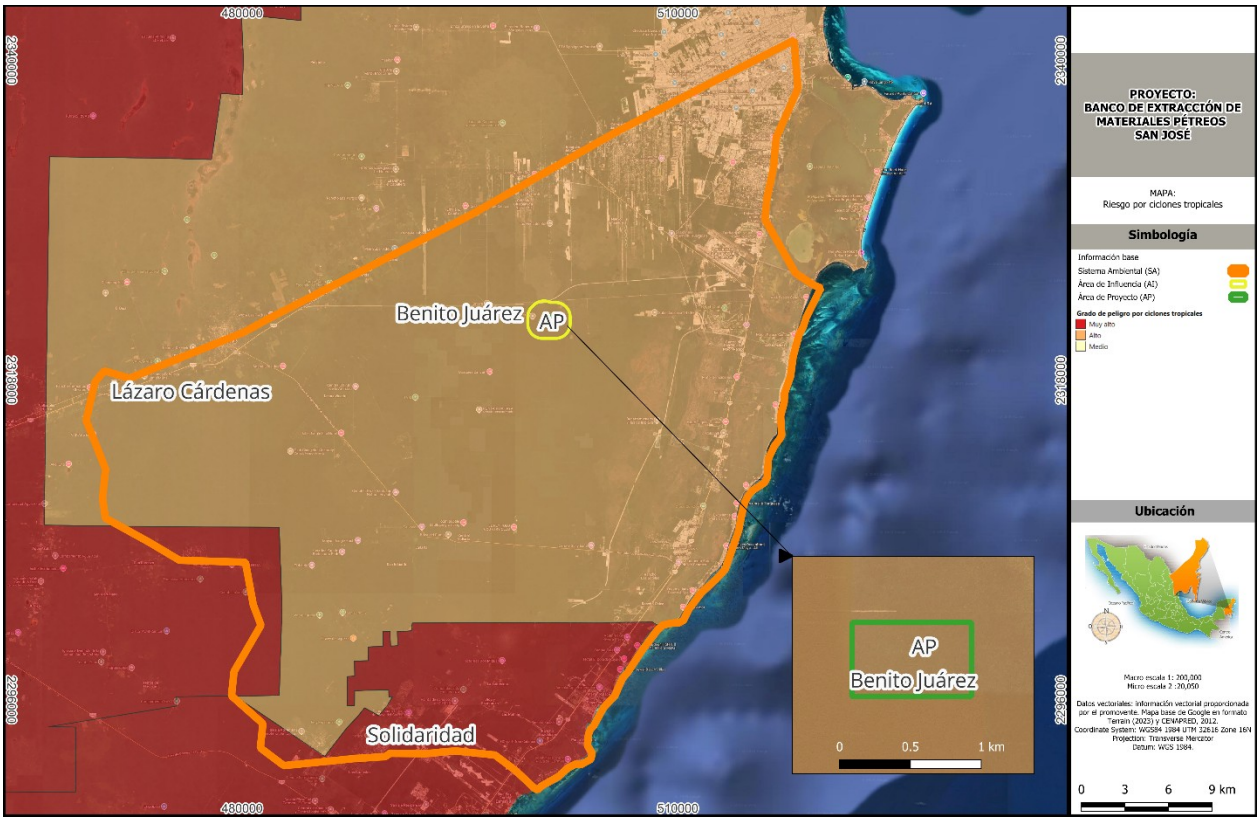


Figura 19 Grado de peligro por ciclones tropicales dentro del SA.

- **Tormentas eléctricas**

Son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos o, en ocasiones, por nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo. Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas. Un rayo alcanza, en una fracción de segundo, una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados. El aire caliente provoca que se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido (llamado trueno), que viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

De acuerdo con el análisis vectorial, se identificó que dentro del SA y el AP, el grado de riesgo por tormentas eléctricas (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es considerado **MUY BAJO**, mientras que el grado de peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) de tormentas eléctricas en caso de presentarse dentro del SA es considerado como **BAJO**.

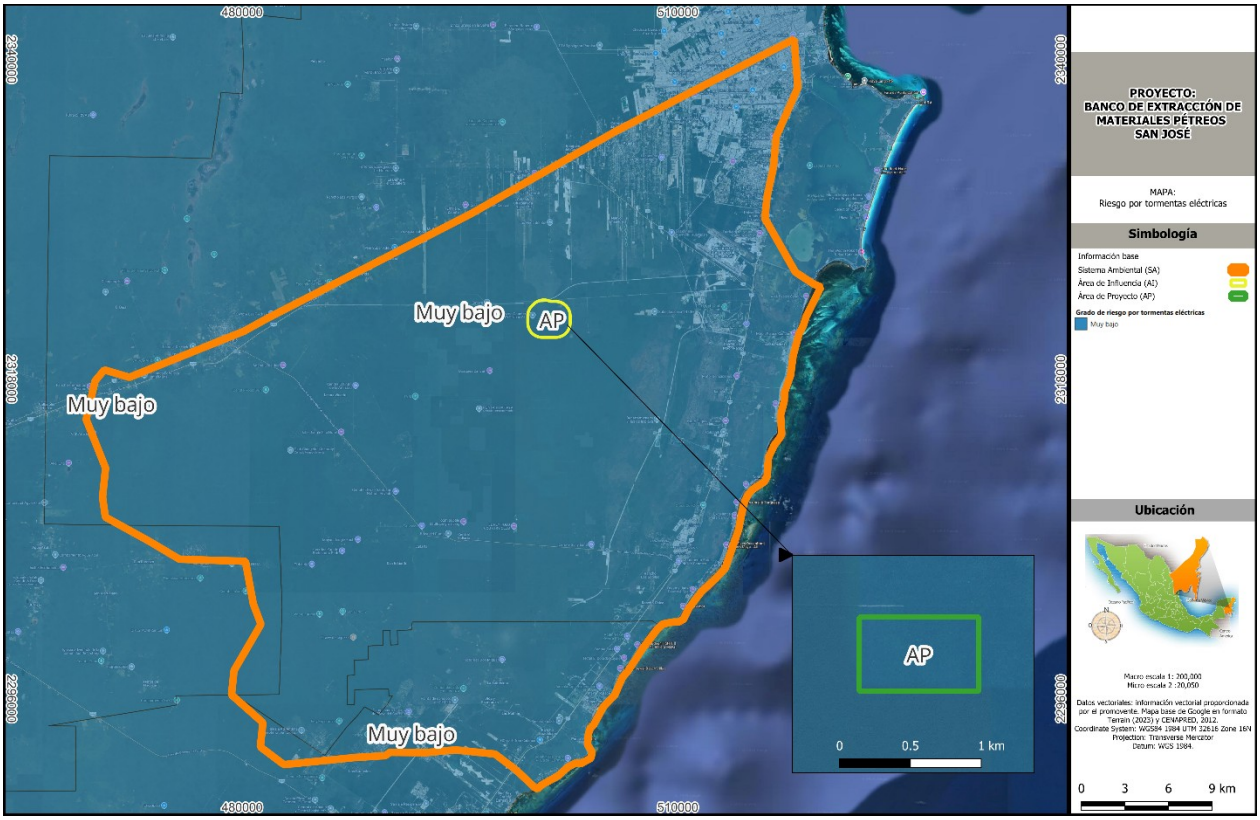


Figura 20. Grado de riesgo por tormentas eléctricas dentro del SA.

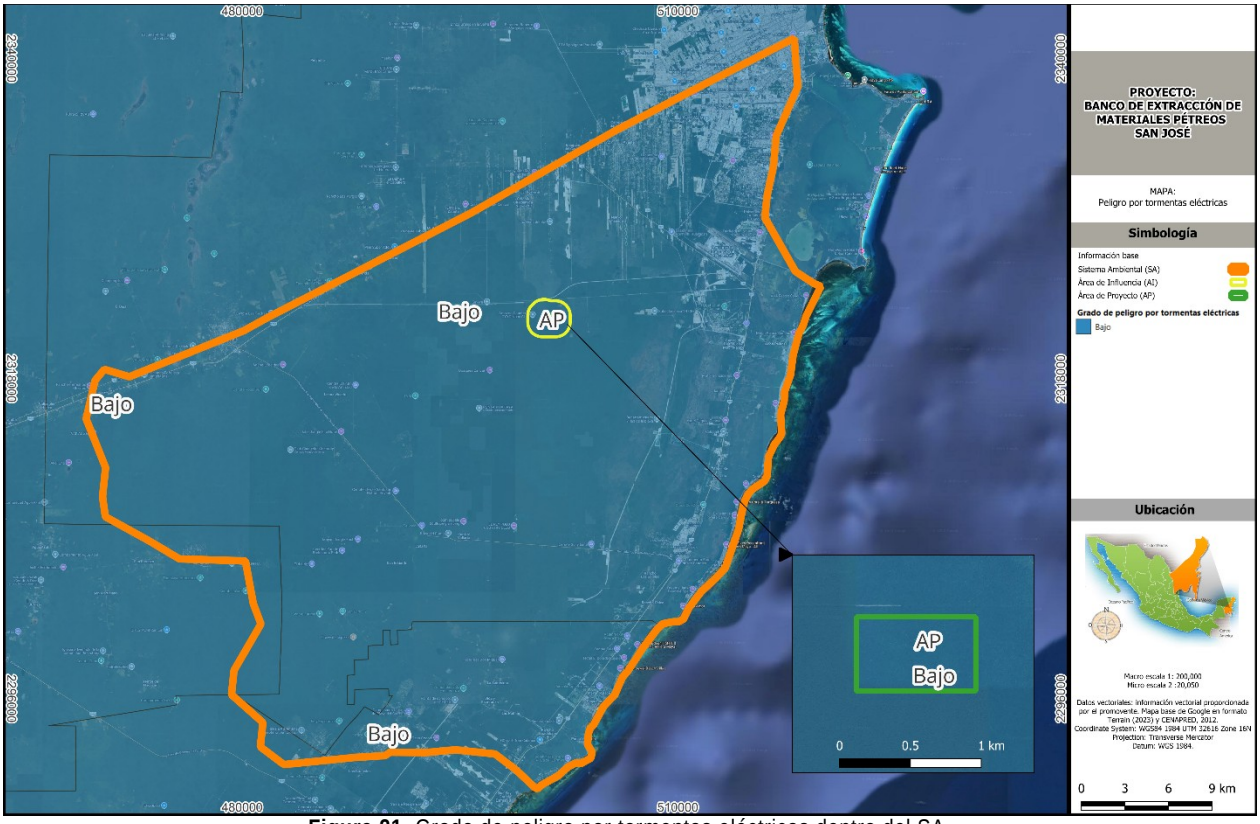


Figura 21. Grado de peligro por tormentas eléctricas dentro del SA.

a.4) Vulnerabilidad ante el cambio climático

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático la vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. Es decir, es la propensión o predisposición para verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad actual y futura, el INECC usa la metodología propuesta por el IPCC (2007), que se retoma en la **Ley General de Cambio Climático (2012)** y que considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Conforme a la información de los riesgos climáticos y la vulnerabilidad al cambio climático presentada dentro del SA y área del proyecto, se identificó el nivel de priorización ante la vulnerabilidad al cambio climático que presenta en la actualidad, los cuales se clasifican primer nivel, segundo nivel y tercer nivel de priorización: por ello, se determinó que los municipios **de Benito Juárez y Solidaridad** presentaron una vulnerabilidad de **primer nivel** ante el cambio climático.

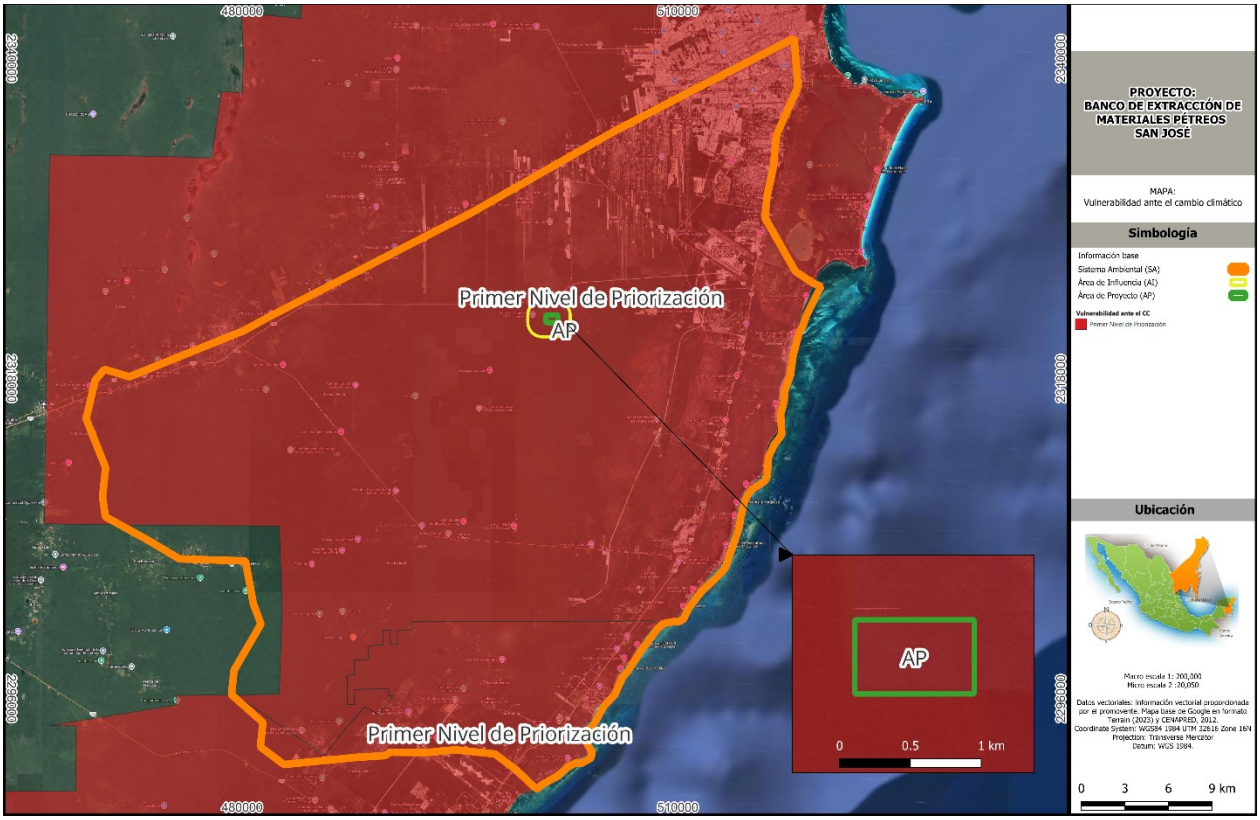


Figura 22. Vulnerabilidad ante el cambio climático dentro del SA.

b) Geología y geomorfología

b.1.) Geología

La Península de Yucatán se asienta sobre una plataforma predominantemente plana de rocas carbonatadas (dolomitas y evaporitas) con diversos grados de meteorización (Schmitter-Soto et al., 2002; Bauer-Gottwein et al., 2011). Está constituida por sedimentos calcáreos de origen marino del periodo Terciario y Reciente (Butterlin y Bonet, 1960); las rocas más antiguas se localizan al sur del estado de Yucatán y corresponden a rocas de la época del Paleoceno-Eoceno Indiferenciado, que se encuentran dolomitizadas, silicificadas o recristalizadas, dentro de las que se incluyen a las rocas evaporitas de la formación Icaiché, constituidas por yeso, anhidrita y halita, ricas en sulfatos y cloruro de sodio respectivamente.

La estratigrafía del SA se conforma de margas blancas, grises y gris crema; margas con intercalaciones de arcillas y calizas compactas de color gris-crema (Formación Carrillo Puerto; López Ramos,1975). Los carbonatos costeros del Pleistoceno Superior se componen de secuencias marinas y no marinas que se acumulan en el margen de la plataforma. Arrecifes y facies posteriores del arrecife formadas durante las interglaciaciones (Ward y Halley, 1985). La roca caliza es de color crema y blanco cremoso, con alta porosidad, en algunas partes son de tipo eolianita, en otras se encuentran con grandes cavidades debido a la disolución de la roca.

Las rocas presentan una disposición prácticamente horizontal, en la porción meridional, la continuidad de los estratos es interrumpida por fallas normales que dan al terreno una configuración escalonada. Las fallas tienen longitud de varios kilómetros y se manifiestan en escarpes con desnivel de 10 a 100 m, en alguna de ellas han originado fosas gradualmente convertidas en pantanos, lagos y lagunas, siendo la mayor de ellas la Laguna de Bacalar. En el Tramo 6 se distribuye principalmente piedra caliza antigua y laguna, ambas provenientes del pleistocenos superior (Butterlin, 1958).

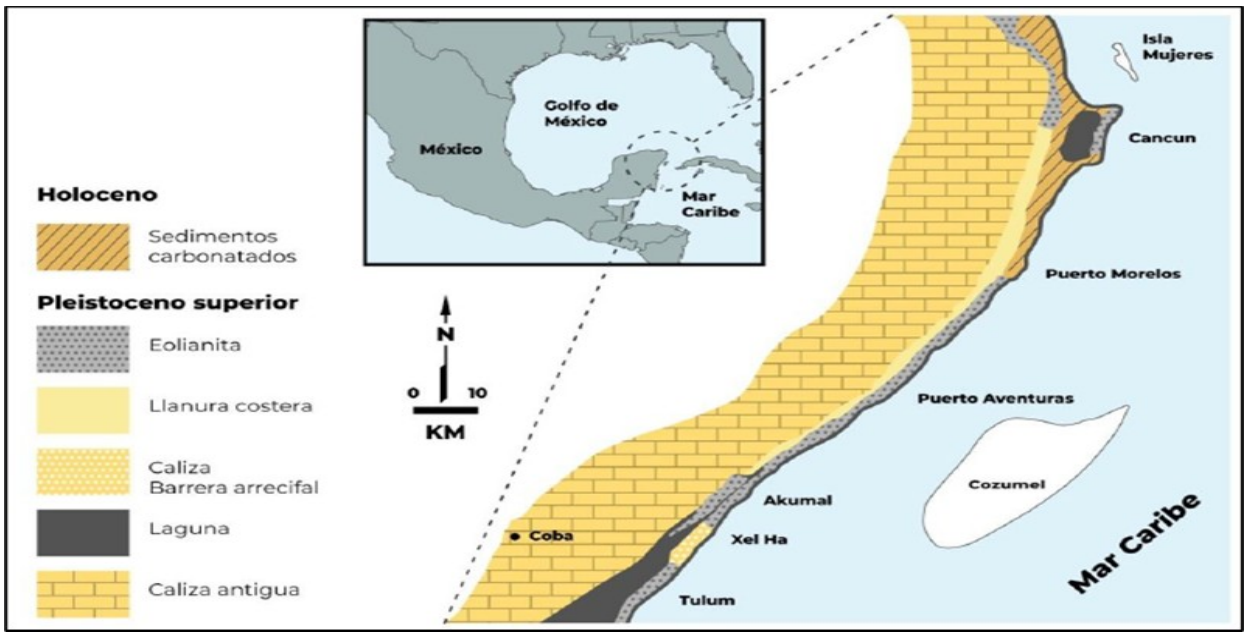


Figura 23. Carta geológico-minera y geoquímica Tizimín f16-7. Escala 1:250,000 (SGM, 2005).

La naturaleza porosa de los carbonatos que forman la Península, junto con el relieve topográfico prácticamente inexistente (Bauer-Gottwein et al., 2011), implica que las precipitaciones se infiltren rápidamente dando lugar a un escurrimiento superficial prácticamente inexistente, con excepción de eventos asociados a precipitaciones de tipo ciclónico. Lo que se conoce como el acuífero de Yucatán corresponde a la extensión del sistema kárstico en la Península conformado por una extensa red de cuevas, cavernas y sumideros totalmente sumergidos en agua e interconectados (Perry et al., 2002; Gondwe et al., 2010b). A pesar de esta complejidad, se ha concluido que el agua subterránea regional en el centro de la Península de Yucatán fluye hacia las costas dando lugar a patrones de flujo determinados principalmente por ligeras diferencias en la elevación del terreno y fracturas a escala regional (Bauer-Gottwein et al., 2011).

b.2.) Geomorfología

La península de Yucatán se localiza al extremo sureste de la República Mexicana, aproximadamente entre los 18° y 21°30' de latitud norte y los 87° y 90°30' de longitud oeste. Es una región de escaso relieve que ocupa el territorio de los estados de Yucatán, Quintana Roo, más de la mitad del estado de Campeche y el norte de las repúblicas de Guatemala y Belice (Bautista et al., 2005). Tiene una extensión de 300,000 km2 siendo su área superficial de poco más de 165,000 km2(Bauer *et al*., 2011). La península es una gran plataforma formada por una secuencia de rocas evaporíticas y carbonatadas, formadas por procesos de sedimentación, que comprende ocho unidades que van desde el Eoceno al Cuaternario.

En términos geológicos, el subsuelo de la península de Yucatán está constituido en su gran mayoría por una secuencia de sedimentos calcáreos de origen marino del Terciario Reciente, y ha estado bajo subsidencia lenta pero continua. El Cuaternario aflora hacia las zonas costeras y corresponde a depósitos calcáreos expuestos después de una ligera emersión de la península.

Los sedimentos terciarios se encuentran prácticamente en posición horizontal o con echados muy suaves. Al menos los primeros 120 m corresponden a las calizas masivas recristalizadas, cavernosas de alta permeabilidad, las cuales se encuentran cubriendo margas y calizas prácticamente impermeables que alcanzan profundidades mucho mayores (García y Graniel, 2010).

Existen ciertas interacciones y movimientos de las placas tectónicas norteamericana, del Caribe y de Cocos, que convergen en esta región desde el Oligoceno Tardío; la Placa Norteamericana tiene un movimiento relativo hacia el Oeste respecto a la del Caribe, mientras que la de Cocos se mueve hacia el Noroeste en dirección hacia las dos primeras. Las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes (Padilla y Sánchez, 2007).

Según la nomenclatura de Ferrusquía (1998), el SA se encuentra ubicado en la Provincia Morfotectónica de la Plataforma de Yucatán, que se encuentra entre los paralelos 17° 50'− 21° 30' de latitud Norte y los meridianos 87° 00' –91° 00' de longitud Oeste; incluye los estados de Quintana Roo, Yucatán y la mayor parte de Campeche, así como Belice y el norte de Guatemala, con un área cercana a los 167 600 Km2, casi 8.46% del territorio nacional.

La gran mayoría de la provincia se ubica muy próxima al nivel del mar, y solamente un 5% de su superficie llega a superar los 200 msnm, por lo que forma una vasta planicie. Su plataforma continental se extiende hacia el norte y el oeste, hasta los 92° 30' W y entre los paralelos 22° y 24° N, a lo largo de una línea oblicua, definida a grandes rasgos por las isobatas de 0 a 3000 m bajo el nivel del mar. En contraste, el margen oriental carece de plataforma continental.

La Península de Yucatán se divide en cuatro provincias geomórficas: 1) Zona Costera; 2) Planicie Interior; 3) Cerros y Valles y 4) Cuencas Escalonadas (Figura 40). La zona comprendida por el presente documento corresponde a la Zona Costera que se subdivide en Playas (playas largas y angostas), Áreas de Mareas (lagunas de inundación) y Costera del Caribe (playas rocosas y angostas, costas abruptas) y Cuencas Escalonadas, subdividida en porción Norte y Sur. Las Cuencas Escalonadas se caracterizan geomorfológicamente por la presencia de poco relieve topográfico, corrientes superficiales embrionarias, escaso y discontinuo desarrollo del suelo, estructuras laterales Kársticas de poco crecimiento y abundantes cenotes y dolinas (CONAGUA 1990).

Existen gran cantidad de dolinas, cenotes, microcúpulas kársticas, lagunas y llanuras de inundación, estas últimas con dimensiones de metros hasta kilómetros. La expresión geomorfológica de zona costera, A) playas: se manifiesta hacia la costa este con un lineamiento NE-SW.; como playas angostas y rocosas, playas semicirculares, caletas y manantiales marinos (CONAGUA, 2020).

Según la clasificación de INEGI y el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), de la superficie total del SA definido para el Proyecto, el 66.50% corresponde a calizas Ts(cz), un 19.41% es a caliza sedimentaria Tpl(cz) del sistema terciario, y el suelo restante Q(s) 13.46 % se consideró como material palustre.

Tabla 6. Superficie por tipo de roca en SA.

Tipo de roca	Era geológica	Sistema	Clave geológica	Superficie de incidencia del SA (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Caliza Sedimentaria	Cenozoico	Neógeno	Ts(cz)	961,321,484	66.50
Caliza Sedimentaria	Cenozoico	Terciario	Tpl(cz)	280,645,832	19.41
Suelo	Cenozoico	Cuaternario	Q(s)	194,535,191	13.46
Sin información			SD	9,019,877	0.62
Total				**1,445,522,384**	**100.00**

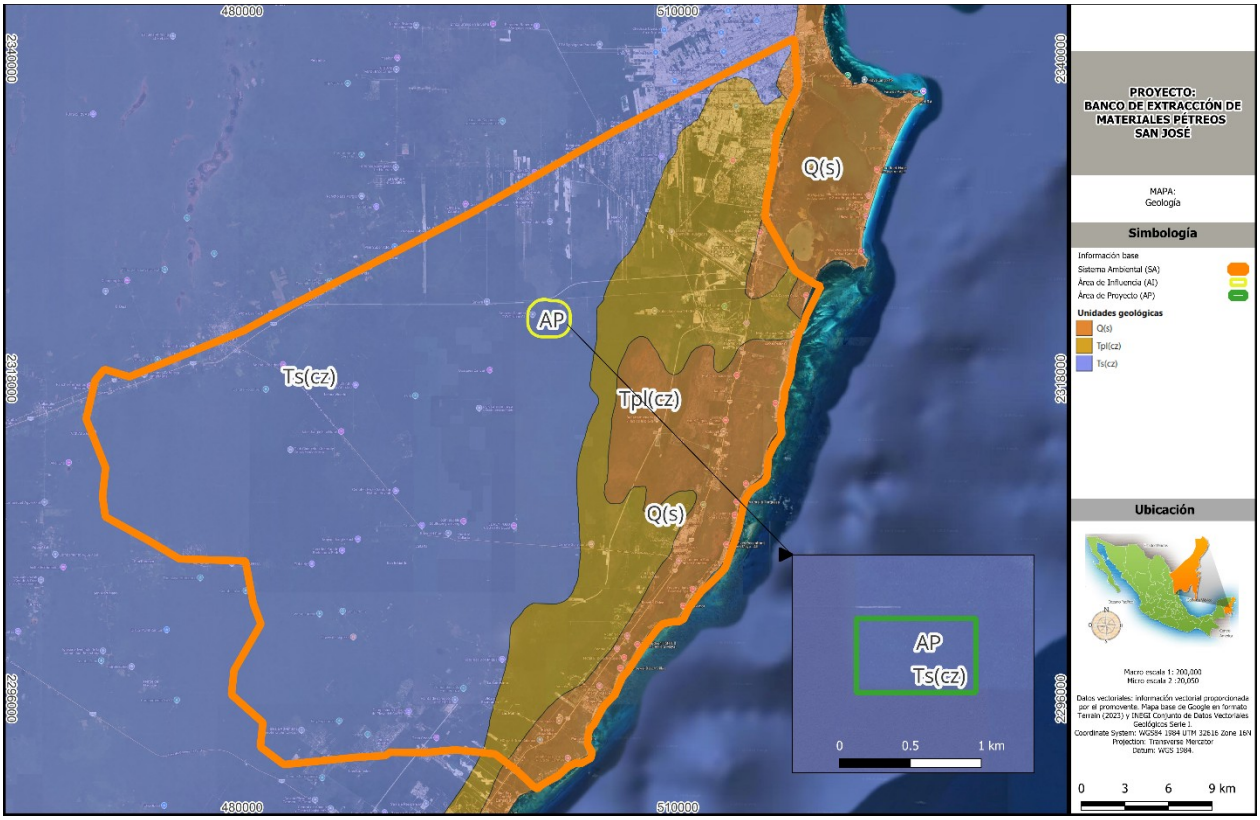


Figura 24. Mapa de geología en el SA.

b.3.) Plataformas geológicas

La somera y amplia plataforma submarina que forma el banco de Yucatán-Campeche, corresponde a la porción de la plataforma masiva carbonatada de la Península. La Península de Yucatán ha sido caracterizada como inclinada de Sur a Norte y limitada sobre sus tres lados, por pendientes continentales y escalonadas que caen bruscamente en las profundidades abisales del Golfo de México. La característica principal es la presencia de arrecifes de coral, alojados en la periferia y la presencia de terrazas sumergidas relacionadas con antiguas líneas de costa.

Una plataforma emergida limitada por las costas dividida por:
Una planicie interior al Norte y al este.
Un área de elevaciones (cerros y lomas) que se extiende hacia el Sur.

La plataforma emergida de la península de Yucatán ha sido descrita como una plataforma masiva de calizas horizontalmente estratificadas y subdividida por varios autores en dos regiones fisiográficas: una planicie al Norte y una región de colinas al Sur que se extiende hasta el Norte de Guatemala. No existe drenaje superficial, toda el agua de lluvia que no se evapora en la superficie del terreno se infiltra a través de las dolinas y de otras aberturas que se encuentran en el terreno rocoso, el suelo se encuentra en pequeños y delgados manchones y como relleno en las fisuras de las rocas. Sin embargo, soporta una vegetación tropical muy densa compuesta de árboles altos, maleza y plantas trepadoras.

La Región queda comprendida en la provincia Fisiográfica denominada “Península de Yucatán”. Debido a sus características, se le denomina “Plataforma Calcárea de Yucatán” la cual se caracteriza por ser una superficie sensiblemente plana, principalmente en la parte Norte de la Península y lomeríos prolongados de gran altura, que constituyen el anticlinal que limita los Estados de Campeche y Quintana Roo.

En el SA existen gran cantidad de dolinas, cenotes, microcúpulas kársticas, lagunas y llanuras de inundación, estas últimas con dimensiones de metros hasta kilómetros, presentando formas circulares, alargadas e irregulares; estas

geoformas están asociadas a un fracturamiento manifestando hacia el área de Cobá, Yuc., el mayor grado de karsticidad, con una orientación muy variada, mientras que hacia la costa se manifiesta un lineamiento NE-SW; en la línea de costa se presentan playas angostas y rocosas, playas semicirculares, caletas y manantiales marinos (CONAGUA, 2020).

b.4.) Fisiografía

El área del SA se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán, en la **subprovincia fisiográfica Carso Yucateco**. El terreno de esta provincia fisiográfica se caracteriza por ser predominantemente plano con intenso desarrollo de karsticidad. Este relieve se debe a la actividad de la disolución por aguas subsuperficiales y subterráneas de rocas solubles como caliza, dolomita, yeso y halita (Bauer et al., 2011), conformando a lo largo del tiempo los sistemas de dolinas (cenotes), cavernas subterráneas y otras formaciones que caracterizan el noreste de la península de Yucatán. En superficie presenta un relieve plano a ligeramente ondulado y semi-ondulado. Su altitud promedio hacia la parte Norte es menor a 50 msnm y en el centro-Sur pueden encontrarse elevaciones de hasta 350 m, correspondientes a la pequeña sierra de Ticul.

A lo largo del área del Proyecto, la geoforma que domina es el relieve kárstico denudativo (donde predominan los efectos de los procesos de meteorización química y erosión en superficie). Esta región se caracteriza por presentar gran diversidad de formas kársticas, con abundante presencia de cenotes. La conformación ondulada del terreno está relacionada con la disgregación de dolinas en diferentes etapas de desarrollo y coincide con la gran diversidad de fracturas. En una parte del terreno se presenta el relieve kárstico acumulativo residual, que se caracteriza por presentar áreas con inundación limitadas por morfoalineamientos que originan depresiones alargadas e irregulares orientadas sensiblemente en dirección Norte-Sur. Finalmente se presenta el sistema costero, en la que domina la costa de inundación, con entrantes y canales regulados por los ascensos relativos del nivel del mar; estas áreas se encuentran colonizados por manglar con estructuras variables. También, dentro del sistema costero, se encuentra el sistema estuario.

Debido a la naturaleza calcárea de la plataforma, solo se encuentran geomorfos de calizas, característicos del sistema kárstico. El sector Norte se presenta un área de llanos fosetados, provisto de numerosas depresiones y fosas (cenotes), que carecen de un drenaje superficial. Hacia el oriente, las zonas costeras son de marismas y tienen arrecifes de coral por el lado del mar. El resto de la plataforma es ligeramente más alto y tiene numerosas lomas bajas y colinas que los llanos fosetados, de los que está separada por un escarpe con rumbo noroeste-sureste.

Tabla 7. Sistema de topoformas dentro del SA.

Topoforma	Superficie de incidencia del SA (m^2)	Superficie de incidencia (%)
N/a	13,030,909	**0.90**
Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salino	5,416,319	**0.38**
Llanura rocosa de piso rocoso o cementado	1,354,672,642	**93.57**
Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado	25,029,895	**1.75**
Playa o barra inundable y salina	15,848	**0.00**
Playa o barra de piso rocoso o cementado	47,356,771	**3.30**
Total	**1,445,522,384**	**100.00**

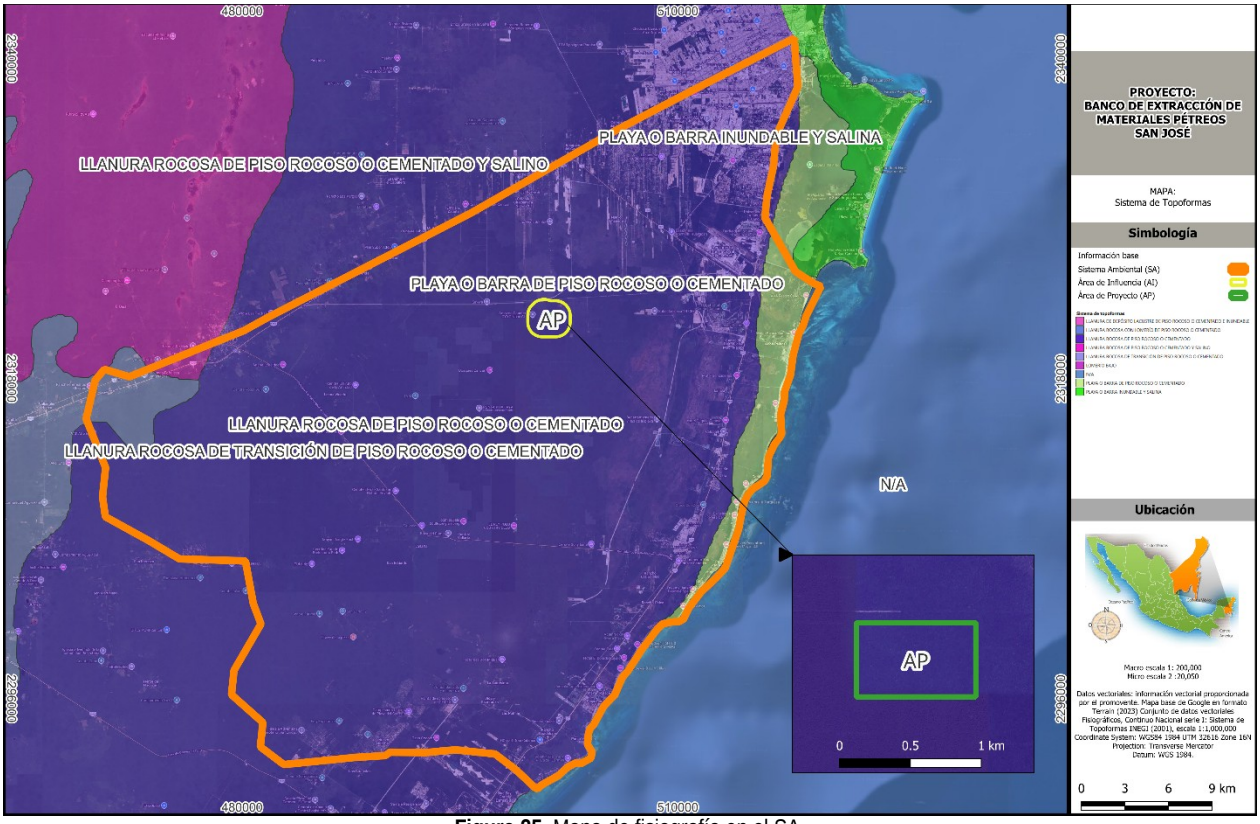


Figura 25. Mapa de fisiografía en el SA.

b.5) Riesgos geológicos y geomorfológicos

- **Fallas y fracturas**

La plataforma de Yucatán está conformada por grandes depósitos de calizas fosilíferas, dolomitas y anhidritas del Mesozoico y Cenozoico, que se encuentran sobre granodioritas de la era Paleozoica profundamente enterradas. Las rocas presentan generalmente buena porosidad y permeabilidad, además de fracturamiento secundario, por condiciones estructurales, que en este zona corresponde a fallas normales por distensión, entre las que encontramos alineamientos inferidos: cerca de la ciudad de Izamal, se encuentra el trazo del Anillo de cenotes; hacia el este, encontramos las expresiones superficiales de las Fracturas de Holbox, siendo los más prominentes los alineamientos El Ideal, San Luis, Agua Azul, Juárez y Tulum, que propician el movimiento de agua subterránea.

De acuerdo la información vectorial del conjunto de datos geológicos serie I de INEGI (2013), dentro del sistema ambiental hay presencia de 5 fracturas al Sur, además fuera del SA se encuentran algunas 4 dolinas al Este del proyecto.

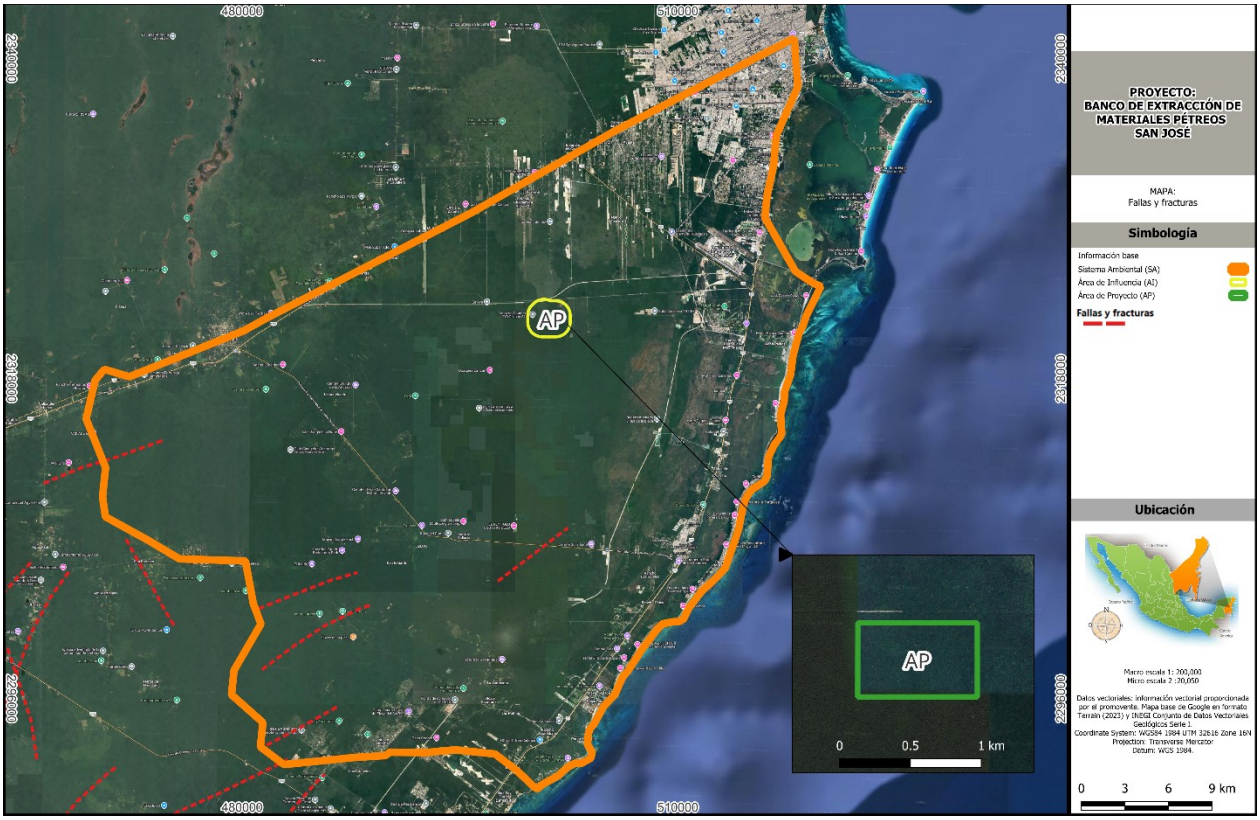


Figura 26. Mapa de fallas y fracturas en el SA.

- **Riesgo por hundimiento**

De acuerdo con el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), se determinó que 43,033,929 m^2 presenta un riesgo de hundimiento por colapso o asentamiento superficial del terreno, lo cual corresponde a un 2.98 % de la totalidad del SA, ubicado principalmente en la parte Este.



Figura 27. Mapa de fallas y fracturas en el SA (tomado de SIGEIA, 2025).

- **Riesgo por subsidencia**

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos (Tomás, et al., 2009). Existen diferencias entre el peligro de subsidencia y colapsos o hundimientos, los cuales se definen como:

1. Subsidencias: descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno.

2. Colapsos o hundimientos: movimientos verticales repentinos del suelo.

El fenómeno natural de subsidencia puede afectar la destrucción física y daños de viviendas, invasión del agua sobre las tierras bajas adyacentes al mar, cambios en el gradiente que afecta al flujo de agua, averías en tuberías de pozos de petróleo y agua, así como perdida y filtraciones de acuíferos. Los mapas geológicos son la mejor herramienta para prever la subsidencia. Para zonas kársticas, como el municipio de Felipe Carrillo Puerto, los factores a considerar para la elaboración de mapas de susceptibilidad y de peligrosidad son la litología, el grado de karstificación, propiedades geomecánicas de los materiales, factores hidrogeológicos y climáticos. La amenaza de subsidencia hacer referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o marina. Es únicamente la manifestación de mecanismos superficiales de deformación. En cuanto a la actuación antrópica, se debe tener en cuenta la situación de labores mineras, características mecánicas de los materiales y las variaciones del nivel freático, como sequía.

La subsidencia del terreno es un riesgo natural que afecta a amplias zonas del territorio causando importantes daños económicos y una gran alarma social. La subsidencia del terreno puede deberse a numerosas causas como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad tectónica.

Todas estas causas se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros durante periodos que varían desde minutos hasta años. Sin embargo, para el municipio de Felipe Carrillo Puerto una subsidencia (hundimiento progresivo de una superficie) no se presentaría por causas de obras subterráneas o galería mineras o la actividad tectónica, ni siquiera por sequía del manto acuífero. Sus mecanismos desencadenantes serían principalmente por: construcciones sobre cavernas y áreas karst donde la precipitación se filtra al subsuelo, pero lluvias abundantes no logran ser drenadas suficientemente rápido.

Conforme al Atlas de **Riesgo del Municipio de Benito Juárez (2018)**, se determinó que dentro del SA abarca **4 zonas de riesgo por subsidencia, de las cuales ninguna incide dentro del AP.**

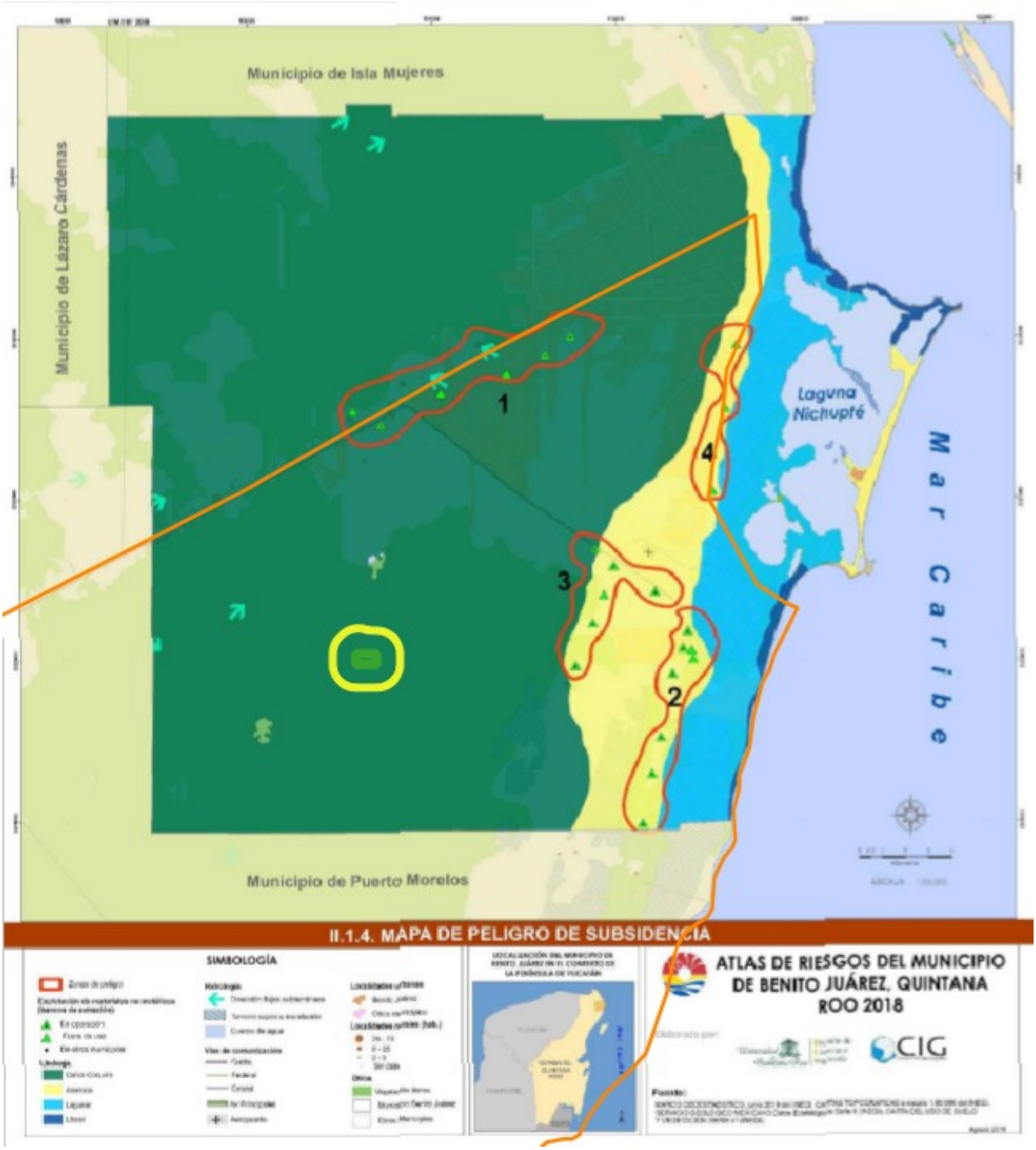


Figura 28. Zonas de riesgo por subsidencia dentro del SA y el AP.

- **Riesgo por agrietamiento**

Una grieta se define como una ruptura longitudinal de las rocas o el hielo, sin desplazamiento de las porciones que separa, las cuales pueden ser de origen tectónico y no tectónico: intemperismo, compactación, desprendimiento, deslizamientos, etc. (Lugo, 2011). Las grietas de desecación (poligonales) se forman al desecarse y compactarse los lodos arcillosos o calcáreos ricos en agua de infiltración, es decir, el suelo se compacta al perder agua y humedad en los periodos de sequía, afectando principalmente a suelos arcillosos, dando lugar a grietas de hasta 4 cm de anchura y 1 m de profundidad. Lo anterior se asocia con la práctica de la extracción excesiva de agua del subsuelo, ya sea para uso agrícola, industrial o de agua potable. De la misma forma, se asocia también con la litología aluvial, palustre y lacustre o proximidades de los ríos, lagos, lagunas o esteros.

Sin embargo, gracias a la abundante precipitación pluvial y a las características topográficas y geológicas del estado de Quintana Roo, el volumen renovable del acuífero es superior a las demandas generadas en todos los usos, inclusive las esperadas a mediano y largo plazo (CONAGUA, 2015). Por lo que el municipio de Felipe Carrillo Puerto cuenta con disponibilidad de agua subterránea. Las grietas, también pueden producirse por sismos, su estudio se emplea para evaluar las características e intensidad de los eventos. Por su parte, las grietas que se producen por eventos volcánicos también han sido motivo de estudio, pues ellas dan indicio de características de los flujos y de los materiales que los conforman, además resulta indispensable considerarlas en los mapas de amenaza volcánica. Si la dislocación no presenta movimiento aparente, se considera fractura o grieta, sin embargo, cuando se tiene registro de movimiento horizontal y/o vertical se considera falla.

De acuerdo con lo anterior, la naturaleza geológica y el proceso hidrológico, son claves para el desarrollo del agrietamiento. Los depósitos aluviales son el lugar idóneo para la ocurrencia de esfuerzos horizontales (sin naturaleza tectónica). La importancia de este tipo de procesos dentro del terreno municipal radica en que la grietas (fracturas), generalmente discontinuas, facilitan la filtración de agua aumentando la formación de cavernas que vulneran el terreno produciendo condiciones propicias para el hundimiento o colapso del suelo.

Conforme al **Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez (2018)**, se determinó que dentro del SA se presentan **4 zonas de peligro por agrietamiento, de las cuales ninguna presenta incidencia dentro del AP.**

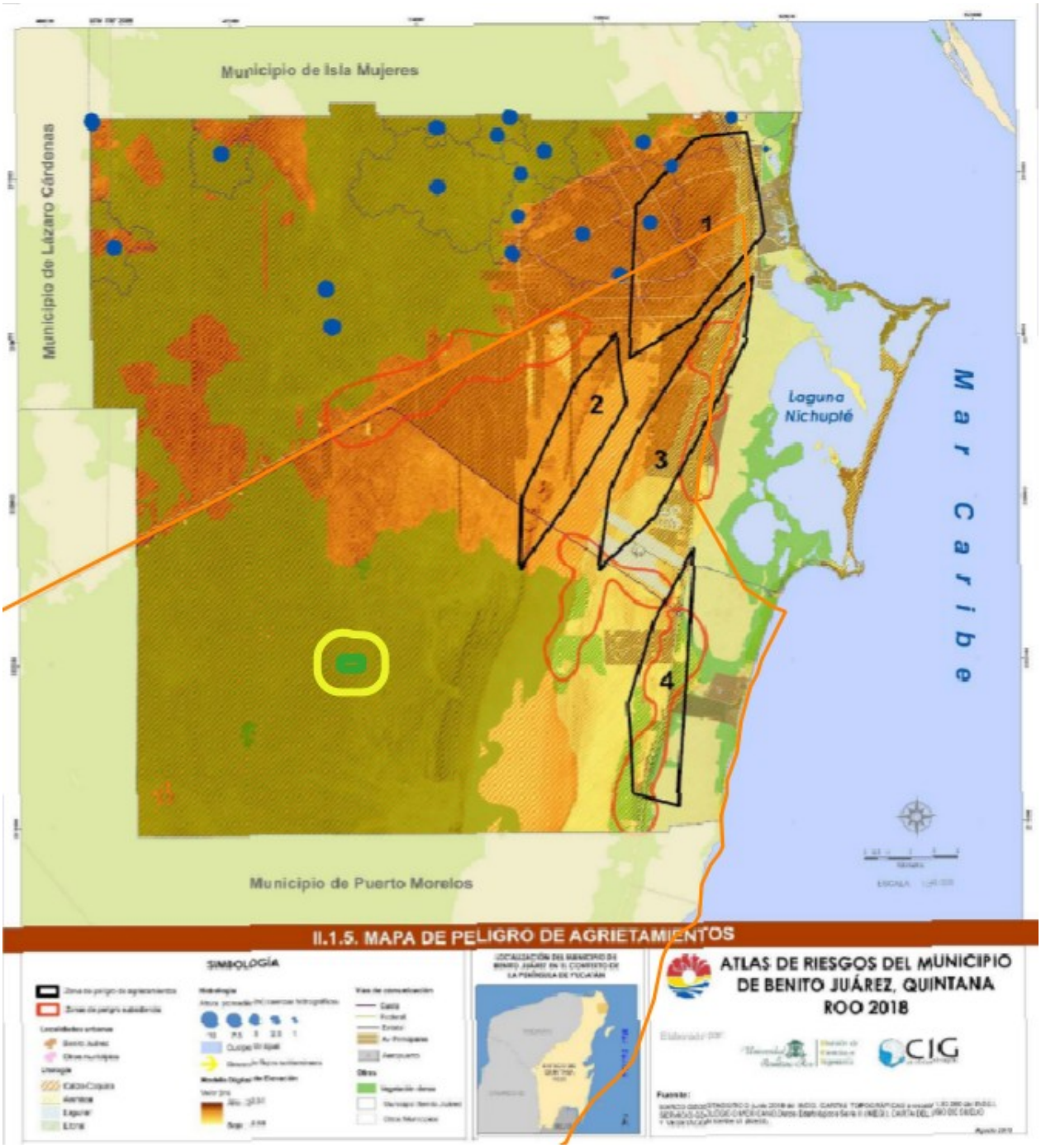


Figura 29. Zonas de riesgo por agrietamiento dentro del SA y el AP.

- **Riesgo por disolución kárstica**

En la península de Yucatán se presentan tres zonas de riesgo críticas: una sobre la proyección superficial del cráter de Chicxulub, denominado anillo de cenotes; la segunda en una zona de alta densidad kárstica entre Valladolid y X-Can; y la tercera, en el lineamiento de Tulum cerca de Leona Vicario, con alta densidad de cenotes y dolinas. De acuerdo con el atlas de riesgo del estado de Yucatán entorno urbano de la ciudad se encuentra precisamente entre relieve de transición kárstica de conos y domos (etapa paleogénica) al Sur (Miembro Pisté) y planicies extendidas del Norte. Así se presentan lomeríos aislados que conforman subcuencas con divisorias de aguas incompletas que captan los flujos de agua pluvial durante la época de lluvias y planicies bajas limo arcillosas y rocosas que acumulan el agua en condiciones de lluvia extrema. Los lomeríos son en realidad pliegues bloque con dirección WNW-ESE compuesto por calizas masivas o de estratos delgados con echados subhorizontales de 2º al pie de ladera, 10º sobre los flancos y 15º sobre las pendientes más pronunciadas. Son el resultado de levantamientos eustáticos que permitieron la emersión de planicies estructurales y superficies de nivelación a diferentes niveles altitudinales de 7,14, 30, 40 y 60m y pendientes agrupadas en rangos de 20 y 40%. Por otra parte, de acuerdo con el Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (2018) a continuación, se describen los riesgos reconocibles de acuerdo con este instrumento.

Al analizar la ubicación del **AP respecto a hundimientos y karstificación de encuentra en una zona calificada de riesgo bajo**, teniendo al Oeste del SA las zonas identificadas con riesgo alto y muy alto, por lo que este riesgo se considera de menor importancia para el proyecto.

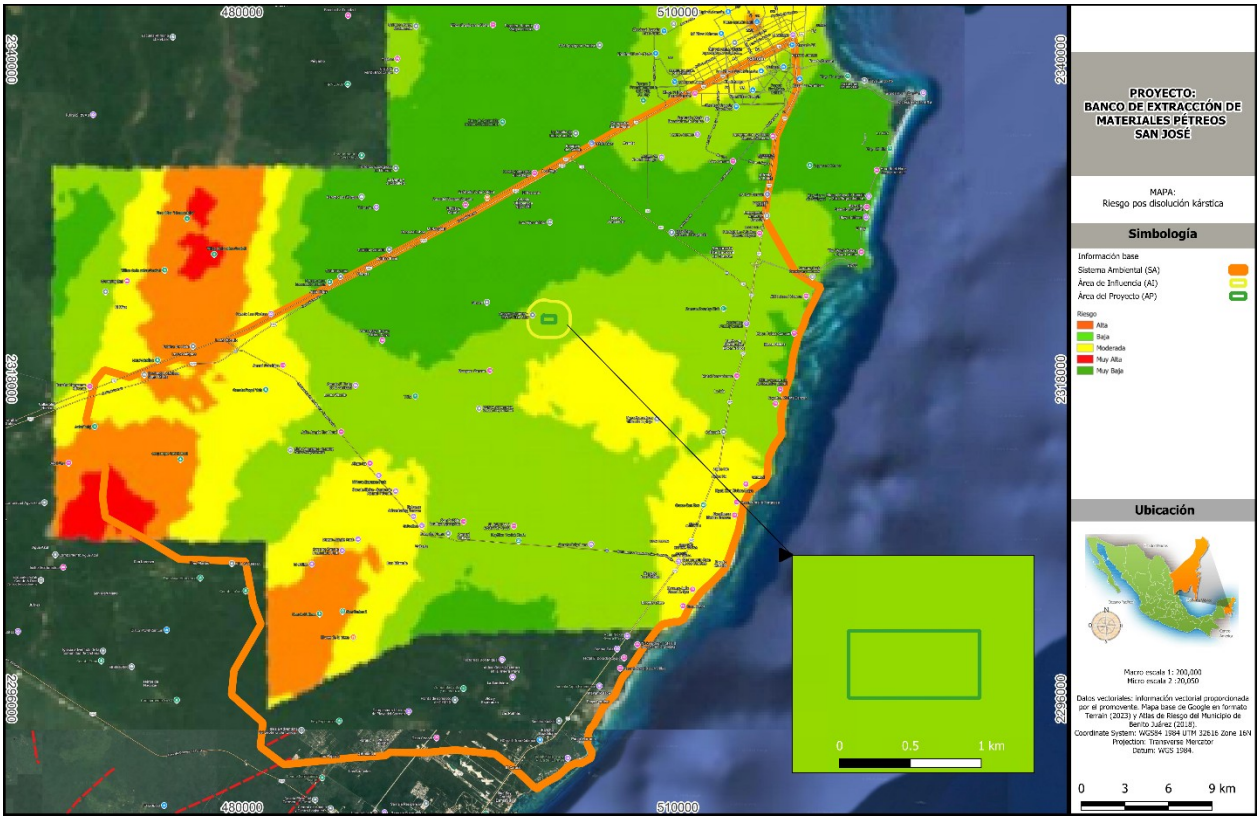


Figura 30. Zonas de riesgo por disolución kárstica dentro del SA y el AP.

c) <u>Suelos</u>

Para realizar la descripción de los suelos del SA localizado en la porción Norte de la península de Yucatán se tomó como referencia el Conjunto de Datos Vectorial Edafológicos, escala 1:250 000 Serie II (INEGI, 2013), actualizado durante el período 2002 -2006. En el área del SA se encuentran presentes cuatro unidades de suelo: Arenosol (AR), Histosol (HS), Leptosol (LP) y Solonchak (SC). De estos, el Leptosol representa la mayor superficie (88.04%), seguido del Solonchak (9.16%), el Histosol (0.37%) y el Arenosol (0.66 %). El resto de la superficie del SA lo completan los cuerpos de agua y los asentamientos urbanos y rurales (localidades).

Tabla 8. Grupos edafológicos dentro del SA.

Tipo de suelo	Clasificador	Clave edafológica	Superficie de incidencia del SA (m^2)	Porcentaje de incidencia (%)
Arenosol (ar)	Calcárico (ca)	Arcaso+scarso/1	9,446,726	0.66
H2o	Na	H2O	115,123	0.01
Histosol (hs)	Hiperéutrico (euh)	Hseuhfo+glhum+lphuli/3r	5,366,073	0.38
Leptosol (lp)	Húmico (hu)	Lphuli+lvhulep+lphurz/2	488,115,715	33.77
	Húmico (hu)	Lphurz+cmhulen/3	447,996	0.04
	Húmico (hu)	Lphurz+lphuli/2	4,780,887	0.34
	Húmico (hu)	Lphuli+lphurz+phlep/2r	521,972,936	36.21
	Húmico (hu)	Lphurz+lphuli+phchlep/2	253,785,781	17.61
Solonchak (sc)	Arénico (ar)	Scarso+glszwso+lphurz/1	43,243,136	3.00
	Gléyico (gl)	Scglsoh+glhum+lphuli/2	12,107,346	0.84
	Gléyico (gl)	Scglso+glszwhu+lphurz/2	28,047,977	1.95
	Gléyico (gl)	Scglsoh+glszwhu+lphurz/2	33,474,209	2.32
	No	Scha+areuh/1	15,220,538	1.06
Zu	Suelo urbano	Zu	16,184,258	1.12
Sin información en vector		Sd	13,213,683	0.92
Total			**1,445,522,384**	**100**

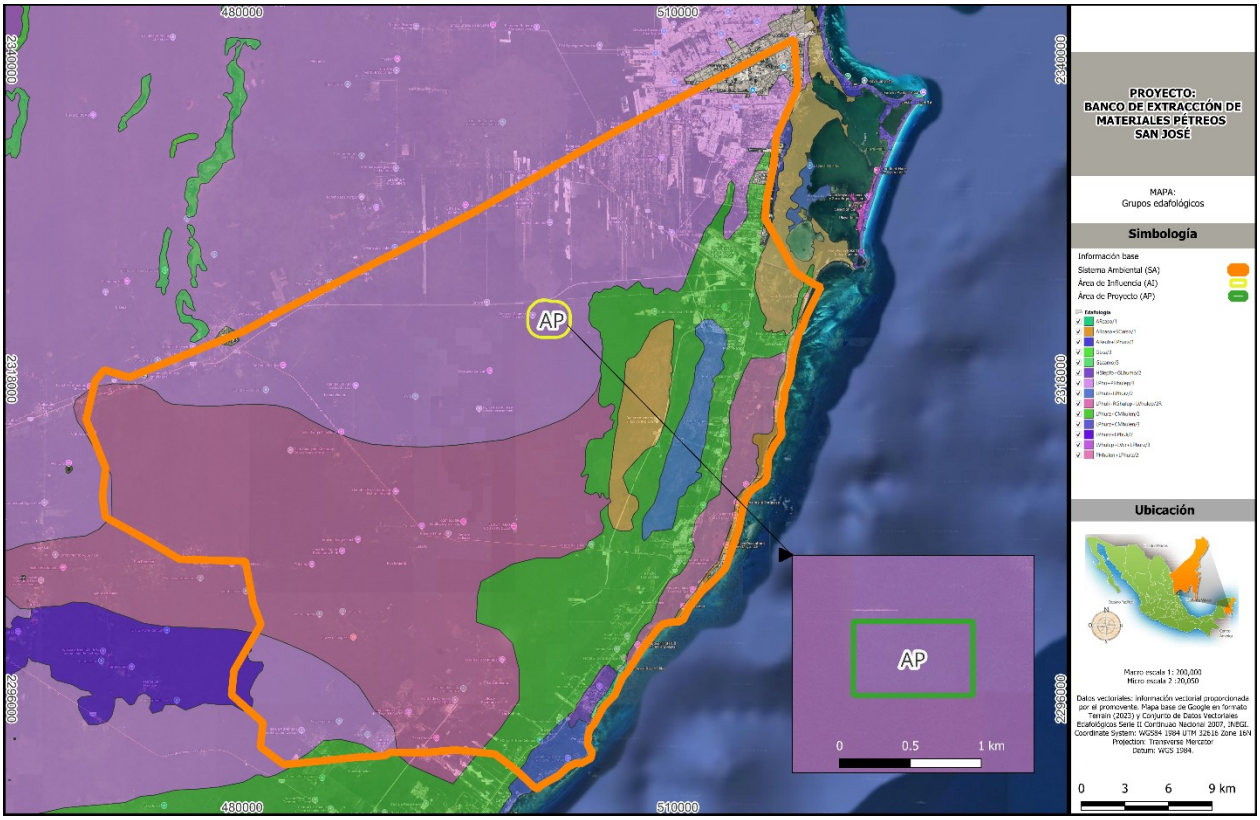


Figura 16. Mapa de grupos edafológicos en el SA.

Descripción de los grupos edafológicos del SA

- **Arenosol (AR)**

Los Arenosols comprenden suelos profundos. Esto incluye suelos de arenas residuales después de la meteorización in situ de sedimentos o rocas generalmente ricos en cuarzo. También incluye suelos de arenas recientemente depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas. Suelos semejantes en otros sistemas de clasificación incluyen Psamments (Estados Unidos de América), Sols minéraux bruts y Sols peu évolués (Francia), Arenic Rudosols /Tenosols (Australia) Psammozems (Rusia) y Neossolos (Brásil).

- **Histosol (HS)**

Los Histosols comprenden suelos formados en material orgánico acumulado como turba de agua freática (pantano), turba de agua de lluvia (turbera), manglares o en áreas frías montañosas sin saturación de agua. Estos varían desde suelos desarrollados predominantemente en turba de musgo en regiones árticas, subárticas y boreales, a turba de musgo (Sphagnum spp.), turba de juncos/cañas (pantano) y turba de bosque en regiones templadas hasta turba de manglar y turba de bosque pantanoso en los trópicos húmedos.

Los Histosols se encuentran en todas las altitudes, pero la gran mayoría aparecen en tierras bajas. Los nombres comunes son Peat soils, Muck soils, Bog soils, y Suelos orgánicos. Muchos Histosols pertenecen a Moore, Feshumusböden y Skeletthumusböden (Alemania), Organosols (Australia), Organossolos (Brasil), Peat soils (Rusia), Organic order (Canadá), Histosols e Histels (Estados Unidos de América).de agua freática (pantano), turba de agua de lluvia (turbera), manglares o en áreas frías montañosas sin saturación de agua. Estos varían desde suelos desarrollados predominantemente en turba de musgo en regiones árticas, subárticas y boreales, a turba de musgo (Sphagnum spp.), turba de juncos/cañas (pantano) y turba de bosque en regiones templadas hasta turba de manglar y turba de bosque pantanoso en los trópicos húmedos. Los Histosols se encuentran en todas las altitudes, pero la gran mayoría aparecen en tierras bajas. Los nombres comunes son Peat soils, Muck soils, Bog soils, y Suelos orgánicos. Muchos Histosols pertenecen a Moore, Feshumusböden y Skeletthumusböden (Alemania), Organosols (Australia), Organossolos (Brasil), Peat soils (Rusia), Organic order (Canadá), Histosols e Histels (Estados Unidos de América).

- **Leptosols (LP)**

Los Leptosols comprenden suelos muy delgados sobre roca continua y suelos que son extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Son particularmente comunes en regiones montañosas. Los Leptosols incluyen a los Lithosols del Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1971-1981), Subgrupos Lithic del orden Entisol (Estados Unidos de América), Leptic Rudosols o Tenosols (Australia), y Petrozems (Rusia). En muchos sistemas nacionales y en el Mapa de Suelos del Mundo, los Leptosols sobre rocas calizas pertenecen a la Rendzinas y sobre otras rocas a los Rankers. La roca continua en la superficie se considera no-suelo en muchos sistemas de clasificación de suelos.

- **Solonchak (SC)**

Los Solonchaks tienen una alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Estos suelos se encuentran esencialmente en las zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas. Nombres internacionales comunes son Saline soils y salt affected soil. En sistemas de clasificación de suelo nacionales, muchos Solonchaks pertenecen a Halomorphic soil (Rusia), Halosols (china) y Sailds (Estados Unidos de América).

- **Zona Urbana ZU o Tecnosoles**

Los tecnosoles comprenden un nuevo Grupo de Suelos de Referencia (GSR) y que aglutina los suelos cuyas propiedades se encuentran originadas por un origen técnico. Contienen una cantidad significativa de artefactos (algo en el suelo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el hombre), o están sellados por roca dura técnica (material duro creado por el hombre, que tiene propiedades diferentes a la roca natural). Incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre. Los tecnosoles son frecuentemente referidos como suelos urbanos o de minas. Se reconocen en el nuevo sistema ruso de clasificación de suelos como Formaciones Tecnogénicas Superficiales.

c.1) Degradación del suelo

Asimismo, dentro del SA delimitado para este proyecto se determinó que los procesos de degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica suelen ser calificados como **ligeros** a razón de las actividades agrícolas y tanto la deforestación como la remoción de la

vegetación. No obstante, estos alcanzan apenas un porcentaje de cobertura del 0.19 %, mientras que también se identificó **degradación extrema con un 1.38 %** a razón de los núcleos urbanos ya establecidos en el norte de este SA.

Tabla 9. Degradación del suelo dentro del SA.

Tipo	Grado	Causa	m^2	% respecto al SA
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Deforestación y remoción de vegetación	2712221.7596	0.19
Degradación física por pérdida de la función productiva	Extremo	Urbanización	19972474.7878	1.38

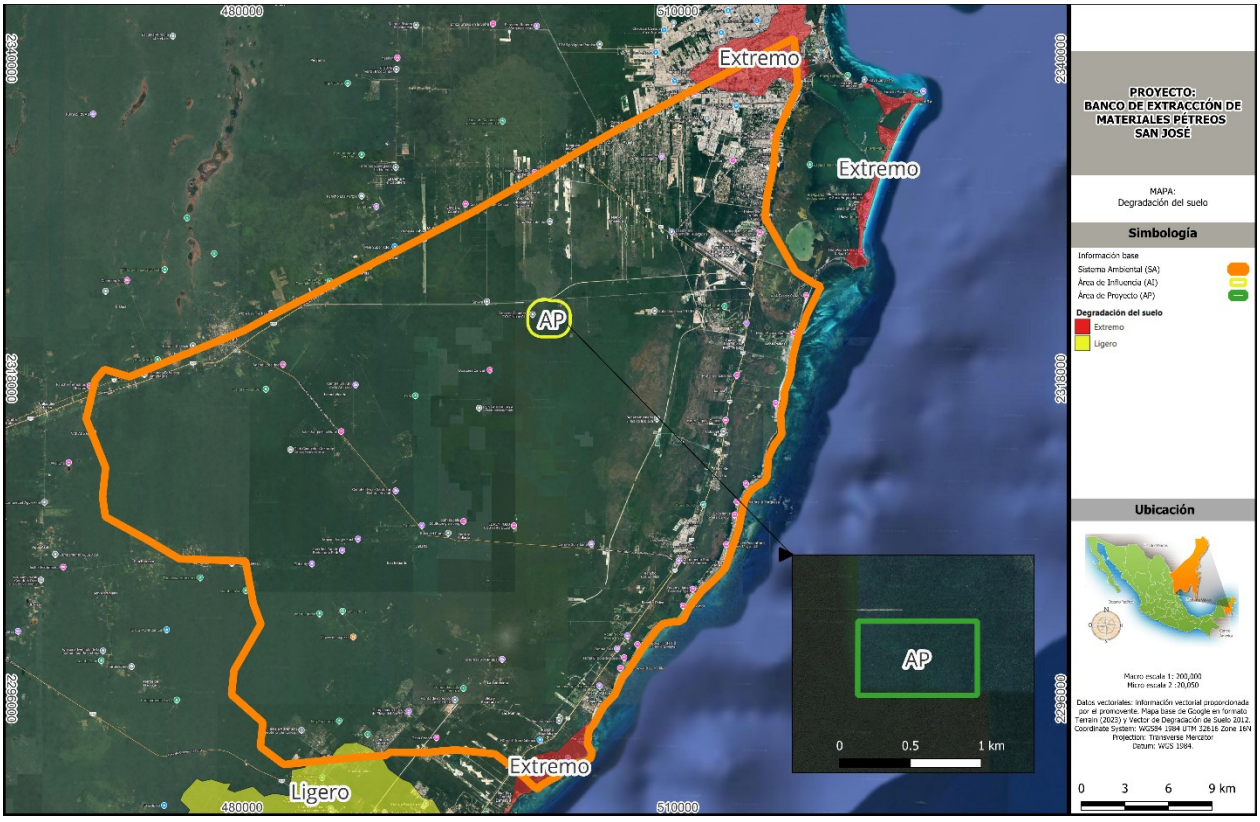


Figura 31. Degradación del suelo dentro del SA.

c.2) Erosión del suelo

Asimismo, dentro del SA delimitado para este proyecto se determinó que el tipo de **erosión laminar de grado leve** con un 0.04 %, por lo que la erosión laminar por el factor hídrica es casi nula dentro del SA.

Tabla 10. Degradación del suelo dentro del SA.

Clave de erosión	Tipo de erosión	m^2	%
HL1	Laminar Grado Leve	57,820,895.36	0.04

Laminar Grado Leve (HL1). La pérdida de suelo es poco apreciable, con alguna de las siguientes evidencias: encostramiento, capas delgadas de partículas de diferentes tamaños (arena, gravas) dispuestas sobre la superficie, pequeños montículos, no existen remontantes o su formación es muy incipiente, manchones sobresalientes de vegetación, indicios de actividad agropecuaria, canalillos y algún grado perceptible de compactación.

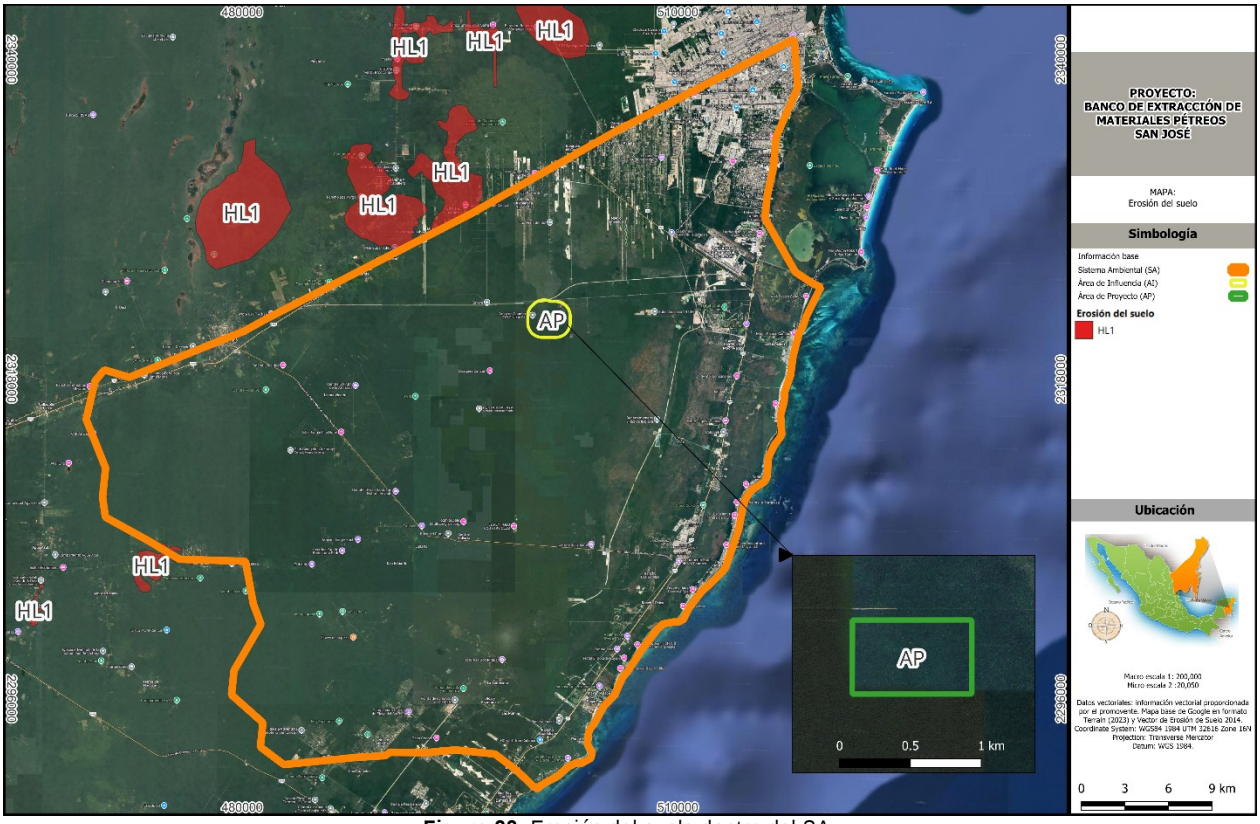


Figura 32. Erosión del suelo dentro del SA.

d) Hidrología

El proyecto se encuentra ubicado en una zona con una moderada precipitación pluvial, aunada a la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea, por lo que prácticamente toda el área funciona como zona de recarga propiciando que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido. A continuación, se mencionan aspectos particulares del proyecto analizada con base en las aguas superficiales y subterráneas, así como en los aspectos de calidad del agua.

d.1.) Hidrología superficial

El SA se ubica en la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHA-XII), que comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, la RHA-XII está hidrológicamente conformada por las Regiones Hidrológicas (RH) 30, 31, 32 y 33 en las cuales los parteaguas de sus microcuencas quedan incluidos en los límites políticos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche.

Asimismo, el área del proyecto (AP) incluye su totalidad al interior de la Región Hidrológica No. 32 Yucatán-Norte (RH32). La RH32 Yucatán Norte (Yucatán) que se divide en cuenca A Quintana Roo y cuenca B Yucatán, en esta primera es dentro de la cual se ubica el SA y el AP en solicitud. Las únicas aguas superficiales de importancia de la Península de Yucatán son los ríos Palizada, Candelaria y Champotón, en el estado de Campeche, y el Hondo, en Quintana Roo; otros escurrimientos son los ríos Chumpán y Mamantel en Campeche, y el arroyo Ucum o río Escondido, en Quintana Roo. En el resto de la Región los arroyos superficiales son intermitentes, funcionan solamente cuando tienen suficiente carga hidráulica y normalmente descargan en sumideros.

- ***Región hidrológica No. 32 Yucatán Norte (Yucatán)***

La RH32 abarca parte de los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, comprende una extensión total de 56 443 km^2; en el estado comprende las porciones centro, este y Norte, cubre un área que equivale a 94.67%, sus límites son: al Norte el Golfo de México, al Este Quintana Roo, al Sur la RH33 y al Oeste Campeche y el Golfo de México.

Cuenca A Quintana Roo

Se ubica al Noreste del estado, limita al Norte con el Golfo de México y Oeste con la cuenca B de la RH32, al Este con el Mar Caribe y al Sur la cuenca B de la RH33.

La temperatura media anual es de 26° C, la precipitación media anual varía de 1 100 a 1 500 mm; el escurrimiento superficial tiene un rango de 0 a 5%, y como ocurre en casi todo el estado no existen corrientes superficiales en esta porción por las características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, no existen cuerpos de agua de gran importancia.

Cuenca B Yucatán

La mayor parte de esta cuenca se encuentra dentro del estado de Yucatán, localizada en toda la parte centro y Norte de este, ocupa una extensión que representa 89.57% de la superficie estatal; colinda al Norte con el Golfo de México, al este con la cuenca A (RH32) y con Quintana Roo, al Sur con la RH33 y al Oeste con el Golfo de México y el estado de Campeche. Tiene una temperatura media anual de 26° C, una precipitación media anual que varía de 500 a 1 500 mm y un escurrimiento superficial con rango de 0 a 5%, a excepción de las costas y en algunas porciones al Suroeste del estado donde varía de 5 a 10%, debido a la presencia de arcillas y limos en el primer caso y de suelos residuales en el segundo.

Los únicos cuerpos de agua superficiales son las lagunas que se encuentran junto al cordón litoral como la Rosada y Flamingos; los esteros Celestún, Yucalpetén y Río Lagartos y algunas aguadas distribuidas en toda la cuenca.



Figura 33. Regiones Hidrológicas dentro del SA.

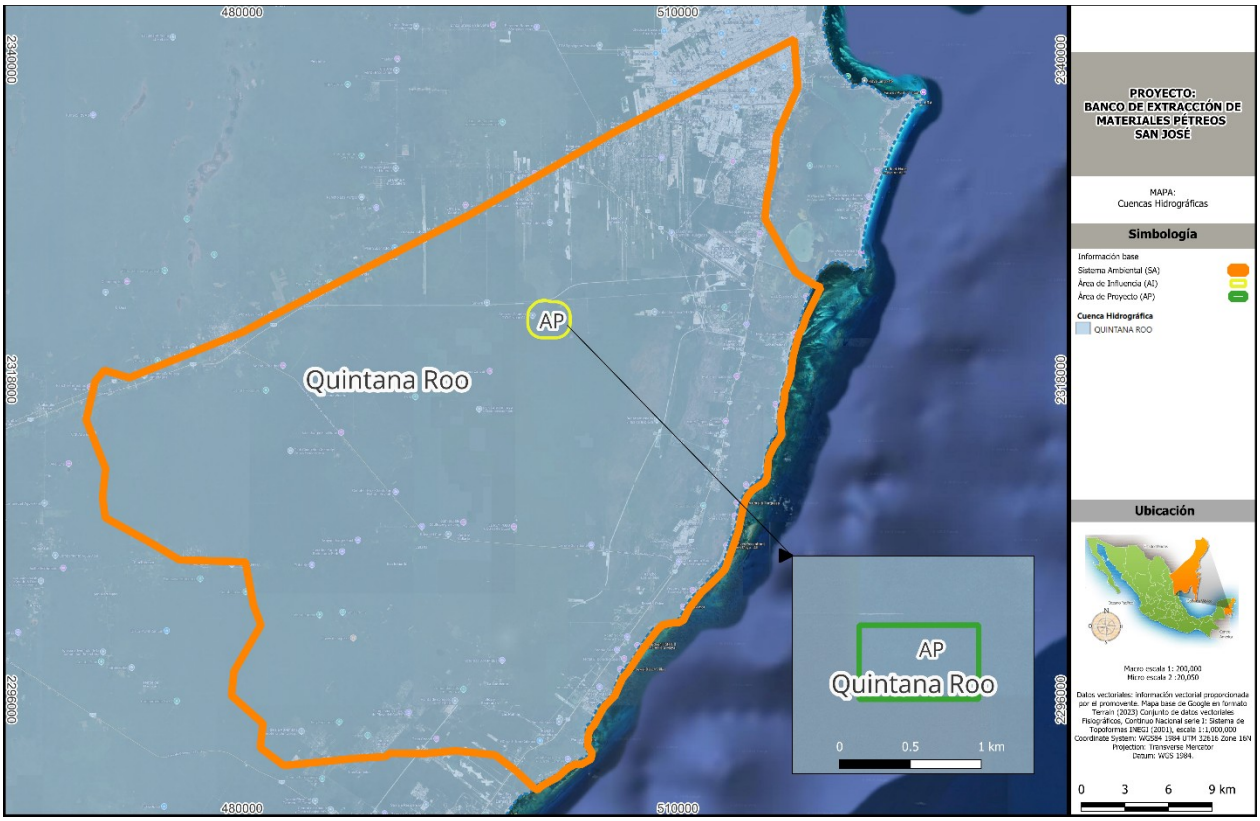


Figura 34. Cuencas dentro del SA.



Figura 35. Subcuencas dentro del SA.

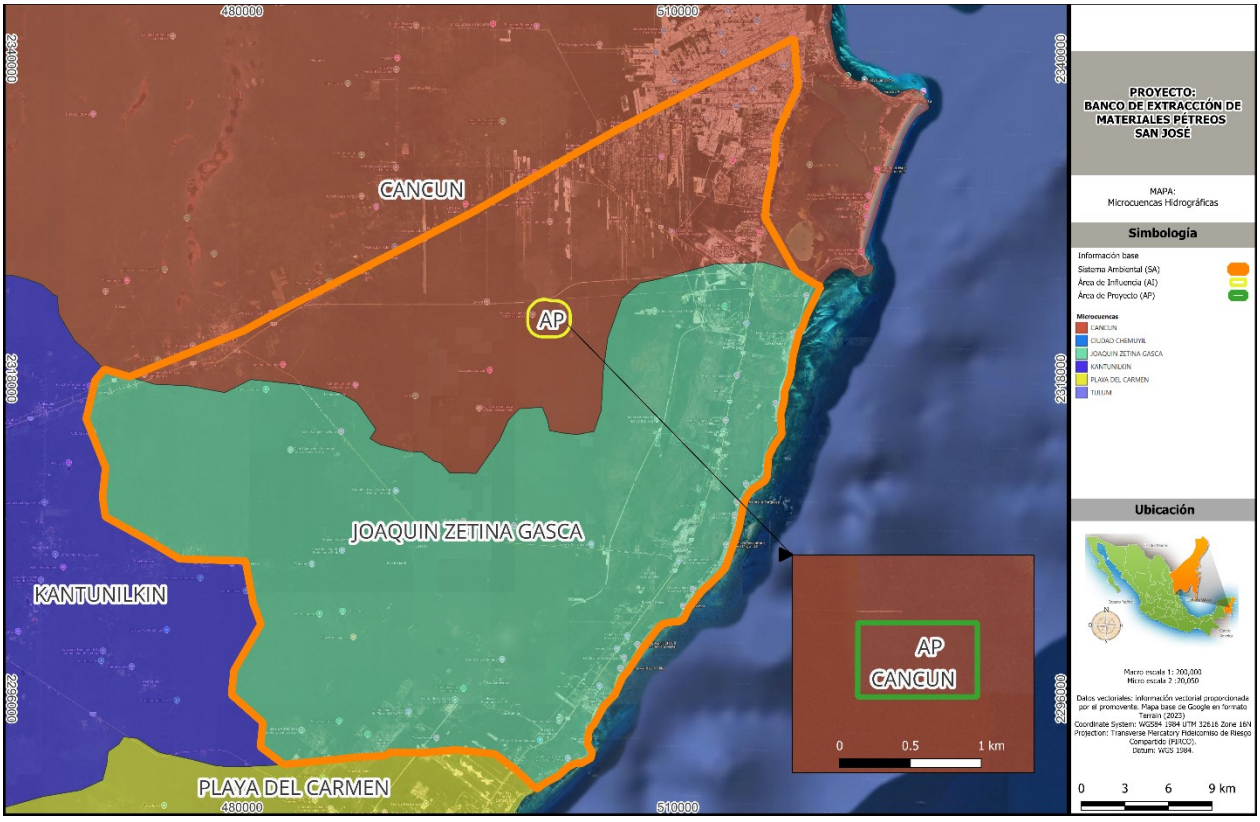


Figura 36. Microcuencas dentro del SA.

- **Cuerpos de agua superficiales**

Por otra parte, de acuerdo con el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGIA), dentro del SA se presentan **5 cuerpos de agua superficiales:** arrecifes y bajos con un 0.89 % de incidencia, un cenote con un 0.004 %, un claro con un 0.02 %, un cuerpo de agua permanente con un 0.02 % y una zona sujeta a inundación con un 4.71 %, que en su conjunto acumulan alrededor de un 6 % de ocupación dentro del Sistema Ambiental (SA).

Tabla 11. Cuerpos de agua superficiales dentro del SA.

Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m^2)	Porcentaje (%) respecto al SA
Arrecifes y bajos	12,795,058	0.89
Cenote	51,619	0.004
Claro	323,014	0.02
Cuerpos de agua permanente	260,298	0.02
Zona sujeta a inundación	68,093,063	4.71

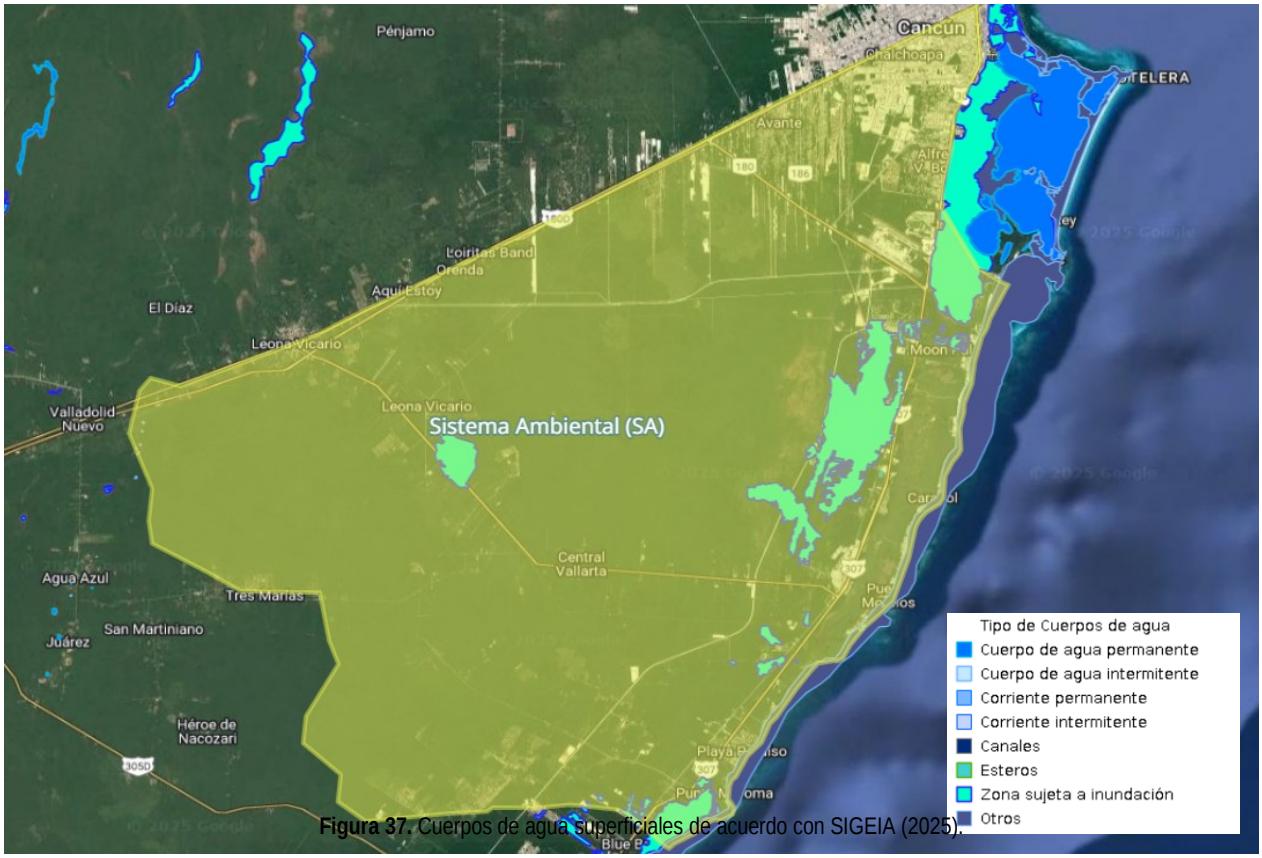


Figura 37. Cuerpos de agua superficiales de acuerdo con SIGEIA (2025).

d.2.) Hidrología subterránea

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano, la hidrogeología trata del estudio integral del agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en el marco de la geología regional, mientras que la geohidrología se encarga de estudiar el comportamiento del agua en el ambiente geológico según las leyes de la hidráulica. Comprende la hidráulica de pozos, es decir de perforaciones para obtener agua con diferentes fines y el control de su comportamiento en el entorno, según el tipo de material perforado. El abastecimiento de agua dulce en México proviene principalmente del subsuelo, más del 70% del recurso utilizado en la ciudades, industrias y actividades agrícolas es de origen subterráneo (Hatch, 2018).

Para el ordenamiento y gestión del agua subterránea en México, se ha delimitado un total de 653 delimitaciones territoriales administrativas comúnmente llamados Acuíferos, la división geográfica no obedece al confinamiento natural del agua subterránea. El conocimiento real de los acuíferos permite una visión regional de la estructura dinámica en los flujos: áreas de recarga, tránsito y puntos de descarga (Cubas *et al.,* 2017; Hatch, 2018).

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, acuífero se define como cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso y aprovechamiento, y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

En la Península de Yucatán, existen dos tipos de acuíferos:

> **Acuífero Miocénico:** Esta unidad acuífera se caracteriza por: alta permeabilidad y transmisividad, poca carga hidráulica, nivel freático estable y dirección de flujo radial desde el área de recarga hacia las costas.
>
> **Acuífero Eocénico:** Los depósitos calcáreos y evaporíticos de Eoceno-Paleoceno forman una unidad hidrogeológica con alta permeabilidad y un acuífero kárstico regional cuya distribución superficial la constituye la provincia geomórfica III. Esta unidad presenta subdivisiones hidrogeológicas, aunque contiene varios acuíferos colgados de carácter local. Su nivel freático es profundo (60 a 100 m) y estable, y en los acuíferos colgados, somero y variable.

En el SA se localiza en el acuífero Miocénico, próximo a la costa, donde las componentes principales del flujo subterráneo descargan en el mar sobre la cara de la playa.

La configuración de profundidad al nivel estático en el año 2019 muestra valores que variaban de 2 a 100 m. Las menores profundidades, de 2 a 5 m, se registraron en la costa del acuífero Península de Yucatán. Los niveles más profundos, de 40 a 100 m, se presentan entre las localidades de San Francisco Suc Tuc y Hopelchén.

Las variaciones naturales en la disponibilidad del agua pueden deberse tanto a los efectos de la estacionalidad que está regida primordialmente por los eventos de precipitación pluvial, como a variaciones en la distribución espacial y disponibilidad del agua que es dependiente de la profundidad y el tipo de suelo. En la Península de Yucatán existen 4 unidades hidrogeológicas o acuíferos (Cerros y valles, Isla de Cozumel, Xpujil y Península de Yucatán), las cuales funcionan como un acuífero regional con características hidráulicas muy diferentes.

El proyecto se encuentra inmerso dentro del acuífero denominado Península de Yucatán que comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y el estado de Campeche exceptuando el municipio de Palizada, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 18 de mayo de 1998 y modificado el 18 de enero de 1999, en los cuales se listan los municipios de la circunscripción territorial de la Gerencia Regional de la Península de Yucatán, lo que le asigna una superficie total de 139,451.30 km^2.

Según la actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero Península de Yucatán, estado de Yucatán; el acuífero tiene una recarga total de 14,931.8 (hm^3/año) con una descarga anual comprometida DNC de 7,686.8 (hm^3/año), presentado un Volumen de extracción de aguas subterráneas VEAS 5,185.36 (hm^3/año), teniendo una Disponibilidad media anual de agua subterránea positiva DMA de 2,059.63(hm^3/año).

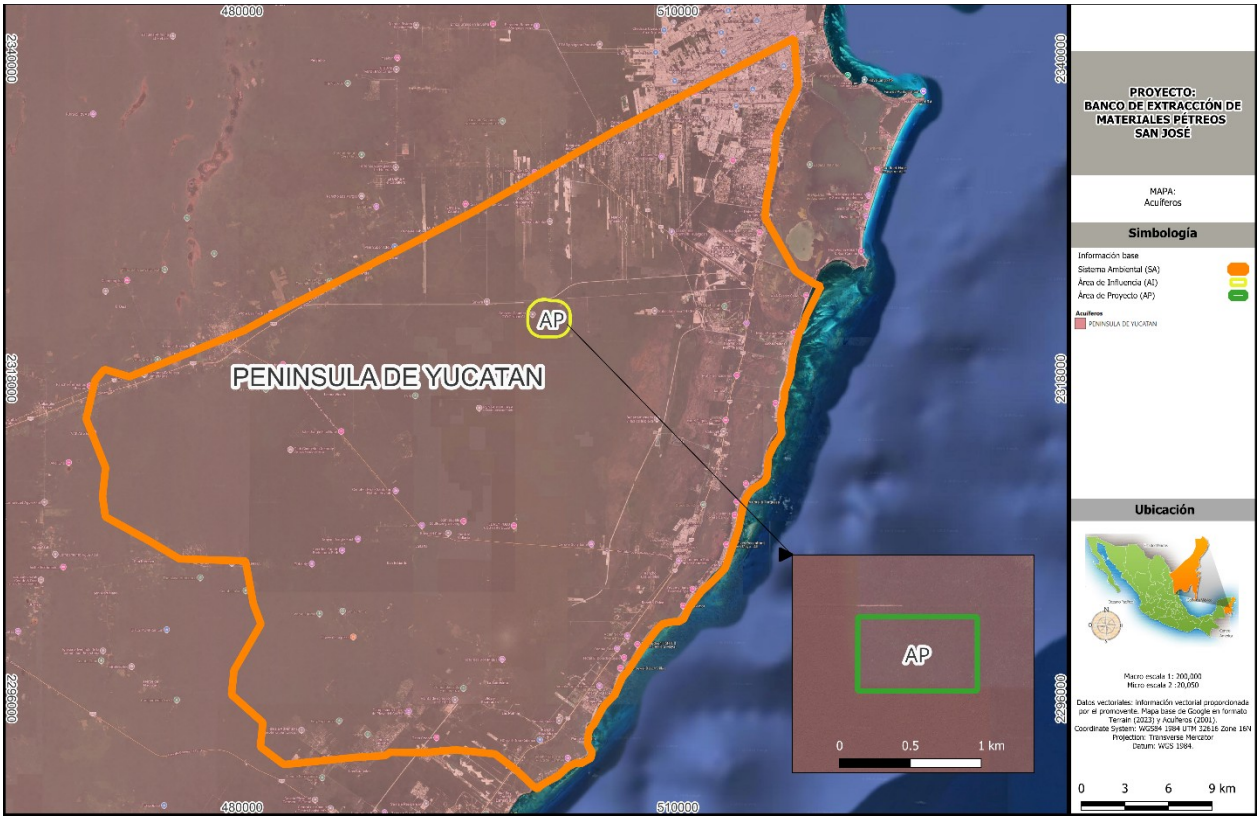


Figura 38. Acuífero en el que se inserta el SA.

d.3) Riesgo por inundación

De acuerdo con el análisis vectorial de la CENAPRED (2012), se identificó que dentro del SA y el AP, el grado de riesgo por inundación (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es considerado **MUY BAJO y en una pequeña fracción de la parte suroeste se considera ALTO**, mientras que el grado de peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) de inundaciones en caso de presentarse dentro del SA es considerado como MEDIO a **ALTO**.

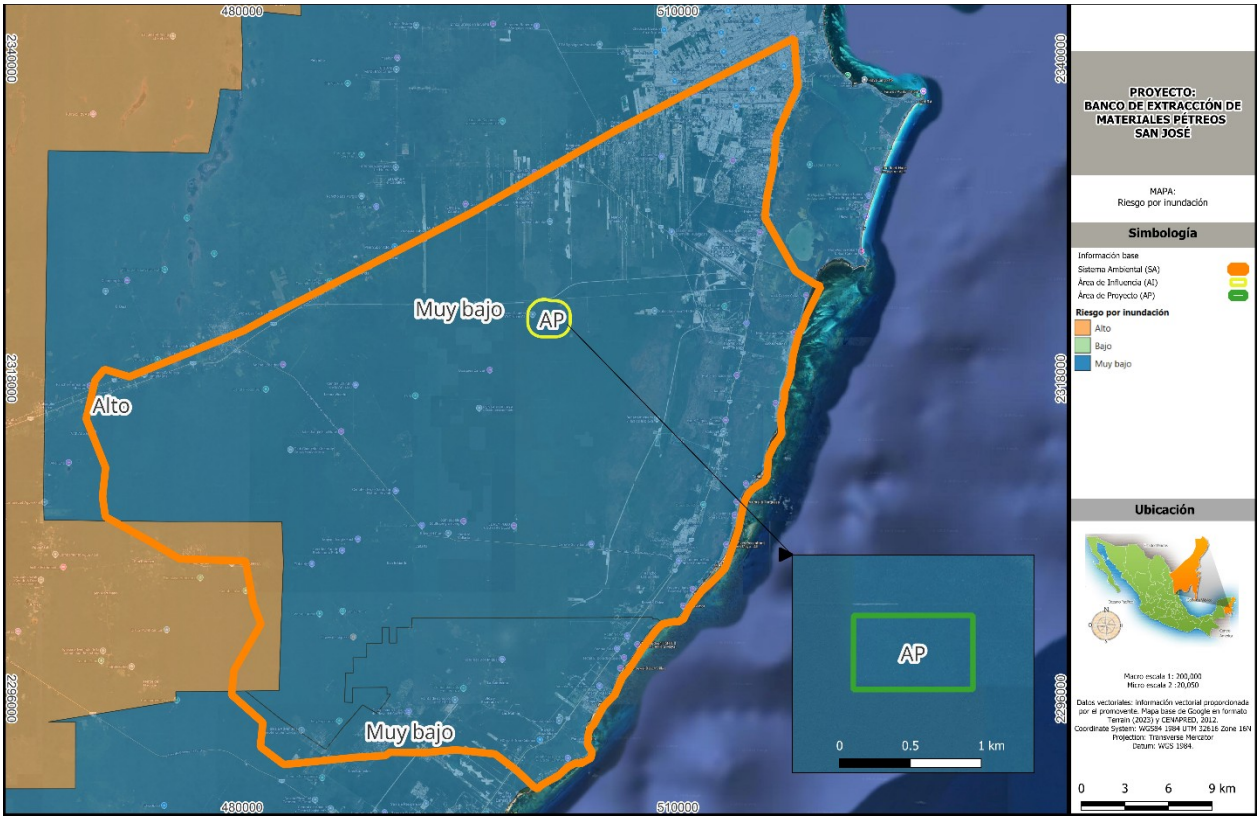


Figura 39 Grado de riesgo por inundaciones dentro del SA.

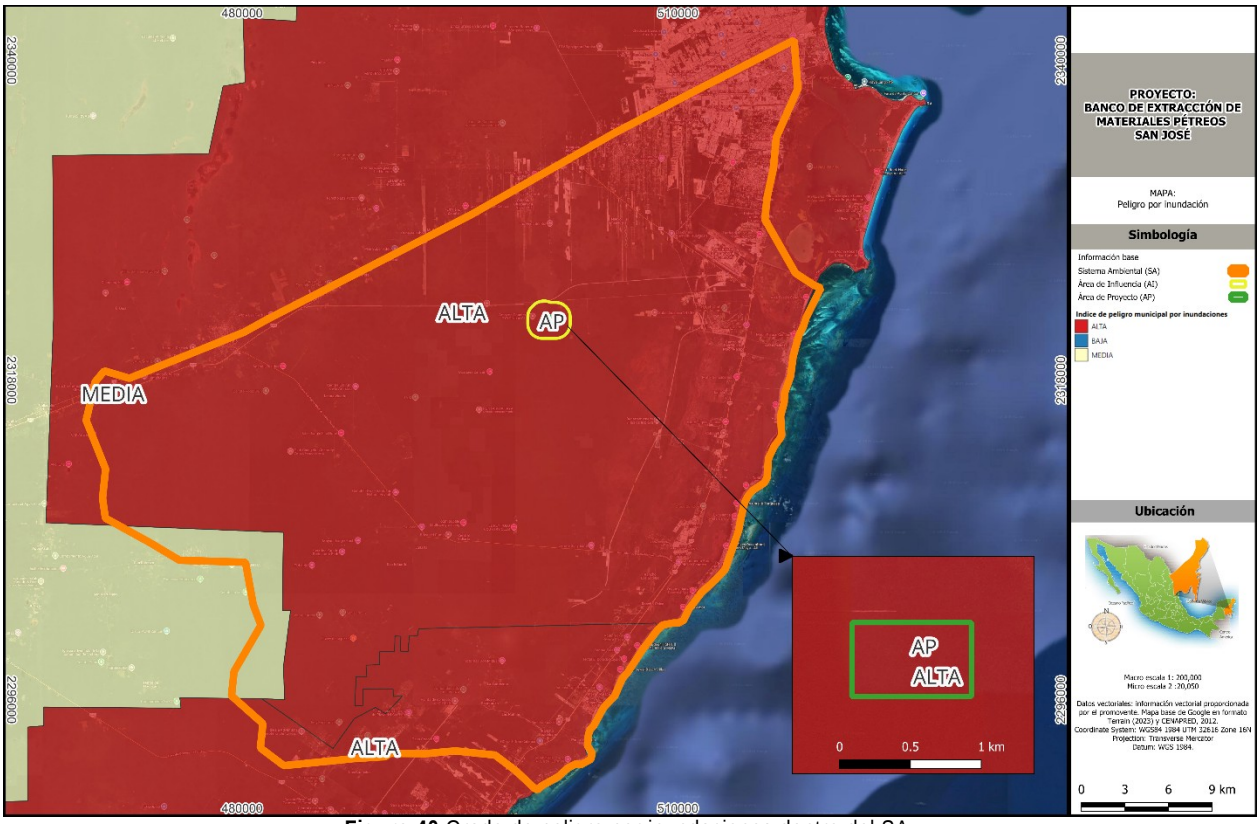


Figura 40 Grado de peligro por inundaciones dentro del SA.

d.4) Calidad del agua

- **Calidad de agua superficial**

Para el caso de la calidad superficial, dentro del SA no se encuentran establecidos puntos de monitoreo de agua, sin embargo, el más cercano se encuentra a aproximadamente 234 km al sur de este sistema, por lo que este será utilizado para realizar este diagnóstico. Dicho punto de monitoreo tiene la clave **DLQUI2260** presenta los siguientes indicadores detectados:

Tabla 12. Calidad del agua superficial dentro del SA.

Indicador	Concentración	Calificador	Descripción
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Demanda química de oxígeno (DQO)	27.2 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Sólidos suspendidos totales (SST)	<25 mg/L	Excelente	Clase de excepción, muy buena calidad.

Con base en ello, se determinó que el semáforo de contaminación es **VERDE**, lo que nos señala que el agua superficial no se encuentra contaminada.

- **Calidad de agua subterránea**

Para el caso de la calidad subterránea, se empleó el punto de monitoreo de pozo que cuenta con la clave **DLQUI2215** que se encuentra a aproximadamente 160 km al sur del SA. A continuación, presentan los siguientes indicadores detectados:

Tabla 13. Calidad del agua subterránea dentro del SA.

Indicador	Concentración	Calificador	Descripción
Alcalinidad (ALC)	Sin dato	Sin dato	Dudosa para riego
Sólidos disueltos totales para riego (SDT)	1,766 mg/L	Ligeramente salobre	Para cultivos de manejo especial
Fluoruros mg/L	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Dureza (DUR)	567.23 mg/L	Dura	Agua potable. Alto contenido de minerales, principalmente sales de calcio y magnesio. Muy dura e inestable para usos industriales y doméstico

Con base en ello, se determinó que el semáforo de contaminación es **AMARILLO**, puesto que presenta problemas de alcalinidad que pueden representar un problema para la industria y agricultura, pero no representan un problema grave para la salud humana ni para los ecosistemas.

e) Aire

e.1) Dirección del viento

El viento es la variable de estado de movimiento del aire. Se estudia el viento como aire en movimiento, tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes y tormenta y los horizontales, mientras que los horizontales son el movimiento en masa del aire en la tierra (Venegas, 2012).

Por lo tanto, podemos interpretar el comportamiento del viento de la siguiente manera: cuando el aire se calienta incrementa su volumen y asciende hasta encontrar un punto en la atmósfera con una temperatura similar. De esta forma los vientos se desplazan desde los trópicos hacia el Ecuador formando los vientos alisios o vientos constantes, estos vientos incrementan su altitud debido al aumento de la temperatura y adquieren dirección horizontal debido al movimiento de rotación de la tierra, a esto se le conoce como Efecto Coriolis. Los vientos pierden calor y retoman hacia los trópicos (Lizano, 2007).

Para el propósito de este estudio se analizaron los datos de dirección del viento en 4 sectores de dirección y clases de velocidad del viento para una localidad y un periodo de tiempo dado. Para ello, se utilizó la información empleada por la estación del Sistema Meteorológico Nacional **"Cancún"** dentro del estado de Quintana Roo con los **datos recopilados en 90** días hasta el día 06 de junio de 2025.

Tabla 14. Estación Meteorológica Automatizada "Cancún" dentro del SA.

Estado	Nombre	Latitud N	Longitud W	Altitud (m)
Quintana Roo	Cancún	21.02964722	-86.85219444	10 m

Por ello, se determinó que, en el registro de estos últimos **90 días,** se presenta una tendencia general de dirección de los vientos del sur al norte entre los 130 y 175° (en casi el 70 % de la dirección de los vientos) con una velocidad predominante de 11.4 a 17.1 km/h, y con vientos secundarios en dirección de los 100° con menos del 10 % de total de los vientos, y con velocidades similares a las antes expuestas. No se identificó una presencia significante de vientos que provengan del norte, por lo que se asume que el movimiento del aire proviene principalmente de mar a la zona continental del Sistema Ambiental (SA).

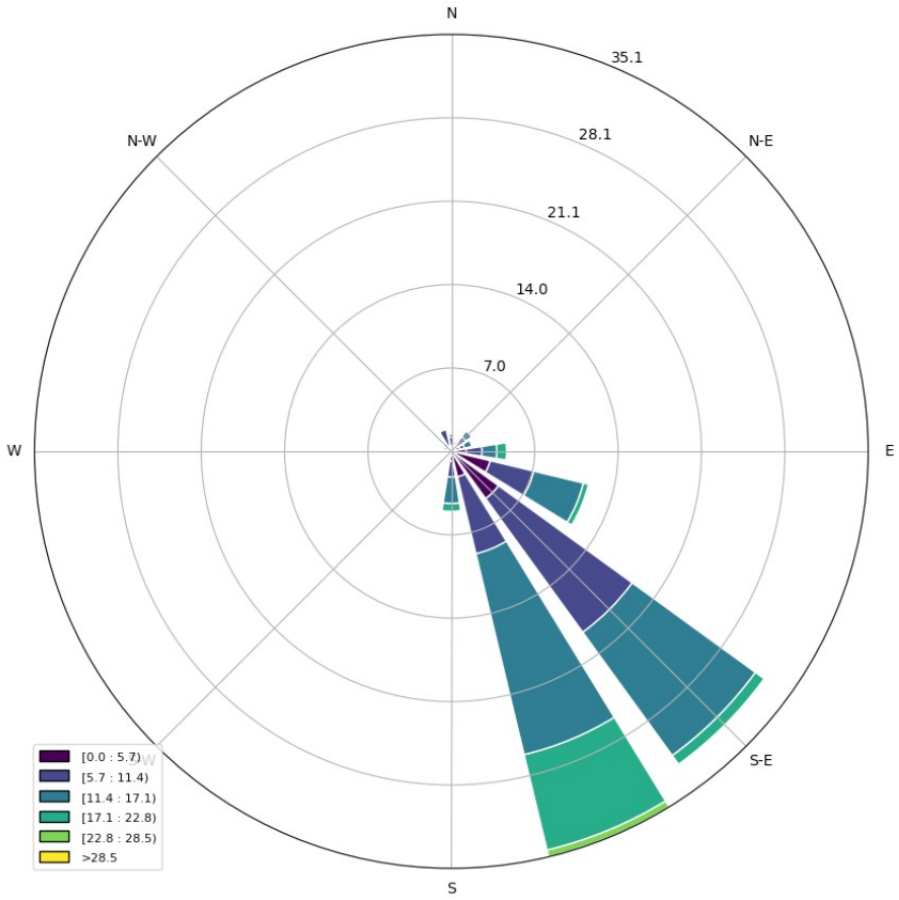


Figura 41. Rosa de los vientos dentro del SA.

e.2) Calidad del aire

Conforme al Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Quintana Roo PROAIRE 2019-2028, dentro de su inventario de emisiones se indica que para el municipio de Benito Juárez se emiten de manera estimada al año los siguientes contaminantes por tonelada:

- Partículas en partes por millón (PM_{10}) = 679 ton/año.
- Partículas en partes por millón ($PM_{2.5}$) = 515 ton/año.
- Dióxido de azufre (SO_2) = 369 ton/año.
- Monóxido de carbono (CO) = 74,174 ton/año.
- Óxidos de nitrógeno (NO_X) = 10,464 ton/año.
- Compuestos orgánicos volátiles (COV) = 37,669 ton/año.
- Amoniaco (NH_3) = 920 ton/año.
- Metano (CH_4) = 13,676 ton/año.

Al contrastar estos resultados con los otros municipios analizados, encontramos que Othón P. Blanco presenta la mayor cantidad de emisiones de contaminantes, estando Benito Juárez por debajo en cuanto a estas emisiones se refiere, aunque se mantiene dentro de los primeros lugares en cuando a emisor de contaminantes.

Con respecto a los contaminantes emitidos dentro del municipio de Benito Juárez, y que se extienden dentro de este SA, las principales fuentes de emisión son la industria de los alimentos y bebidas, específicamente la quema de los residuos de la caña del ingenio azucaro, el manejo y distribución de combustibles, así como el uso de solventes domésticos. Asimismo, la quema de leña en los hogares también presenta un gran aporte a estas emisiones. En tanto, emisiones específicas como los óxidos de nitrógenos provienen de los escapes de los automóviles. Por otra parte, si bien los compuestos orgánicos volátiles representan un gran tonelaje de emisión, es importante resaltar que estos se encuentran estrechamente relacionados con la cobertura de vegetación presente dentro del SA puesto que los aceites esenciales y metabolitos secundarios volátiles suelen convertirse en precursores de los COVs.

Cabe resaltar que, conforme al desplazamiento de los vientos graficados dentro del apartado anterior, se observa que los aquellos predominantes provienen del sur, por lo que su dispersión dentro del SA correría de sur a norte, depositándose principalmente en los grandes sumideros de carbono que son las selvas medianas subperennifolias dentro del SA. Es por ello por lo que, puede considerarse que la calidad del aire es relativamente **BUENA** por los grandes sumideros de carbono representados por las grandes extensiones de vegetación.

4.2.2. Aspectos bióticos

a) Vegetación terrestre

a.1) Caracterización de la vegetación

Se considera como vegetación al conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto estructural y de la composición florística de las comunidades que la conforman (Rzedowski, 1978). Por ello, la vegetación se define principalmente por su fisonomía, composición florística y la estacionalidad de los elementos dominantes que la conforman. Asimismo, el establecimiento y distribución de la vegetación está sujeta a diversos factores de origen abiótico como los edafoclimáticos que imperen en determinado lugar (el clima, tipo de suelo, orografía, exposición), así como la ubicación geográfica (latitud y altitud), mismos que definen el comportamiento fenológico de las especies a lo largo del año (Miranda y Hernández, 2014).

a.2.) Florística y vegetación de México

México es considerado como un país megadiverso tanto en riqueza florística como fisonómica; de acuerdo con Villaseñor (2016), se estima una riqueza florística de 23 314 especies distribuidas en 2,854 géneros, 297 familias y 73 órdenes. Su flora incluye 1,039 especies de helechos y licofitas, 149 gimnospermas y 22,126 angiospermas; las familias que albergan la mayor cantidad de especies son Asteraceae (3,057 spp.), Fabaceae (1,903 spp.), Orchidaceae (1,213 spp.), Poaceae (1,047 spp.) y Euphorbiaceae (714 spp.), mientras que los géneros más ricos fueron Salvia (328 spp.), Euphorbia (245 spp.), Tillandsia (237 spp.), Quercus (174 spp.) y Mammillaria (169 spp.).Dentro del territorio nacional se encuentran centros de diversificación de grupos botánicos como los pinos (Pinus), encinos (Quercus), cactus (Cactaceae) y agaves (Agave) (Villaseñor, 2016; Martínez-Meyer et al., 2014; López-Hernández et al., 2017), y una amplia variedad de comunidades vegetales, su diversidad de ecosistemas se reconoce como una de las más complejas a nivel global (González-Medrano, 2003; Frías-Castro et al., 2017). Por ello, a lo largo de los años han surgido diferentes propuestas para clasificar dicha vegetación. Los sistemas de clasificación más reconocidos y aplicados a nivel nacional son los de Miranda y Hernández de 1963 y el de Rzedowski de 1978. Conforme a lo anterior, los tipos de vegetación que cubren el territorio nacional van desde selvas altas preferentemente distribuidas en las regiones húmedas del sureste y vertiente del Atlántico, hasta los matorrales y desiertos áridos del Norte y península de Baja California y en toda la altiplanicie mexicana. Esta gran variedad de ecosistemas y basta diversidad es producto de que México se ubica dentro de los reinos Holártico y Neotropical, así como a los climas presentes y a su historia geológica que ha propiciado la formación de bastos tipos de suelo, geoformas y relieves.

Es común que dentro de los tipos de vegetación determinados dentro de un área específica se establezcan asociaciones de carácter secundario que dificulte la identificación de los elementos propios de la comunidad clímax, pues se encuentran en un estado sucesional intermedio donde imperan especies o grupos no tan comunes en la vegetación primaria. Tales situaciones de transición son especialmente notables cuando el medio ambiente sufre cambios graduales, y en muchos casos, derivados de actividades antropogénicas, adquiriendo el aspecto de mosaicos, modificando el paisaje original.

a.3.) Florística y vegetación de Quintana Roo

El estado de Quintana Roo se encuentra inmerso en la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán y en la subprovincia de Carso yucateco (INEGI, 2010), de las cuales el SA está inmerso. Por otra parte, de acuerdo con Pozo et al. (2011), el estado reporta 12 tipos de vegetación, los cuales son:

Selva alta subperennifolia.
Selva mediana subperennifolia.
Selva mediana subcaducifolia.
Selva baja espinosa subperennifolia.
Selva baja subcaducifolia.
Selva baja caducifolia.
Palmar.
Manglar.
Sábana.
Vegetación de dunas costeras.

Petén.
Tular.

a.4.) Uso de Suelo y Vegetación de acuerdo con la Información Vectorial de INEGI VII de INEGI (2021)

- **Sistema Ambiental (SA)**

De acuerdo con la información vectorial de la carta de uso y vegetación serie VII de INEGI (2021), se determinó que el uso de suelo principal del suelo corresponde al **Tipo Ecológico-Florístico-Fisonómico y el uso de suelo y vegetación de selva mediana subperennifolia (SMQ) con un 44.53 %,** seguido de la vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ) con un 21.83 % y la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) con un 16.70 %. En tanto, ecosistemas de alta relevancia ecológica como los manglares (VM) y los tulares (VT) ocuparon muy poca superficie dentro del SA con 3.20 y 0.31 %, respectivamente.

Tabla 15. Relación de superficies por uso de suelo y vegetación dentro del SA.

Tipo de información	Uso y tipo de vegetación	Clave	Superficie de incidencia del SA (ha)	Superficie de incidencia (%)
Agrícola-Pecuaria-Forestal	Pastizal cultivado	PC	661.8693566	0.45787555
	Agricultura de temporal anual	TA	93.7201633	0.064834806
Complementaria	Desprovisto de vegetación	ADV	1968.949547	1.362102427
	Asentamientos humanos	AH	14084.12847	9.7432794
	Cuerpo de agua	H2O	26.54984164	0.018366953
Ecológica-Florística-Fisonómica	**Selva mediana subperennifolia**	**SMQ**	**64366.05069**	**44.52788238**
	Manglar	VM	4625.938548	3.200184653
	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	VSa/SBQ	60.97900983	0.042184757
	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	VSa/SMQ	31557.63272	21.83129993
	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	VSA/SMQ	24143.30373	16.70213066
	Vegetación secundaria arbustiva de manglar	VSa/VM	817.4933077	0.565534866
	Vegetación secundaria arbórea de manglar	VSA/VM	781.9036728	0.540914261
	Tular	VT	442.2819744	0.30596688
Sin información del vector		SD	921.4373746	0.6374
Total			**144552.2384**	**100.00**

- **Área del proyecto (AP)**

De acuerdo con la información vectorial de la carta de uso y vegetación serie VII de INEGI (2021), **el tipo de uso fue Ecológico-Florístico-Fisonómico y del uso de suelo correspondió sólo a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) en su totalidad (100.00 % de ocupación),** lo cual fue corroborado a través de los recorridos en campo y los muestreos biológicos.

Tabla 11. Relación de superficies por uso de suelo y vegetación dentro del AP.

Tipo de información	Tipos de vegetación	Simbología	Superficie (ha)	Superficie (%)
Ecológica-Florística-Fisonómica	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	VSA/SMQ	44.1027	100.00
Total			**44.1027**	**100.00**

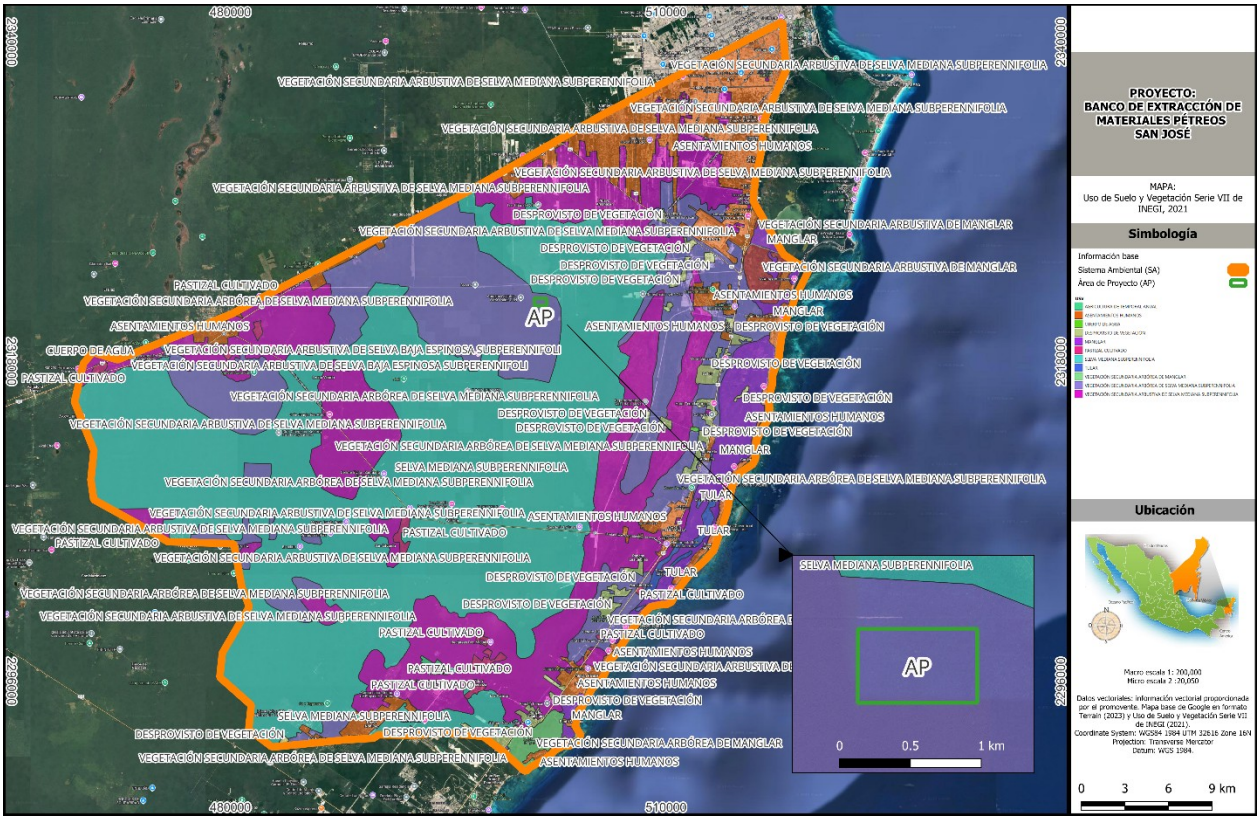


Figura 42. Uso de suelo y vegetación dentro del SA y AP.

A continuación, se describen brevemente estos tipos de vegetación de acuerdo con lo expuesto por Rzedowski (2006), Miranda y Hernández (2014) y INEGI (2021).

- ***Selva mediana subperennifolia (SMQ)***

Los componentes arbóreos de este tipo vegetación pierden estacionalmente su follaje en un 25 a 50 %, se desarrolla en lugares con climas cálidos 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 °C. La precipitación total anual del orden de 1000 a 1600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 msnm. Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 30 m, alcanzan un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 hasta 30 m. Dentro de los estratos se encuentran variados tipos de palmas.

Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas, pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal está conformado predominantemente por rocas cársticas. Se distribuye en Yucatán, Quintana Roo (incluyendo la isla de Cozumel), Campeche, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Colima, Guerrero y Oaxaca. En la vertiente del Pacífico es común encontrar dentro de su composición florística a taxones *como Brosimum alicastrum, elemento dominante de estas selvas, acompañado de Bursera simaruba, Manilkara zapota, Pimenta*

dioica, Apananthe monoica, entre otras. Son especies importantes de este tipo de selva: *Lysiloma latisiliquum, Brosimum alicastrum (ox, ramón, capomo), Bursera simaruba (chaka', palo mulato, jiote, copal), Manilkara zapota (ya', zapote, chicozapote), Lysiloma spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), Vitex gaumeri (yaaxnik), Bucida buceras (pukte), Alseis yucatanensis (jaasché), Psidium Sartorianum (pichiche'), Carpodiptera floribunda*. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

- ***Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ)***

Este tipo de vegetación se distribuye en los llamados "bajiales" o bajos inundables de la costa norte de Yucatán, centro y sur de Campeche, sur y noreste de Quintana Roo, así como en la parte central-sur y noreste del estado de Tabasco, desde Villahermosa hasta límites con Campeche, incluyendo la parte sur de este estado en zonas con suelos inundables. Los climas en donde se desarrolla con cálido-húmedo y subhúmedo con temperatura media anual mayor a los 24ºC y se desarrollan a altitudes a nivel del mar hasta los 100 msnm. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la subperennifolia, la mediana subcaducifolia y la sabana. Se ubican en amplias hondonadas con suelo plano y profundo, con altos contenidos de arcilla, con gran deficiencia de drenaje que provocan que se acumule durante ciertos periodos el agua drenada en las zonas contiguas en la época de lluvias. Esta selva está caracterizada por árboles bajos con alturas entre 5 y 11 m, generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande; causan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epífitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe.

Las especies más representativas o con mayor importancia ecológica son *Haematoxylon campechianum, Talisia floresii, Eugenia lundelii, Bucida buceras, Metopium brownei, Coccoloba cozumelensis, Camareria latifolia, Croton reflexifolius, Hyperbaena winzerlingii, Byrsonima bucidaeifolia, Pachira aquatica, Byrsonima crassifolia, Crescentia alata, Crescentia cujete, Curatella americana* y *Coccoloba* sp. También la constituyen las ciperáceas y gramíneas, mientras que entre las epífítas están las orquídeas como *Rhyncholaelia dibyana* y bromeliáceas del género *Tillandsia* spp.

- ***Tular (VT)***

Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 0.8 a 2.5m de altura.

Está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tulillo (*Scirpus* spp.), pero también incluye a los llamados carrizales de *Phragmites australis* y de *Arundo donax* y a los "saibadales" de *Cladium jamaicense* del sureste del país. Esta comunidad está restringida a las cercanías de los cuerpos de agua, *Typha dominguensis y Arundo donax* son sus principales representantes. Es común encontrar residuos sólidos entre los elementos que los conforman. También se observaron otras especies invasoras como el lirio acuático, particularmente en canales de riego con alto contenido de materia orgánica.

- ***Manglar (VM)***

Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de California y Océano Atlántico, en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud.

Se desarrolla en márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo; las alturas de los mangles pueden variar de

manera general, desde 1 hasta 30 metros. En México predominan cuatro especies en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una de ellas.

- ***Desprovisto de vegetación (ADV)***

Superficie donde la vegetación natural o inducida ha sido eliminada por diferentes actividades humanas.

- ***Sin vegetación aparente (DV)***

considera las áreas en donde no es visible o detectable alguna comunidad vegetal. Se incluyen los eriales, depósitos litorales, bancos de ríos y aquellas áreas donde algún factor ecológico no permite o limita el desarrollo de la cubierta vegetal como falta de suelo, elevado nivel de salinidad o sodicidad y climas extremos (muy fríos o áridos).

- ***Pastizal cultivado (PC)***

Establecimiento de forrajes conformados por la siembra de semilla de poáceas, para alimentación de ganado principalmente, pueden ser de temporal o de riego.

- **Agricultura de temporal anual (TA)**

Son áreas de producción de cultivos de producción anual que dependen de las aguas pluviales, obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea como alimentos, forrajes, ornamental o industrial.

- ***Estado de conservación***

Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea. Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de manera muy heterogénea de acuerdo también a la intensidad del elemento de disturbio, la duración de este y sobre todo a la ubicación geográfica del tipo de vegetación. En este sentido, estos factores generan fases sucesionales conocidas como “vegetación secundaria”, que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original. Al presente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y frecuentemente la presión es tanta que prohíbe el desarrollo de esta, provocando el desarrollo de entidades inducidas.

a.5.) Metodología de trabajo

Para la correcta caracterización de la vegetación presente tanto en el SA como dentro del Área AP será necesario el trabajo tanto de gabinete como de campo con el fin de presentar un trabajo integral basado tanto en publicaciones científicas como en la validación de campo.

- **Trabajo de gabinete**

Con la finalidad de realizar la caracterización de la vegetación dentro de este estudio, se revisaron obras literarias que describen a nivel comunidad a las asociaciones vegetales como Rzedowski (2006) y Miranda y Hernández (2014), así como en todas las obras literarias y artículos científicos generados dentro o en colindancia a las zonas de caracterización, las cuales desarrollan de manera general la estructura y composición de estas. Para la revisión y consulta de la flora potencial y la corroboración de las especies presentes se emplearon las obras literarias de

Isiordia-Aquiano *et al*. (2012), Bravo *et al*. (2016), Pennington y Sarukhán (2016), así como bibliografía específica para grupos taxonómicos a nivel familiar o genérico, dando importancia a aquellas obras en las que se incluyeran claves taxonómicas. De igual forma, se compararon las muestras y fotografías tomadas con los ejemplares Tipo o correspondientes al área de trabajo, digitalizados y disponibles en la base de datos de Jstor Global Plants (https://plants.jstor.org/). Se estableció y verificó la nomenclatura utilizada conforme a los datos disponibles en la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/) y la literatura científica, dando preferencia a la nomenclatura reciente y/o aceptada por la comunidad científica.

Con el fin de identificar a las especies enlistadas en alguna categoría de riesgo nacional e internacional se revisaron la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019), la plataforma de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Además, se cotejó en la plataforma de Enciclovida la distribución y nivel de endemismo de las especies presentes.

Para el establecimiento de las unidades de muestreo, se trabajó con el programa QGis® 3.4, el cual permite trabajar la información de manera remota empleando imágenes satelitales e información vectorial. A partir de las características del proyecto y la distribución de las comunidades vegetales dentro de la zona, se determinó el establecimiento de un muestreo aleatorio probabilístico simple a lo largo del Sistema Ambiental y el Área del Proyecto. Una vez recopilada la información de campo, se procesó empleando secuelas de cálculo con el programa Excel de Microsoft Office® generando tablas y gráficos para la representación de los resultados.

- **Trabajo de campo**

Muestreo de vegetación

La información obtenida de la vegetación es de interés para los gestores e investigadores de los recursos naturales, por lo que debe cumplir con ciertos estándares de calidad. Para cumplir con estos objetivos, se requiere de la aplicación de metodologías reproducibles en el establecimiento de los sitios, por lo que para que un muestreo sea representativo debe estar bien diseñado (Alanis et al., 2018). Ya definidos los sitios de muestreo para la caracterización de la vegetación, se realizaron recorridos de campo para verificar que los tipos de vegetación definidos en escritorio fueran congruentes con lo que se distribuye en campo. En caso de que se presentaran incongruencias, se modificaron los sitios a otros lugares en donde se cumplieran de mejor manera los objetivos de la caracterización de la vegetación.

Los muestreos se realizaron en el periodo comprendido entre el 16 de abril al 10 de mayo de 2025 con el objetivo de registrar la mayor diversidad de especies en sus diferentes estados fenológicos, ya que, para las selvas medianas, gran parte de los elementos se encuentran en estado vegetativo y reproductivo. Es decir, presentan hojas y flores, material necesario para realizar la identificación taxonómica.

Forma y superficie de los sitios de muestreo

Para la caracterización de la vegetación se emplearon sitios de dimensiones fijas, rectangulares, de 500 m^2 (10 m de largo por 50 m de ancho) ya que, de acuerdo con Alanis *et al*. (2020) para el cálculo de variables dasométricas arbóreas y sus existencias volumétricas se recomienda esta superficie y forma de sitio a razón de que permite un mayor registro de individuos en unidades discretas para su extrapolación a una unidad comparable o "hectárea tipo". Esto es corroborado en el tratado de "Muestreo Forestal Elemental" de Frank Freesse (1969) en donde se abordan las evidencias prácticas y experiencias en inventarios realizados en México con base en fundamentos estadísticos. En el sentido de la ecología, este tipo de forma de sitios de muestreo reduce el efecto borde que generan los límites de las unidades muestrales, lo cual permite una mejor caracterización de ecosistemas con una alta cantidad de individuos en sus diferentes estratos y riqueza que albergan (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Alanis et al., 2020).

Se consideraron cinco estratos, las cuales se muestrearon en los diferentes tamaños de transectos, en cada sitio de muestreo se llevó a cabo dentro de un sitio rectangular (al cual denominaremos transecto) de **500 m²** (de 50 m x 10 m, en el mayor de los casos) para el estrato de **árboles, palmas y epífitas o trepadoras**, un transecto de **100 m²** (de 20 m x 5 m) para **arbustos** y, finalmente el transecto de **4 m²** (de 2 m x 2 m en la esquina superior izquierda) para **herbáceas.**

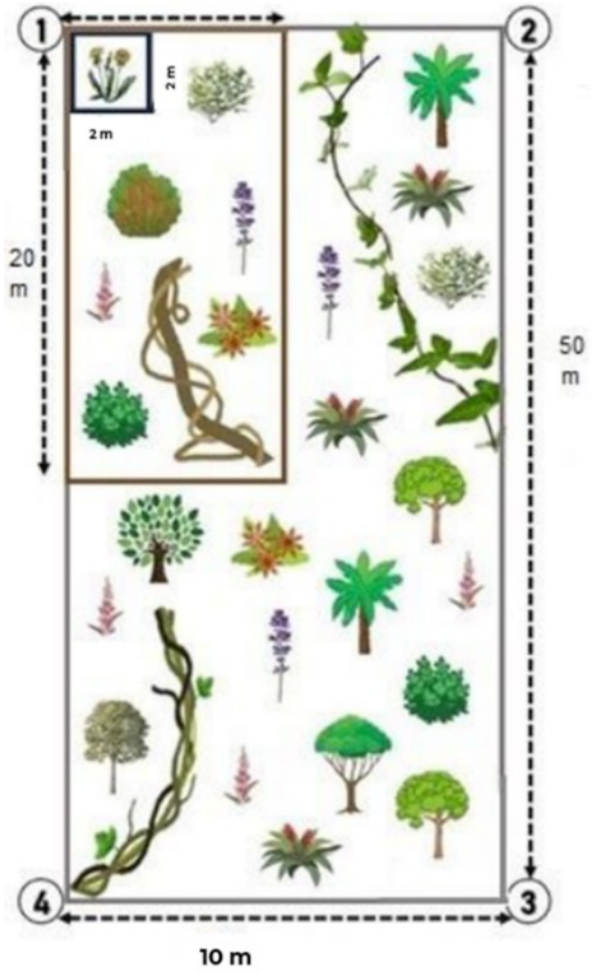


Figura 43. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de flora.

La delimitación de los transectos en cada uno de los sitios de muestreo fue la siguiente (en la mayoría de los casos): primero se ubicó el vértice 1 con ayuda del GPS y posteriormente con ayuda de las cintas métricas se midieron 10 m con dirección este para ubicar el vértice 2. Partiendo del vértice 1 se midieron 50 m según la dirección del transecto (orientación Norte) para colocar el vértice 3. Por último, partiendo del vértice 3 se midieron 10 m dirección este (o según la dirección del transecto) para colocar el vértice 4 y se corroboró midiendo 50 m dirección sur para encuadrar con el vértice 1. Todos los vértices fueron marcados con estacas de madera. Dentro de esta parcela se colocó un subtransecto de 100 m^2 para medir el estrato arbustivo, y dentro de este se delimito un subcuadrante de 4 m^2 para el estrato herbáceo.

La toma de información de las comunidades vegetales que componen el SA del Proyecto se realizó utilizando el diseño de muestreo dirigido. Los sitios de muestreo se ubicaron de manera seleccionada y de manera que fueran representativos del tipo de vegetación dentro de la superficie del AP. Para cada sitio de muestreo, la vegetación fue dividida en cinco estratos, de acuerdo con sus dimensiones y hábitos de crecimiento de sus componentes, para agilizar el muestreo y posteriormente procesar los datos, con el objetivo de poder analizarlas por grupo. Las características de cada uno de estos grupos o formas de vida son las siguientes:

- Arbórea: Se consideraron todos aquellos individuos que presentaron lignificación, son plantas leñosas con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tengan una copa más o menos definida (DOF, 11/04/2022). Además de esto, se consideraron a los individuos de árboles que por su etapa de desarrollo no pueden ser consideradas como maderables y que tienen porte de renuevo.
- Palmas: La mayoría de las especies son de la familia Aracaceae (palmas) plantas perennes, arborescentes o arbustiformes, e incluso pequeñas a robustas, en ocasiones escandentes o acahuales; el tronco recibe la denominación de estípite, puede ser alargado, cilíndrico o columnar, generalmente sin ramificaciones; erecto, decumbente, trepador, a veces subterráneo; solitario o agrupado, liso o espinoso o cubierto con las bases foliares persistentes. Los tallos poseen una médula central esponjosa rodeada por un anillo protector fuerte, formado por haces verticales de tejido conductor (xilema, floema), encontrándose en consecuencia separada del cámbium (Strasburger, 1991).
- Arbustiva: Plantas leñosas perennes con una altura que sobrepasa generalmente los 0.5 metros, pero no alcanza los 5 metros a su madurez y sin un sólo vástago principal, ni una copa definida (DOF, 11/04/2022). Aquí también se consideran los individuos de especies que en su mayor estado de desarrollo son arbustivas pero que en el momento del levantamiento tienen porte bajo.
- Epifito y/o Cactáceas: Las plantas epifitas en lo general son aquellas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles consideradas como aéreas, pero también se consideran terrestres y rupícolas (Rzedowski & Rzedowski, 2005). Dichas especies pertenecen a las familias Bromeliaceae, Orchidaceae. Algunas otras familias también presentan hábitos epifitos como la familia Cactaceae.
- Herbáceas: Se consideraron aquellos individuos que no presentaron lignificación (Rzedowski, 2006). Dentro de esta forma de vida se considerarán sólo las que por su descripción taxonómica son herbáceas.

Por cada sitio de muestreo se realizó lo siguiente:

- Toma de coordenadas de los cuatro puntos del sitio de muestreo (500 m^2), la cual fue formato UTM, utilizando el DATUM WGS84 zona 16 (con un error aproximado de ±3 m). Asimismo, se colocó estaca de madera para identificar los cuatro vértices.
- Marcado árboles con aerosol, donde se anotó el número correspondiente al árbol en turno (1, 2, 3, ...n) y el sitio correspondiente, esto con el fin de poder identificar la especie y verificar sus datos dasométricos en una visita de supervisión.
- Registro por nombre científico de todos los elementos: árboles, arbustos, palmas, hiervas, epifitas y trepadoras.
- Para la forma de vida arbórea se tomaron las siguientes variables: abundancias, diámetro normal (cm), altura (m) y cobertura (m).
- Para el resto de las formas de vida se tomaron los datos de abundancia, altura (m) y cobertura (m).

Ubicación y cantidad de los sitios de muestreo

Derivado del análisis de la información vectorial de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII de INEGI (2021), se definió que el tipo de vegetación dominante dentro del **Área del Proyecto (AP)** correspondió a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), por lo que los muestreos para el Sistema Ambiental (SA) también se dirigieron hacia ese tipo de vegetación. Por ello, se establecieron **15 transectos de muestreo dentro del AP y 15 dentro del SA.**

Tabla 12. Coordenadas de los sitios de muestreo del SA en formato WGS84-UTM 32616.

Transecto de muestreo	Vértice	Este X	Norte Y
1	1	498151.3717	2320506.7310
1	2	498141.3716	2320506.7310
1	3	498141.3716	2320556.7310
1	4	498151.3717	2320556.7310
2	1	495521.4452	2318936.7700
2	2	495511.4452	2318936.7700
2	3	495511.4452	2318986.7700
2	4	495521.4453	2318986.7700
3	1	496995.3085	2323724.9910
3	2	496985.3085	2323724.9910
3	3	496985.3085	2323774.9910
3	4	496995.3085	2323774.9910
4	1	500237.8244	2320969.4770
4	2	500227.8245	2320969.4770
4	3	500227.8245	2321019.4770
4	4	500237.8245	2321019.4770
5	1	500057.8245	2320969.7030
5	2	500047.8245	2320969.7030
5	3	500047.8245	2321019.7030
5	4	500057.8245	2321019.7030
6	1	495361.2427	2318938.1010
6	2	495351.2427	2318938.1010
6	3	495351.2427	2318988.1010
6	4	495361.2427	2318988.1010
7	1	498645.3540	2323831.0970
7	2	498635.3540	2323831.0970
7	3	498635.3539	2323881.0970
7	4	498645.3539	2323881.0970
8	1	495230.3805	2320862.5520
8	2	495220.3806	2320862.5520
8	3	495220.3806	2320912.5520
8	4	495230.3806	2320912.5520
9	1	498779.3540	2323849.0970
9	2	498769.3540	2323849.0970
9	3	498769.3539	2323899.0970
9	4	498779.3539	2323899.0970
10	1	493923.9162	2322037.9990
10	2	493913.9162	2322038.0000
10	3	493913.9162	2322088.0000
10	4	493923.9162	2322088.0000
11	1	491486.8739	2323355.4690
11	2	491476.8740	2323355.4690
11	3	491476.8739	2323405.4690
11	4	491486.8739	2323405.4690
12	1	491825.7466	2323605.3480
12	2	491815.7466	2323605.3480
12	3	491815.7466	2323655.3480
12	4	491825.7467	2323655.3480
13	1	493909.9162	2322282.0000
13	2	493899.9162	2322282.0000
13	3	493899.9162	2322332.0000
13	4	493909.9162	2322332.0000
14	1	493936.1854	2323633.4690
14	2	493926.1854	2323633.4690
14	3	493926.1855	2323683.4690
14	4	493936.1855	2323683.4690
15	1	494222.0386	2323649.4820
15	2	494212.0386	2323649.4820
15	3	494212.0386	2323699.4820
15	4	494222.0386	2323699.4820

Tabla 13. Coordenadas de los sitios de muestreo del AP en formato WGS84-UTM 32616.

Transecto de muestreo	Vértice	Este X	Norte Y
1	1	501229.7627	2321946.5960
1	2	501239.7627	2321946.5960
1	3	501239.7627	2321896.5960
1	4	501229.7627	2321896.5960
2	1	501479.1562	2322071.3480
2	2	501489.1562	2322071.3480
2	3	501489.1562	2322021.3480
2	4	501479.1562	2322021.3480
3	1	501349.1561	2322083.3480
3	2	501359.1561	2322083.3480
3	3	501359.1561	2322033.3480
3	4	501349.1561	2322033.3480
4	1	501718.1562	2322084.3480
4	2	501728.1562	2322084.3480
4	3	501728.1562	2322034.3480
4	4	501718.1562	2322034.3480
5	1	501232.1562	2322085.3480
5	2	501242.1562	2322085.3480
5	3	501242.1562	2322035.3480
5	4	501232.1562	2322035.3480
6	1	501607.1562	2322086.3480
6	2	501617.1562	2322086.3480
6	3	501617.1562	2322036.3480
6	4	501607.1562	2322036.3480
7	1	501121.1562	2322120.3480
7	2	501131.1562	2322120.3480
7	3	501131.1562	2322070.3480
7	4	501121.1562	2322070.3480
8	1	501005.2277	2322121.6770
8	2	501015.2277	2322121.6770
8	3	501015.2277	2322071.6770
8	4	501005.2277	2322071.6770
9	1	501351.1562	2322332.3480
9	2	501361.1562	2322332.3480
9	3	501361.1562	2322282.3480
9	4	501351.1562	2322282.3480
10	1	501226.1563	2322332.3480
10	2	501236.1563	2322332.3480
10	3	501236.1563	2322282.3480
10	4	501226.1563	2322282.3480
11	1	501113.1562	2322333.3480
11	2	501123.1562	2322333.3480
11	3	501123.1562	2322283.3480
11	4	501113.1562	2322283.3480
12	1	500990.2277	2322328.6770
12	2	501000.2277	2322328.6770
12	3	501000.2277	2322278.6770
12	4	500990.2277	2322278.6770
13	1	501481.1562	2322335.3480
13	2	501491.1562	2322335.3480
13	3	501491.1562	2322285.3480
13	4	501481.1562	2322285.3480
14	1	501608.1562	2322350.3480
14	2	501618.1562	2322350.3480
14	3	501618.1562	2322300.3480
14	4	501608.1562	2322300.3480
15	1	501735.1562	2322351.3480
15	2	501745.1562	2322351.3480
15	3	501745.1562	2322301.3480
15	4	501735.1562	2322301.3480

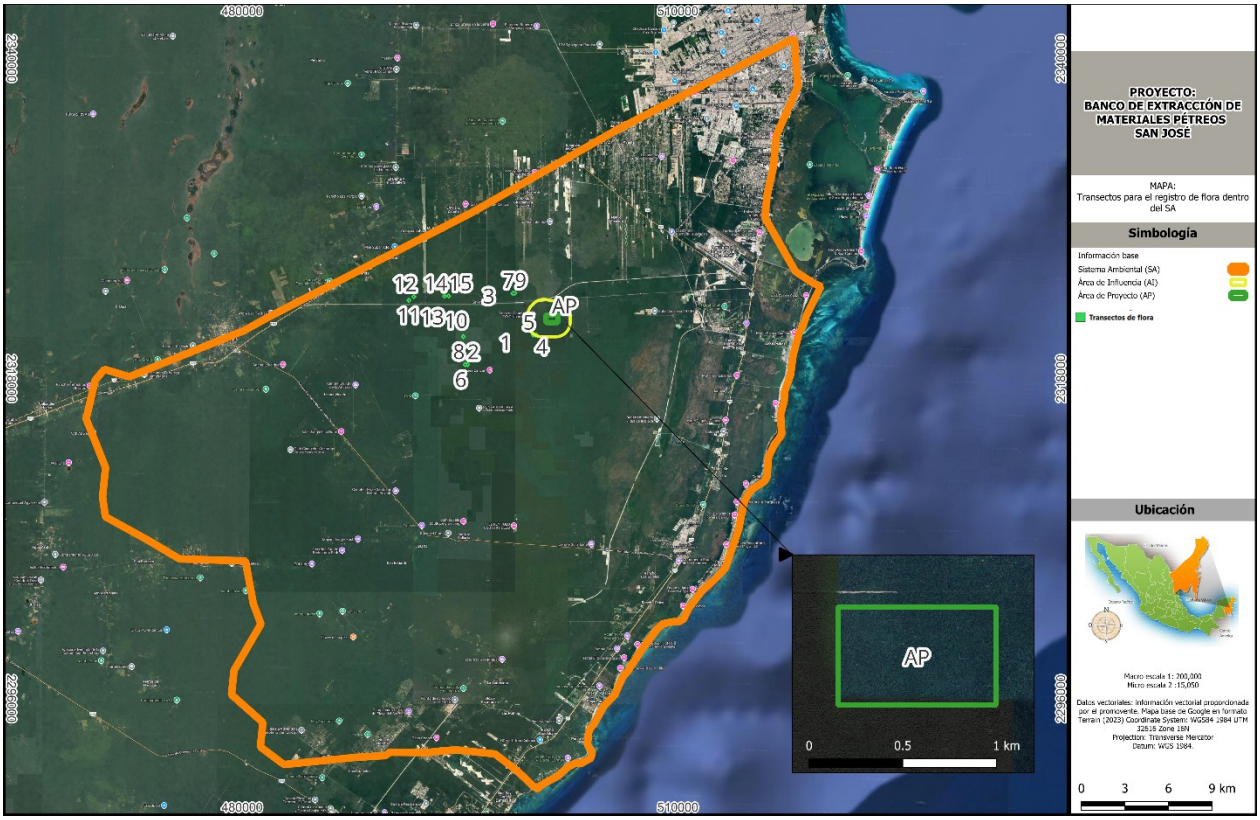


Figura 44. Ubicación de los transectos de flora dentro del SA.

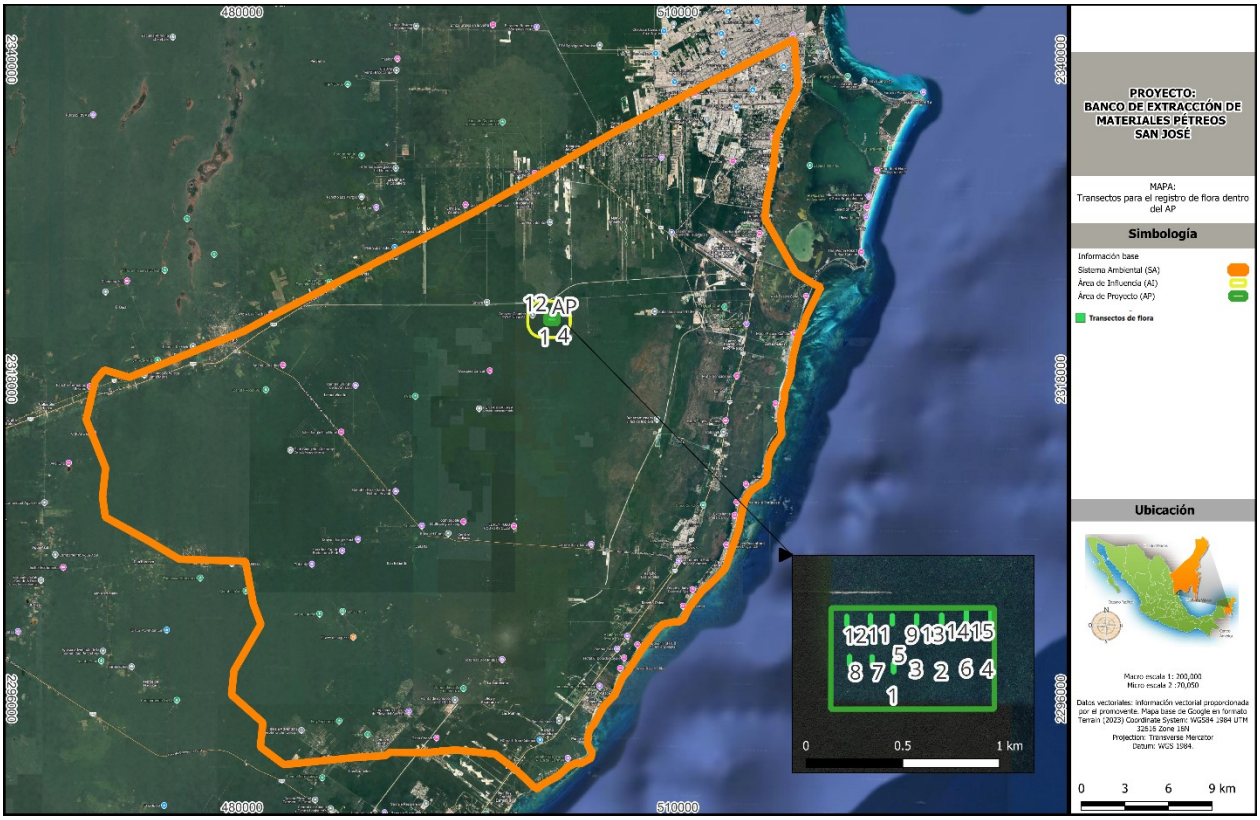


Figura 45. Ubicación de los transectos de flora dentro del AP.

a.6.) Análisis estadísticos para la confiabilidad estadística

a.6.1.) Prueba paramétrica

Para la estimación de tamaño de muestra se utilizó una precisión o nivel de confianza del 95% y la estadística descriptiva de la variable abundancia total.

Posteriormente se calculó el tamaño de muestra con la ecuación que se muestra a continuación:

$$n = \frac{t^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

t = Valor de la tabla de t de Student con α y n grados de libertad.
s^2 = Varianza.
E = Margen de error.

Sistema ambiental (SA)

Respecto a los valores de la tabla de *t* de Student, debido a que el nivel de confianza o precisión deseado es 95%, se utilizó un α=0.05; por otra parte, los grados de libertad (n) se obtuvieron en el tipo de vegetación por medio de cada número de sitios levantados (n) menos 1.

La tabla a continuación muestra los valores de la tabla de *t* de Student con n^{-1} grados de libertad y α=0.05.

Tabla *XVI*. Estimación de la intensidad de muestreo en el tipo de vegetación

TIPO DE VEGETACIÓN	NÚMERO DE SITIOS (n)	GRADOS DE LIBERTAD (N-M)	VALOR DE t (A, GL)
VSA/SMQ	15	14	2.0484

Nota. Los valores pueden verificarse en cualquier libro de estadística en la sección de Tablas > T de Student. Asimismo, podrá verificar dichos valores con la función DISTR. T. INV en Excel.

Los resultados obtenidos de la estimación del tamaño de la muestra en el tipo de vegetación del SA, así como los valores utilizados para su estimación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla *XVII*. Estimación del tamaño de muestra en el tipo de vegetación**.**

ESTIMADOR	SÍMBOLO	TIPO DE VEGETACIÓN
		VSA/SMQ
Media de la variable número de individuos	$\bar{x}$	89
Varianza de la variable número de individuos	s^2	112.9809
Desviación estándar de la variable número de individuos	s	10.629
Valor de t Student (α, n-1 g.l)	t	2.0484
Margen de error de la variable número de individuos	E	5.622
Error relativo	E%	6.307
Número de sitios	N	12.178

Con base en los resultados mostrados anteriormente, los estimadores calculados determinan una suficiencia de muestreo con un nivel de confianza del 95%, con un margen de error relativo de 6.307% por lo tanto; el número de sitios levantados es representativo de la población estudiada, ya que, la muestra total levantada fue de 15 sitios distribuidos en la superficie del SA.
El margen de error obtenido es coherente con las características intrínsecas del tipo de comunidades vegetales analizadas, lo que da como resultado alta variabilidad entre los sitios de muestreo (Romanh de la Vega y Maldonado R. 2010). En los apartados subsiguientes se describen las características de estructura y composición de las comunidades vegetales existentes en el SA

Asimismo, se estimó el tamaño de la muestra para poblaciones infinitas con un error relativo del 10% y un nivel de confianza del 95%, con el objetivo de conocer con cuantos sitios con el objetivo de conocer con cuantos sitios de muestreo se hubiera alcanzado un muestreo al 90%, lo que se considera suficiente, el cual se estimó de la siguiente forma:

$$n = \frac{t^2 CV\%^2}{(\varepsilon\%)^2}$$

Donde:

t = Valor de la tabla de t de Student con α y n grados de libertad (para poblaciones infinitas).

CV = Coeficiente de variación $\left(\frac{100}{\bar{x}}\right)^2$

E% = Error relativo.

Como resultado se obtuvo que el tamaño de la muestra para poblaciones infinitas estimado resultó igual a n = 12.178. En el muestreo realizado en el SA se levantó información de 15 sitios, por lo cual, se puede concluir que se realizó una cantidad suficiente de sitios de muestreo de acuerdo con lo estimado.

Área del Proyecto (AP)

Respecto a los valores de la tabla de *t* de Student, debido a que el nivel de confianza o precisión deseado es 95%, se utilizó un α=0.05; por otra parte, los grados de libertad (n) se obtuvieron en el tipo de vegetación por medio de cada número de sitios levantados (n) menos 1.

La tabla a continuación muestra los valores de la tabla de *t* de Student con n^{-1} grados de libertad y α=0.05 (Anexo 3.2).

Tabla *XVIII*. Estimación de la intensidad de muestreo en el tipo de vegetación

TIPO DE VEGETACIÓN	NÚMERO DE SITIOS (n)	GRADOS DE LIBERTAD (N-M)	VALOR DE t (A, GL)
VSA/SMQ	15	14	2.0484

Nota. Los valores pueden verificarse en cualquier libro de estadística en la sección de Tablas > T de Student. Asimismo, podrá verificar dichos valores con la función DISTR. T. INV en Excel.

Los resultados obtenidos de la estimación del tamaño de la muestra en el tipo de vegetación del SA, así como los valores utilizados para su estimación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla *XIX*. Estimación del tamaño de muestra en el tipo de vegetación**.**

ESTIMADOR	SÍMBOLO	TIPO DE VEGETACIÓN
		VSA/SMQ
Media de la variable número de individuos	$\bar{x}$	72
Varianza de la variable número de individuos	s^2	68.2666
Desviación estándar de la variable número de individuos	s	8.262
Valor de t Student (α, n-1 g.l)	t	2.0484
Margen de error de la variable número de individuos	E	5.0073
Error relativo	E%	7
Número de sitios	N	12

Con base en los resultados mostrados anteriormente se concluye que con un nivel de confianza del 95%, un margen de error absoluto de 5.0073 y un error relativo del 7%, el número de sitios levantados son representativos de la población en estudio (superficie de AP). El margen de error obtenido es coherente con las características intrínsecas de los volúmenes estimados por sitio.

El margen de error obtenido es coherente con las características intrínsecas del tipo de comunidades vegetales analizadas, lo que da como resultado alta variabilidad entre los sitios de muestreo (Romanh de la Vega y Maldonado R. 2010). En los apartados subsiguientes se describen las características de estructura y composición de las comunidades vegetales existentes en el AP.

Asimismo, se estimó el tamaño de la muestra para poblaciones infinitas con un error relativo del 10% y un nivel de confianza del 95%, con el objetivo de conocer con cuantos sitios con el objetivo de conocer con cuantos sitios de muestreo se hubiera alcanzado un muestreo al 90%, lo que se considera suficiente, el cual se estimó de la siguiente forma:

$$n = \frac{t^2 CV\%^2}{(\varepsilon\%)^2}$$

Donde:

t = Valor de la tabla de t de Student con α y n grados de libertad (para poblaciones infinitas).

CV = Coeficiente de variación $\left(\frac{100}{\bar{x}}\right)^2$

E% = Error relativo.

Como resultado se obtuvo que el tamaño de la muestra para poblaciones infinitas estimado resultó igual a n = 11.424 (12). En el muestreo realizado en el área sujeta a CUSTF se levantó información de **15 sitios**, por lo cual, se puede concluir que se realizó una cantidad suficiente de sitios de muestreo de acuerdo con lo estimado**.**

a.6.2.) Prueba no paramétrica (Curva de Acumulación de Especies CAE)

La curva de acumulación de especies se obtuvo con el programa EstimateS, el cual es una potente herramienta metodológica para estandarizar las estimaciones de riqueza obtenida en distintos inventarios. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez y Hortal, 2003). Para calcular el esfuerzo de muestreo se utilizaron los sitios de muestreo como unidades de estimación. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt de Villareal (2004), en su Capítulo 7.3 nos menciona que *"… Si la curva nos indica que obtuvimos más del 85 % de las especies en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis; si los valores del conjunto de estimadores se comportan de forma similar y presentan valores cercanos a los observados, son seguridad se ha obtenido un buen muestreo"* (Villareal *et al.,* 2004).

Sistema Ambiental (SA)

Para el área propuesta del SA, la curva de acumulación para el estimador **Chao 1 Mean** obtuvo una confianza de la muestra de **93.85%**, mientras que para **Bootstrap Mean** obtuvo un nivel de confianza de la muestra del **86.82%**, en donde se puede observar que la curva se va estabilizando al final de los sitios de muestreo. Lo anterior denota una buena representatividad de la diversidad de flora en el sitio. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad Villarreal (2004), los resultados denotan una elevada representatividad de la diversidad de la flora del sitio.

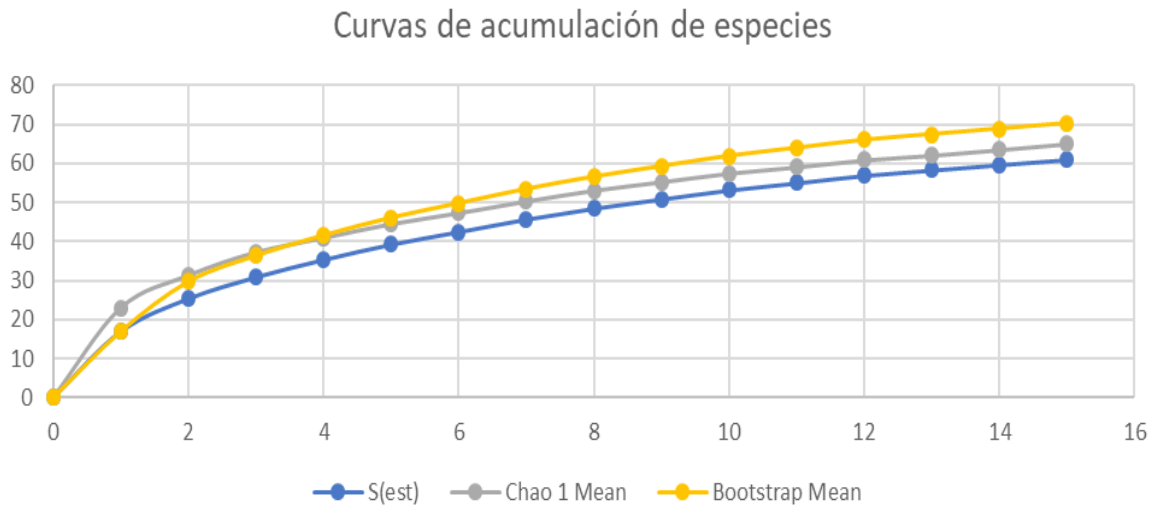


Figura *XLVI.* Curva de Acumulación de especies.

Se utilizó el método de curvas de acumulación de especies para justificar y demostrar la representatividad de la diversidad de flora del sitio de acuerdo con el esfuerzo de muestreo, el cual es considerado suficiente para la caracterización dentro del SA.

Área del Proyecto (AP)

Para el área propuesta para AP, la curva de acumulación para el estimador **Chao 1 Mean** obtuvo un nivel de confianza de la muestra del **86.17%**, y **Bootstrap Mean** obtuvo un nivel de confianza de la muestra del **87.57%**, en donde se puede observar que la curva se va estabilizando al final de los sitios de muestreo. Lo anterior denota una buena representatividad de la diversidad de flora en el sitio. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad Villarreal (2004), los resultados denotan una elevada representatividad de la diversidad de la flora del sitio.

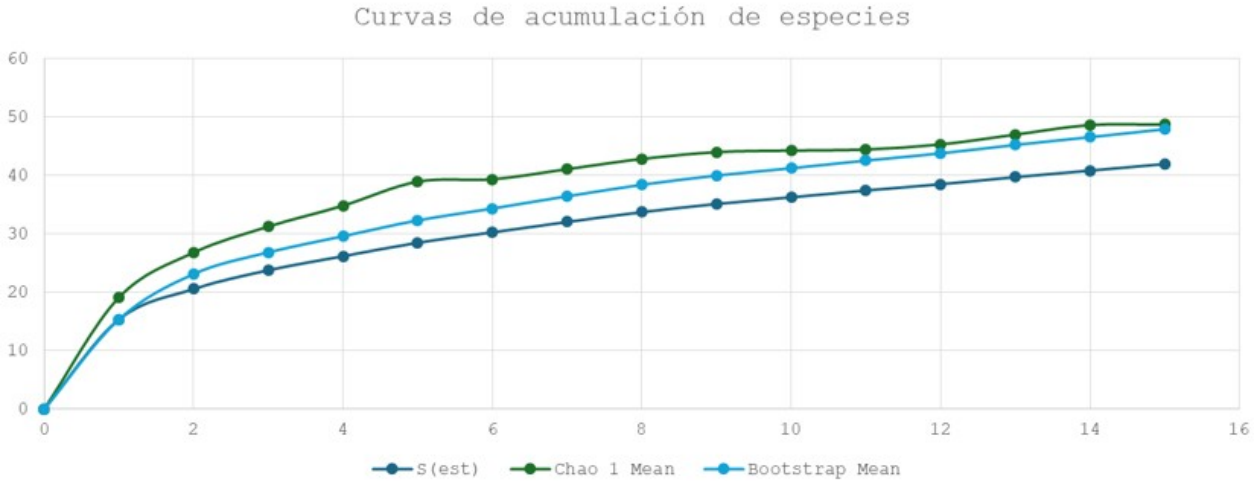


Figura *XLVII.* Curva de Acumulación de especies.

Se utilizó el método de curvas de acumulación de especies para justificar y demostrar la representatividad de la diversidad de flora del sitio de acuerdo con el esfuerzo de muestreo, el cual es considerado suficiente para la caracterización dentro del AP.

a.7.) Análisis de la información para la caracterización de la vegetación

La caracterización de la vegetación se realizó tanto de manera remota como con la información recopilada en campo con base en los sitios de muestreo establecidos tanto en el AP como en el SA.

- ***Descripción de la flora potencial***

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1927 y 2023 (96 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la flora presente dentro del SA y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 1.5 kilómetros.

- ***Caracterización con base en la información vectorial de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII de INEGI (2021)***

Mediante un análisis remoto, se determinaron los tipos de vegetación de influencia directa dentro del **SA** y el **AP**, se calcularon superficies correspondientes y se describieron con base en la información literaria adjunta de INEGI (2018), así como su representación cartográfica dentro de las superficies analizadas. Asimismo, se analizó el estado de conservación contenida en ésta.

- ***Caracterización mediante los sitios de muestreo***

Empleando la información recopilada en campo, se procedió con el análisis dentro del **AP** y **SA**, como por estrato identificado en campo. Para ello, se realizó una descripción a nivel comunidad, florística, dasometría, diversidad e importancia ecológica.

- ***Curva de acumulación de especies (CAE)***

Para comprobar que la cantidad de sitios de muestreos permanentes establecidos dentro de campo tuvieron una representatividad suficiente para la caracterización estructural de los estratos del ecosistema, se elaboró una curva de acumulación de especies empleando el programa EstimateS® en donde se contrastó la curva generada por la riqueza registrada durante los muestreos con los estimadores de diversidad de los índices de CHAO1, CHAO2, Jack 1 y Bootstrap en donde, se considera que la cantidad de muestreos serán suficientes cuando se alcance arriba del 85% de la diversidad estimada respecto a la diversidad esperada (Moreno, 2001), además que las tres curvas alcancen la asíntota.

- ***Descripción a nivel comunidad***

Para la descripción a nivel comunidad, se realizó una síntesis de las características principales de los ecosistemas, resaltando los estratos identificados extrapolados a hectárea tipo, sus componentes principales y características dasométricas básicas dentro de éstas.

- ***Descripción florística***

Para este análisis, se agruparon a las especies tanto por familia botánica como por género para identificar la riqueza de especies de manera general y a nivel de estrato, desarrollando una descripción puntual por niveles de distribución vertical. Además, se analizarán los grados de riesgo de las especies contrastando con la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y Cites, así como su distribución y nivel de endemismo de acuerdo con Enciclovida.

- ***Descripción de la biodiversidad***

Para la descripción de este aparatado, se realizó una descripción tanto a nivel riqueza como en su diversidad.

Riqueza (S)

Se define como riqueza al número de especies presentes en un área determinada. Para este caso en particular es el número total de especies presentes dentro de los muestreos realizados a largo de las actividades de caracterización forestal.

Diversidad

Es la relación que existe entre el número de especies y de individuos de una comunidad. Los índices de diversidad incorporan en un sólo valor tanto a la riqueza específica como la equitatividad. En algunos casos un valor dado de un índice puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitatividad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitatividad, o presentarse una situación contraria. Esto significa que su valor aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitatividad). Para la determinación de la diversidad se han generado diversos índices que permiten relacionar las variables antes expuestas y que para esta caracterización se emplearon el índice de Shannon-Wiener (H´), índice de dominancia de Simpson (ʎ), índice de equitatividad de Pielou (J´), entre otros (Moreno, 2001).

La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson (ʎ), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J´) para comparar la diversidad calculada con el índice de H´ y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.,* 1992; Catalan-Heverástico *et al*., 2003, Halffter *et al,* 2007).

Índice de Shannon-Wiener (H')

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$H' = - \sum pi \ln pi$

Dónde:
S = número de especies (la riqueza de especies)
Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N

Índice de dominancia de Simpson (ʎ)

Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ (Lande, 1996):

$\lambda = \sum pi^2$

Dónde:
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.

Índice de equitatividad de Pielou (J´)

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza (Magurran, 1988; Peet, 1974).

J´= H´/H´max
Dónde:
H´= índice de diversidad de Shannon-Wiener.
H´max = diversidad máxima esperada.

Descripción de la importancia ecológica

Para el análisis de la importancia ecológica de cada uno de los elementos presentes en la vegetación se empleó el índice de valor de importancia (IVI), método sugerido por Curtis & McIntosh (1982) y Mueller & Ellenberg (1974), el cual calcula la importancia fitosociológica y estructural de una especie dentro de una comunidad determinada, por lo que puede ser aplicado para clasificar u ordenar comunidades vegetales.

Su principal ventaja es que es cuantitativo y preciso; por lo tanto, no permite interpretaciones subjetivas. Además, también aporta elementos cuantitativos fundamentales en el análisis ecológico. Este índice se calcula mediante los tres atributos más importantes de cualquier comunidad vegetal: abundancia (número de individuos), dominancia (porcentaje de cobertura desde una distribución horizontal) y frecuencia (ocurrencia). Con dichos resultados se obtuvo el valor de importancia relativo para cada especie (IVI), el cual se calcula de la siguiente manera:

IVI= Dominancia relativa (%) + Abundancia relativa (%) + Frecuencia relativa (%)

Dónde:

Abundancia
Es el número de individuos expresado por superficie de trabajo. La abundancia relativa se refiere al número de individuos de una especie expresado como una proporción de la abundancia total de todas las especies y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Abundancia\,(\%) = \frac{No.\,de\,individuos\,de\,una\,especie}{No.\,total\,de\,individuos\,de\,todas\,las\,especies} \times 100$$

Dominancia
Es la proporción de la ocupación horizontal del terreno por parte de los elementos vegetales que conforman a una comunidad dada. Su valor relativo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dominancia\,(\%) = \frac{Suma\,de\,área\,basal\,de\,una\,especie}{Suma\,de\,área\,basal\,total\,de\,las\,especies} \times 100$$

Para el estrato arbóreo, se calcula por medio del área basal (g), la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$g = \left(\frac{\pi}{4}\right) * DN^2$$

Para el caso del resto de los estratos, la dominancia se calcula en base a la cobertura de copa mediante la siguiente fórmula:

$$COB = \left(\frac{\pi}{4}\right) * \left(\left(\frac{Dia\,1 + Dia\,2}{2}\right)^2\right)$$

Frecuencia

Es el número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras. La frecuencia relativa se refiere a la aparición de una especie, expresada como una proporción de total de las especies atendiendo a la siguiente ecuación:

$$Frecuencia\,(\%) = \frac{No.\,de\,sitios\,en\,los\,que\,la\,especie\,ocurre}{No.\,de\,apariciones\,de\,las\,especies} \times 100$$

Al aplicar las ecuaciones anteriores a las diversas especies que conforman los estratos analizados, la sumatoria de su IVI corresponde a una sumatoria de 300, en donde, conforme mayor sea el valor de las especies, corresponderá una mayor importancia ecológica dentro de la comunidad dada.

a.8.) Resultado

a.8.1.) Flora potencial dentro del Sistema Ambiental (SA)

Mediante la recopilación de registros de especies extraídos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, se obtuvieron un total de 14,962 registros para el Sistema Ambiental (SA), pertenecientes a un total de **1079 especies potenciales de flora**. Los datos obtenidos fueron procesados en el sistema de información geográfica denominado como Qgis 3.40.0, que se realizó un corte y conteo de puntos de registros de especies de flora en el Sistema Ambiental, esto a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 1.5 kilómetros cada uno para reflejar tanto la riqueza como la abundancia (según el caso), contenida en cada uno de los polígonos delimitados, así como la distribución de esta misma. Para ello, se

establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en los polígonos hexagonales distribuidos en el SA, de tal modo que se creó un gradiente de acuerdo con el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos. Como parte de la caracterización del componente flora, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de este SA a través del **periodo comprendido entre 1975 y 2023 (48 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por ello por lo que se concluye que esta información es válida para este componente.

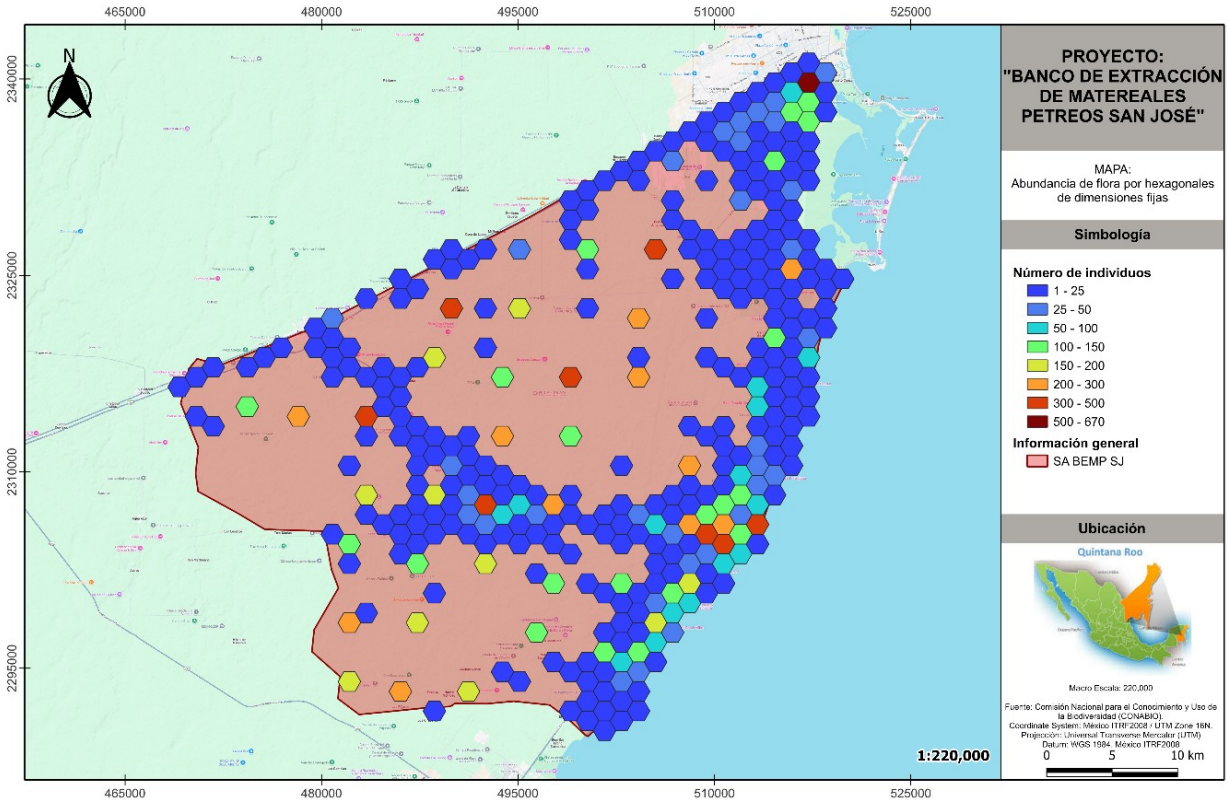


Figura 48. Registro de abundancias de flora por hexágono de dimensiones fijas en el SA.

Dentro de la flora potencial, se registraron un total de 1079 especies distribuidas en 130 familias y 603 géneros, resultando en 114 especies exóticas, 1 criptogénica y 964 nativas, de las cuales 44 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 68 especies en apéndices CITES, todas dentro de la categoría del apéndice II.

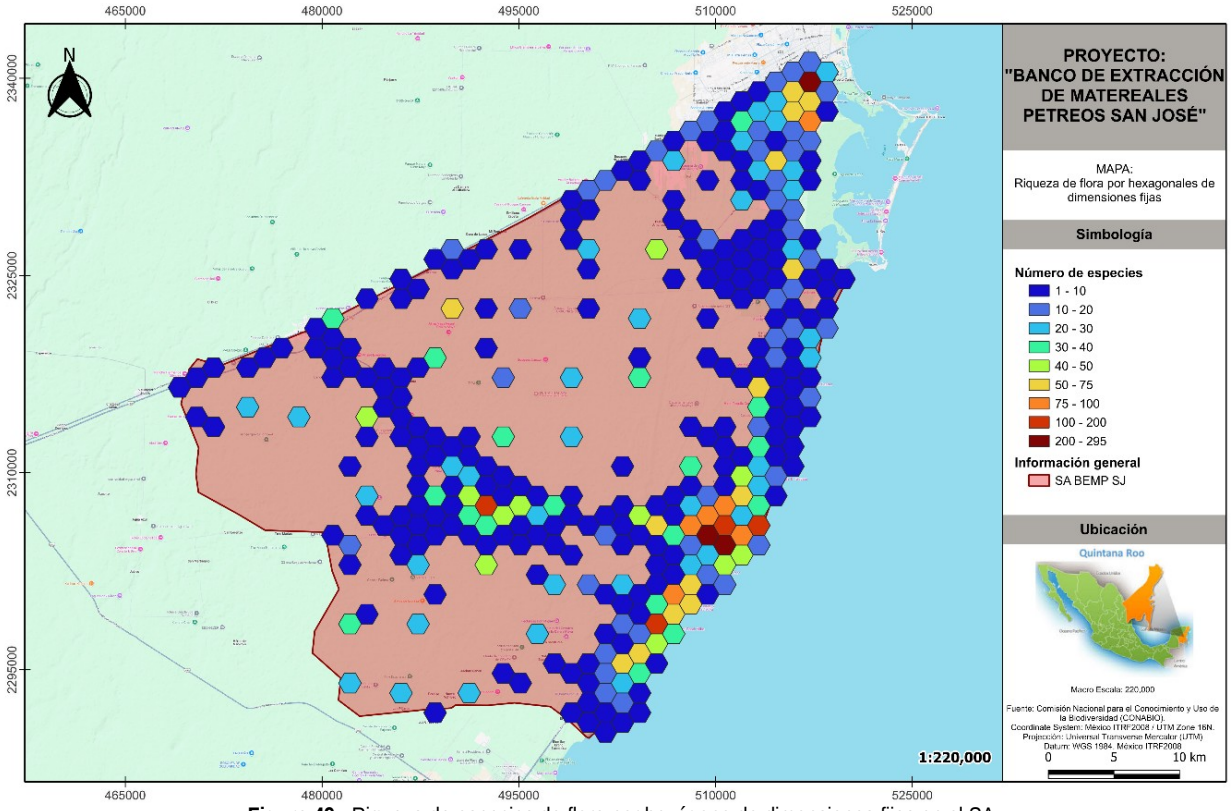


Figura 49. Riqueza de especies de flora por hexágono de dimensiones fijas en el SA.

Por otro lado, dentro de IUCN se registraron un total de 470 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo, siendo estas: sin Datos insuficientes (DD) con 7 registros; Preocupación menor (LC) con 427; Casi Amenazada (NT) con 9 especies; Vulnerable (V) con 15, en Peligro (EN) con 11 siendo *Bakeridesia yucatana, Citharexylum crassifolium, Damburneya leucocome, Esenbeckia berlandieri, Esenbeckia berlandieri berlandieri, Jatropha galvanii, Mosiera contrerasii, Sarcomphalus yucatanensis, Swietenia macrophylla, Vanilla insignis* y *Vanilla planifolia*; y finalmente en Peligro Crítico (CR) con 1 especie: *Guettarda elliptica*. Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo **de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 26 especies en alguna categoría de riesgo**. Es importante comentar que estas especies presentan una distribución más amplia al SA, estableciéndose en el centro del país principalmente, tal cual se muestra a continuación.

Tabla *XX*. Flora potencial en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
Amenazadas (A) (19 especies)	*Astronium graveolens*	No endémica
	Avicennia germinans	No endémica
	Beaucarnea pliabilis	No endémica
	Campyloneurum phyllitidis	No endémica
	Chamaedorea liebmannii	No endémica
	Coccothrinax readii	Endémica
	Conocarpus erectus	No endémica
	Guaiacum coulteri	No endémica
	Guaiacum sanctum	No endémica
	Handroanthus chrysanthus	No endémica

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
	Handroanthus chrysanthus chrysanthus	No endémica
	Laguncularia racemosa	No endémica
	Pseudophoenix sargentii	No endémica
	Rhizophora mangle	No endémica
	Sideroxylon capiri	No endémica
	Syringodium filiforme	No endémica
	Thrinax radiata	No endémica
	Zamia loddigesii	No endémica
	Zinnia elegans	No endémica
En peligro de extinción (P) (1 especie)	*Mammillaria heyderi gaumeri*	Endémica
Sujeta a protección especial (Pr) (6 especies)	*Cedrela odorata*	No endémica
	Gossypium hirsutum	No endémica
	Thalassia testudinum	No endémica
	Tillandsia flexuosa	No endémica
	Vanilla planifolia	No endémica
	Zamia prasina	No endémica

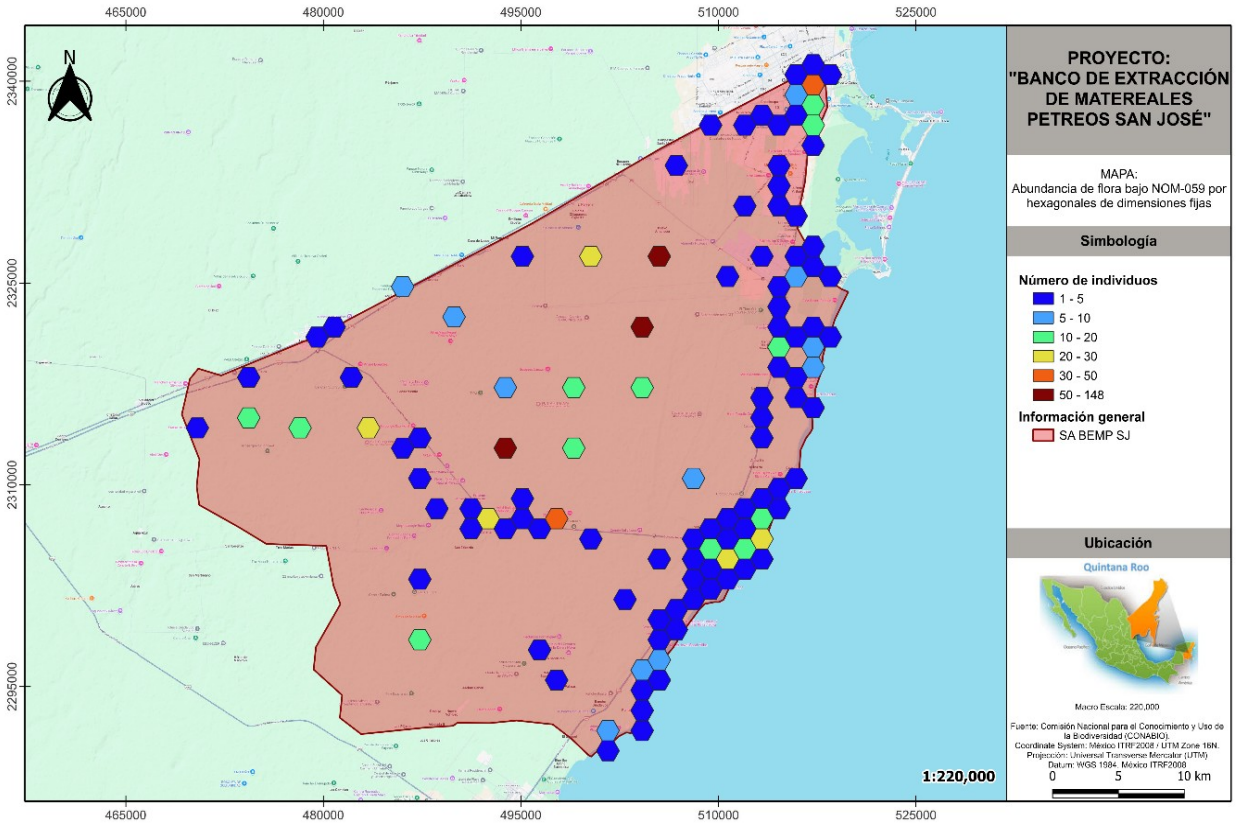


Figura 50. Distribución de individuos de flora bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

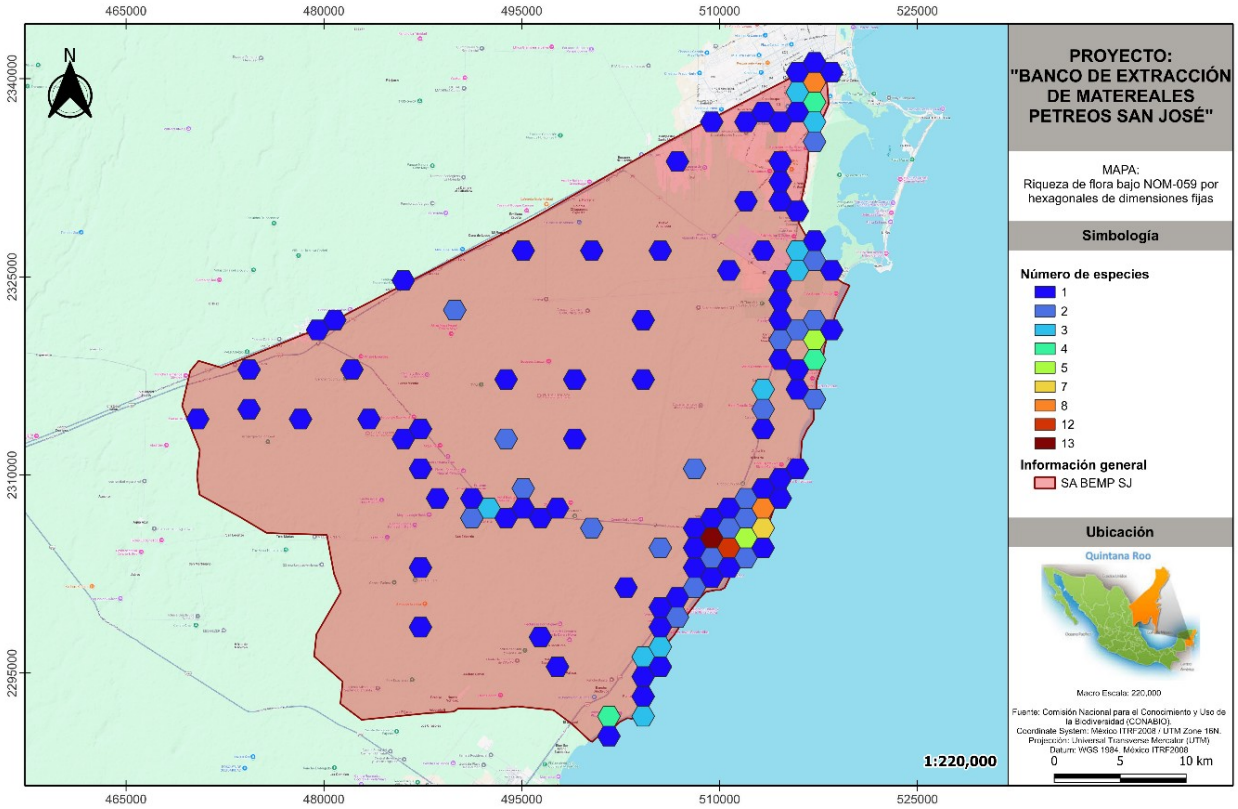


Figura 51. Riqueza de flora potencial bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

a.8.2.) Resultados de flora a través de los muestreos biológicos

- **Sistema Ambiental (SA)**

A continuación, se presenta el resultado de las observaciones de campo, el levantamiento de información y el listado de especies potencialmente presentes en el área del SA para determinar la composición florística del tipo de vegetación que se verá afectada con el cambio de uso de suelo.

<u>Riqueza y estructura florística</u>

En el área del SA se observó la **VSA/SMQ,** la cual fue analizada al ser la vegetación que se presenta en el área del Proyecto, con la finalidad de tener un punto para realizar la comparación de la composición florística entre ambos escenarios.

De esta manera dentro de la SA se registraron un total de **61 especies y 58 géneros pertenecientes a 33 familias** botánicas, en ellas se pueden diferenciar las cinco formas de vida las cuales se presentan en la siguiente figura. **Por estrato, la riqueza de los árboles fue de 39 especies, de los arbustos fue de 7 spp., de las epífitas y/o cactáceas fue de 7 spp., de las palmas fue de 2 spp. y de las hierbas fue de 6 spp.**

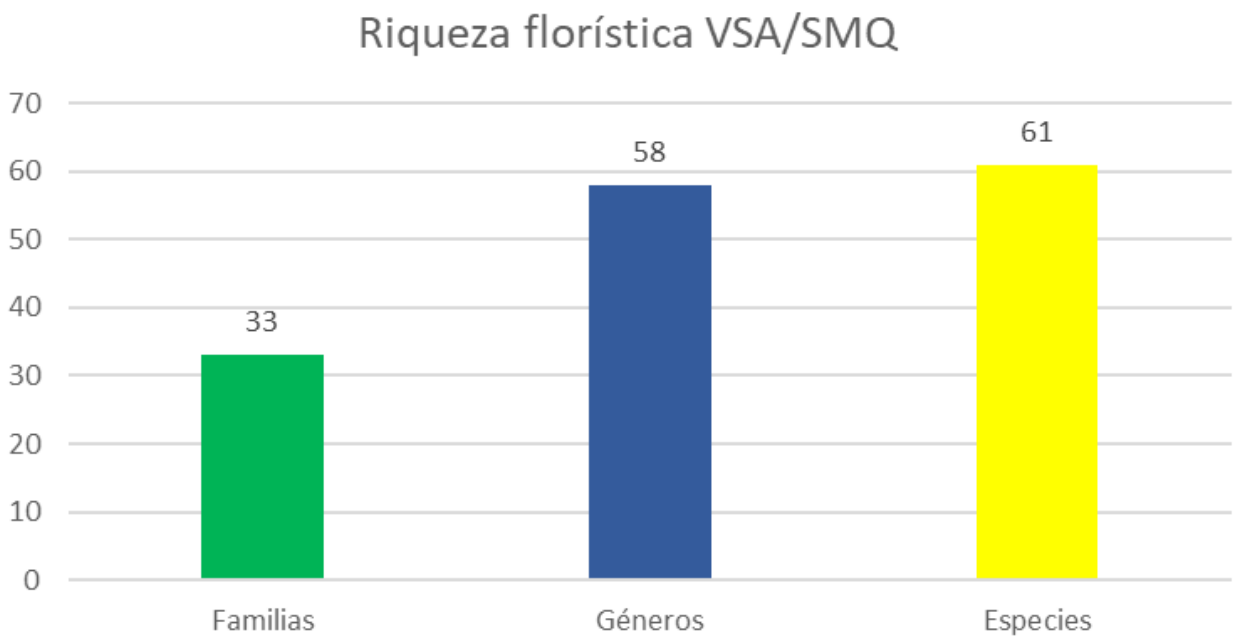


Figura *LII*. Riqueza específica de la vegetación del SA.

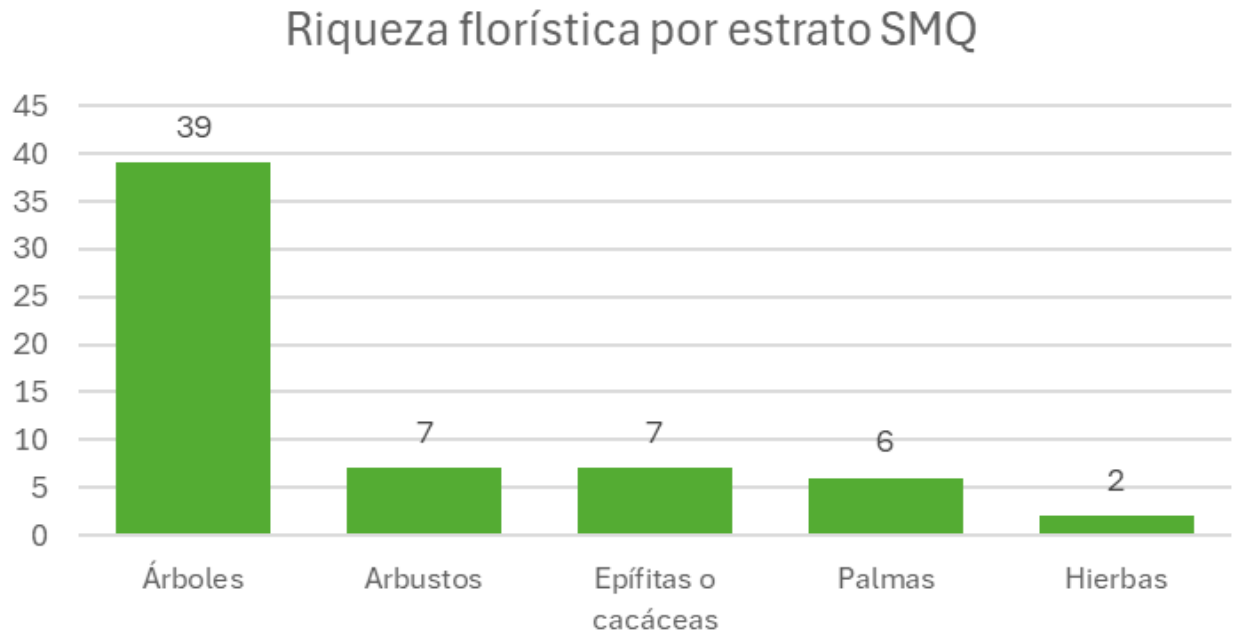


Figura *LIII*. Riqueza específica por estrato del SA.

De acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III**, se registró únicamente **1 especies** en la categoría de **Amenazada (A)**: *Thrinax radiata*; en lo que respecta al **CITES** se encontraron **4 especies** en el **apéndice II** de esta lista (*Catasetum integerrimum, Rhyncholaelia digbyana, Trichocentrum ascendens y Trichocentrum oerstedii*). Para la lista roja de la **IUCN 50 especies** se encuentran en **preocupación menor** (**LC**) como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla *XXI*. Listado florístico de las especies del SA.

FAMILIA	ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	NOM 059	CITES	IUCN
Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Acanthaceae	*Ruellia blechum*	Nativa	SR	SR	SR
Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Anemiaceae	*Anemia adiantifolia*	Nativa	SR	SR	SR
Annonaceae	*Mosannona depressa*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Arecaceae	*Thrinax radiata*	Nativa	Amenazada (A)	SR	Preocupación menor (LC)
Asteraceae	*Acmella repens*	Nativa	SR	SR	SR
Bignoniaceae	*Arrabidaea floribunda*	Nativa	SR	SR	SR
Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Nativa	SR	SR	SR
Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Burseraceae	*Bursera simaruba*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Burseraceae	*Protium copal*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Commelinaceae	*Tradescantia spathacea*	Nativa	SR	SR	SR
Cucurbitaceae	*Momordica charantia*	Exótica-Invasora	SR	SR	SR
Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Lauraceae	*Damburneya coriacea*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Malpighiaceae	*Byrsonima bucidifolia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Hampea trilobata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Nyctaginaceae	*Neea choriophylla*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Nativa	SR	Apéndice II	SR
Orchidaceae	*Rhyncholaelia digbyana*	Nativa	SR	Apéndice II	SR
Orchidaceae	*Trichocentrum ascendens*	Nativa	SR	Apéndice II	SR

FAMILIA	ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	NOM 059	CITES	IUCN
Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	Nativa	SR	Apéndice II	SR
Poaceae	*Panicum trichoides*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Coccoloba acapulcensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Hamelia patens*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Randia truncata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Rutaceae	*Pilocarpus racemosus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Salicaceae	*Laetia thamnia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapindaceae	*Allophylus cominia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Chrysophyllum cainito*	Exótica-Invasora	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Chrysophyllum mexicanum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Pouteria campechiana*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
Urticaceae	*Cecropia peltata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)

Abundancias por especie en la vegetación

En las siguientes tablas se presentan las abundancias y densidades (individuos por hectárea) para cada una de las especies en las diferentes formas de vida registradas en campo dentro del SA, como ya se ha mencionado anteriormente. Se anexa la base de datos para su consulta de manera digital referente a las especies de los diferentes estratos y formas de vida muestreados.

El estrato arbóreo fue el que presentó mayor cantidad de especies esto es acorde al tipo de vegetación que corresponden los sitios de muestreo (VSA/SMQ) en un estado de conservación secundario, siendo la especie que presentó más abundancia *Lysiloma latisiliquum* con 210 individuos en total y con una densidad de 280 ind/ha.

Tabla *XXII*. Abundancia y densidad del estrato arbóreo.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Arbórea	*Allophylus cominia*	2	3
2	Arbórea	*Brosimum alicastrum*	3	4
3	Arbórea	*Bursera simaruba*	80	107
4	Arbórea	*Byrsonima bucidifolia*	9	12
5	Arbórea	*Caesalpinia gaumeri*	2	3
6	Arbórea	*Cascabela gaumeri*	26	35
7	Arbórea	*Cecropia peltata*	13	18
8	Arbórea	*Chrysophyllum cainito*	1	2
9	Arbórea	*Chrysophyllum mexicanum*	2	3
10	Arbórea	*Coccoloba acapulcensis*	3	4
11	Arbórea	*Coccoloba barbadensis*	40	54
12	Arbórea	*Coccoloba spicata*	9	12
13	Arbórea	*Croton arboreus*	3	4
14	Arbórea	*Damburneya coriacea*	91	122
15	Arbórea	*Dendropanax arboreus*	142	190
16	Arbórea	*Diospyros tetrasperma*	18	24
17	Arbórea	*Diphysa carthagenensis*	3	4
18	Arbórea	*Erythrostemon yucatanensis*	2	3

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
19	Arbórea	*Ficus cotinifolia*	100	134
20	Arbórea	*Gliricidia sepium*	18	24
21	Arbórea	*Guettarda combsii*	3	4
22	Arbórea	*Gymnopodium floribundum*	4	6
23	Arbórea	*Jatropha gaumeri*	1	2
24	Arbórea	*Laetia thamnia*	1	2
25	Arbórea	*Lonchocarpus rugosus*	62	83
26	**Arbórea**	***Lysiloma latisiliquum***	**210**	**280**
27	Arbórea	*Manilkara zapota*	6	8
28	Arbórea	*Melicoccus oliviformis*	1	2
29	Arbórea	*Metopium brownei*	28	38
30	Arbórea	*Mosannona depressa*	1	2
31	Arbórea	*Neea choriophylla*	5	7
32	Arbórea	*Pilocarpus racemosus*	3	4
33	Arbórea	*Piscidia piscipula*	14	19
34	Arbórea	*Pouteria campechiana*	2	3
35	Arbórea	*Protium copal*	3	4
36	Arbórea	*Semialarium mexicanum*	2	3
37	Arbórea	*Sideroxylon salicifolium*	36	48
38	Arbórea	*Swartzia cubensis*	12	16
39	Arbórea	*Vitex gaumeri*	54	72
Total			**1,015**	**1,365**

Para este estrato la especie más abundante fue *Hamelia patens* con 72 individuos y 480 ind/ha, la especie menos abundante para este estrato fue *Randia truncata* con sólo 7 individuos por hectárea.

Tabla 23. Abundancia y densidad de arbustivas.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Arbustiva	*Aphelandra scabra*	2	14
2	Arbustiva	*Bauhinia divaricata*	6	40
3	**Arbustiva**	***Hamelia patens***	**72**	**480**
4	Arbustiva	*Hampea trilobata*	4	27
5	Arbustiva	*Malvaviscus arboreus*	61	407
6	Arbustiva	*Plumeria obtusa*	3	20
7	Arbustiva	*Randia truncata*	1	7
Total			**149**	**995**

Este estrato está conformado por las familias Bromeliaceae, Commelinaceae y Orchidaceae. La especie más abundante fue *Tillandsia fasciculata* con 14 ind/ha, mientras que las especies con menor abundancia fueron *Rhyncholaelia digbyana* y *Tradescantia spathacea* con únicamente 2 ind/ha respectivamente.

Tabla XXIV. Abundancia y densidad de Epífito y/o Cactáceas.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Epífitas y/o cactáceas	*Bromelia pinguin*	5	7
2	Epífitas y/o cactáceas	*Catasetum integerrimum*	7	10
3	Epífitas y/o cactáceas	*Rhyncholaelia digbyana*	1	2
4	**Epífitas y/o cactáceas**	***Tillandsia fasciculata***	**10**	**14**
5	Epífitas y/o cactáceas	*Tradescantia spathacea*	1	2
6	Epífitas y/o cactáceas	*Trichocentrum ascendens*	4	6
7	Epífitas y/o cactáceas	*Trichocentrum oerstedii*	5	7
Total			**33**	**48**

Para el estrato herbáceo se presentaron 6 especies, siendo la más representativa ***Panicum trichoides*** perteneciente a la familia Poaceae con 9,834 ind/ha, seguida de *Anemia adiantifolia* con 4,334 ind/ha, mientras que la especie que registro la menor densidad fue *Acmella repens* con 334 ind/ha.

Tabla XXV. Abundancia y densidad de herbáceas.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/HA
1	Herbácea	*Acmella repens*	2	334

2	Herbácea	*Anemia adiantifolia*	26	4,334
3	Herbácea	*Fridericia floribunda*	8	1,334
4	Herbácea	*Momordica charantia*	7	1,167
5	**Herbácea**	***Panicum trichoides***	**59**	**9,834**
6	Herbácea	*Ruellia blechum*	4	667
Total			**106**	**17,670**

En el estrato de palmas registro un total de 2 especies de las cuales, *Chamaedorea seifrizii* fue la que presento la mayor abundancia con 25 individuos en total, y 34 ind/ha.

Tabla 26. Abundancia y densidad de palmas.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	**Palmera**	***Chamaedorea seifrizii***	**25**	**34**
2	Palmera	*Thrinax radiata*	9	12
Total			**34**	**46**

Índices de diversidad del SA para el tipo de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ)

Forma de vida arbórea

Dentro del SA para la forma de vida arbórea se registraron 39 especies, la diversidad de acuerdo con el Índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de H´Max de 3.664, lo que indica que para el estrato arbóreo en la vegetación Secundaria Arbórea de SMQ se presenta una diversidad alta (se alcanzó el número esperado de especies).

Asimismo, considerando que el índice de equidad toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas dentro del estrato evaluado, el valor de dicho índice fue de 0.745, lo que muestra que los individuos de las diferentes especies que componen esta forma de vida se encuentran distribuidos de manera uniforme. De esta manera se aprecia una dominancia de las *Lysiloma latisiliquum y Dendropanax arboreus* sobre el resto de las especies, con una abundancia de 280 y 190 individuos respectivamente, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27. Índices de diversidad del estrato arbóreo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Allophylus cominia*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
2	*Brosimum alicastrum*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
3	*Bursera simaruba*	107	0.0784	-2.5461	-0.1996
4	*Byrsonima bucidifolia*	12	0.0088	-4.7340	-0.0416
5	*Caesalpinia gaumeri*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
6	*Cascabela gaumeri*	35	0.0256	-3.6636	-0.0939
7	*Cecropia peltata*	18	0.0132	-4.3285	-0.0571
8	*Chrysophyllum cainito*	2	0.0015	-6.5258	-0.0096
9	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
10	*Coccoloba acapulcensis*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
11	*Coccoloba barbadensis*	54	0.0396	-3.2299	-0.1278
12	*Coccoloba spicata*	12	0.0088	-4.7340	-0.0416
13	*Croton arboreus*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
14	*Damburneya coriacea*	122	0.0894	-2.4149	-0.2158
15	***Dendropanax arboreus***	**190**	**0.1392**	**-1.9719**	**-0.2745**
16	*Diospyros tetrasperma*	24	0.0176	-4.0409	-0.0710

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
17	*Diphysa carthagenensis*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
18	*Erythrostemon yucatanensis*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
19	*Ficus cotinifolia*	134	0.0982	-2.3211	-0.2279
20	*Gliricidia sepium*	24	0.0176	-4.0409	-0.0710
21	*Guettarda combsii*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
22	*Gymnopodium floribundum*	6	0.0044	-5.4272	-0.0239
23	*Jatropha gaumeri*	2	0.0015	-6.5258	-0.0096
24	*Laetia thamnia*	2	0.0015	-6.5258	-0.0096
25	*Lonchocarpus rugosus*	83	0.0608	-2.8001	-0.1703
26	***Lysiloma latisiliquum***	**280**	**0.2051**	**-1.5841**	**-0.3249**
27	*Manilkara zapota*	8	0.0059	-5.1395	-0.0301
28	*Melicoccus oliviformis*	2	0.0015	-6.5258	-0.0096
29	*Metopium brownei*	38	0.0278	-3.5813	-0.0997
30	*Mosannona depressa*	2	0.0015	-6.5258	-0.0096
31	*Neea choriophylla*	7	0.0051	-5.2730	-0.0270
32	*Pilocarpus racemosus*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
33	*Piscidia piscipula*	19	0.0139	-4.2745	-0.0595
34	*Pouteria campechiana*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
35	*Protium copal*	4	0.0029	-5.8326	-0.0171
36	*Semialarium mexicanum*	3	0.0022	-6.1203	-0.0135
37	*Sideroxylon salicifolium*	48	0.0352	-3.3477	-0.1177
38	*Swartzia cubensis*	16	0.0117	-4.4463	-0.0521
39	*Vitex gaumeri*	72	0.0527	-2.9422	-0.1552
TOTAL		**1,365**	**Riqueza**		**39**
			H'		2.730
			H' max		3.664
			Equidad de Pielou (J')		0.745

Con respecto al Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE), se determinó que las especies más representativas de este tipo de vegetación fueron *Lysiloma latisiliquum* y *Dendropanax arboreus* con valores de 20.4746 y 10.5965% respectivamente, lo que indica que son las especies más importantes en términos de estructura y función en el ecosistema estudiado. Esta dominancia se debe principalmente a su alta abundancia y dominancia, lo cual sugiere una buena adaptación y capacidad competitiva en el entorno, por lo que, se les reconoce como los componentes estructurales y florísticos más importante de este estrato. Para este estrato se interpreta una alta diversidad de especies, pero con algunas dominantes, esto puede indicar un ecosistema saludable con condiciones favorables para las especies dominantes.

Tabla XXVIII. IVIE del estrato arbóreo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Allophylus cominia*	3	0.22	0.518	0.129	0.867	0.289
2	*Brosimum alicastrum*	4	0.29	0.518	1.097	1.908	0.636
3	*Bursera simaruba*	107	7.84	6.736	4.184	18.76	6.253
4	*Byrsonima bucidifolia*	12	0.88	2.591	0.493	3.963	1.321
5	*Caesalpinia gaumeri*	3	0.22	1.036	0.116	1.372	0.457
6	*Cascabela gaumeri*	35	2.56	4.663	1.892	9.12	3.04
7	*Cecropia peltata*	18	1.32	2.591	1.016	4.925	1.642
8	*Chrysophyllum cainito*	2	0.15	0.518	0.136	0.801	0.267
9	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0.22	0.518	0.186	0.924	0.308

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
10	*Coccoloba acapulcensis*	4	0.29	1.036	0.247	1.577	0.526
11	*Coccoloba barbadensis*	54	3.96	5.181	2.331	11.47	3.823
12	*Coccoloba spicata*	12	0.88	3.109	0.781	4.769	1.59
13	*Croton arboreus*	4	0.29	1.554	0.14	1.987	0.662
14	*Damburneya coriacea*	122	8.94	7.254	7.107	23.3	7.766
15	***Dendropanax arboreus***	**190**	**13.92**	**7.254**	**10.616**	**31.79**	**10.6**
16	*Diospyros tetrasperma*	24	1.76	4.145	1.171	7.074	2.358
17	*Diphysa carthagenensis*	4	0.29	1.036	0.247	1.576	0.525
18	*Erythrostemon yucatanensis*	3	0.22	0.518	0.101	0.839	0.28
19	*Ficus cotinifolia*	134	9.82	7.254	6.542	23.61	7.871
20	*Gliricidia sepium*	24	1.76	1.036	1.488	4.282	1.427
21	*Guettarda combsii*	4	0.29	1.554	0.178	2.025	0.675
22	*Gymnopodium floribundum*	6	0.44	1.036	0.253	1.729	0.576
23	*Jatropha gaumeri*	2	0.15	0.518	0.08	0.745	0.248
24	*Laetia thamnia*	2	0.15	0.518	0.044	0.708	0.236
25	*Lonchocarpus rugosus*	83	6.08	5.181	4.635	15.9	5.299
26	***Lysiloma latisiliquum***	**280**	**20.51**	**6.736**	**34.175**	**61.42**	**20.48**
27	*Manilkara zapota*	8	0.59	1.554	1.921	4.061	1.354
28	*Melicoccus oliviformis*	2	0.15	0.518	0.153	0.817	0.272
29	*Metopium brownei*	38	2.78	4.145	4.897	11.83	3.942
30	*Mosannona depressa*	2	0.15	0.518	0.048	0.713	0.238
31	*Neea choriophylla*	7	0.51	0.518	0.339	1.37	0.457
32	*Pilocarpus racemosus*	4	0.29	0.518	0.1	0.911	0.304
33	*Piscidia piscipula*	19	1.39	3.627	1.933	6.952	2.317
34	*Pouteria campechiana*	3	0.22	1.036	0.141	1.397	0.466
35	*Protium copal*	4	0.29	1.036	0.201	1.53	0.51
36	*Semialarium mexicanum*	3	0.22	0.518	0.113	0.851	0.284
37	*Sideroxylon salicifolium*	48	3.52	2.591	2.629	8.736	2.912
38	*Swartzia cubensis*	16	1.17	3.109	2.102	6.383	2.128
39	*Vitex gaumeri*	72	5.27	5.699	6.037	17.01	5.67
TOTAL		**1,365**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Forma de vida arbustiva

Para la forma de vida arbustiva se registraron 7 especies, la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 1.118, dicho valor corresponde a un nivel de diversidad baja.

Por otro lado, considerando que el índice de equidad toma en cuenta la abundancia de las especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor de dicho índice resultó en 0.574, lo que muestra que los individuos se encuentran distribuidos de manera a modo de campana entre de las diferentes especies que componen esta forma de vida.

Como se aprecia en la siguiente tabla, las especies con mayor densidad son *Hamelia patens* y *Malvaviscus arboreus* con una cantidad de 480 y 407 ind/ha respectivamente.

Tabla XXIX. Índices de diversidad del estrato arbustivo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Aphelandra scabra*	14	0.014	-4.264	-0.060
2	*Bauhinia divaricata*	40	0.040	-3.214	-0.129
3	***Hamelia patens***	**480**	**0.482**	**-0.729**	**-0.352**
4	*Hampea trilobata*	27	0.027	-3.607	-0.098
5	***Malvaviscus arboreus***	**407**	**0.409**	**-0.894**	**-0.366**
6	*Plumeria obtusa*	20	0.020	-3.907	-0.079
7	*Randia truncata*	7	0.007	-4.957	-0.035
TOTAL		**995**	**Riqueza**		**7**
			H'		1.118
			H' max		1.946
			Equidad de Pielou (J')		0.574

De acuerdo los resultados del Valor de Importancia Ecológica, se determinó que las especies más representativas de este tipo de vegetación fueron *Hamelia patens* y *Malvaviscus arboreus* con valores de 36.3777 % y 26.0932 %, respectivamente, esto influenciado en gran medida por su densidad, por lo que se le reconoce como el componente estructural y florístico más importante de este estrato, por otro, lado el porcentaje restante se encuentra distribuido entre las especies restantes de la forma de vida, las cuales presentan valores menores en cuanto a las variables que determinan el IVIE como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XXX. IVIE del estrato arbustivo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Aphelandra scabra*	14	1.41	3.704	1.458	6.569	2.19
2	*Bauhinia divaricata*	40	4.02	14.815	3.463	22.298	7.433
3	***Hamelia patens***	**480**	**48.24**	**37.037**	**23.855**	**109.13**	**36.38**
4	*Hampea trilobata*	27	2.71	7.407	28.286	38.407	12.8
5	***Malvaviscus arboreus***	**407**	**40.9**	**29.63**	**7.745**	**78.28**	**26.09**
6	*Plumeria obtusa*	20	2.01	3.704	33.552	39.266	13.09
7	*Randia truncata*	7	0.7	3.704	1.64	6.048	2.016
TOTAL		**995**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Forma de vida Epífitas y/o Cactáceas

Para la forma de vida Epífita y/o Cactáceas se registraron 7 especies, la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 1.772, dicho valor corresponde a un nivel de diversidad baja.

Tabla 31. IVIE del estrato Epífitas y/o cactáceas.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	***Bromelia pinguin***	**7**	**0.146**	**-1.925**	**-0.281**
2	***Catasetum integerrimum***	**10**	**0.208**	**-1.569**	**-0.327**
3	*Rhyncholaelia digbyana*	2	0.042	-3.178	-0.132
4	***Tillandsia fasciculata***	**14**	**0.292**	**-1.232**	**-0.359**
5	*Tradescantia spathacea*	2	0.042	-3.178	-0.132
6	*Trichocentrum ascendens*	6	0.125	-2.079	-0.260
7	*Trichocentrum oerstedii*	7	0.146	-1.925	-0.281
TOTAL		**48**	**Riqueza**		**7**
			H'		1.772
			H' max		1.946
			Equidad de Pielou (J')		0.911

Respecto al IVIE, se determinó que la especie más representativa de este tipo de vegetación fue *Catasetum integerrimum* con un porcentaje de 32.6685, estos resultados se encuentran muy influenciados por la densidad que presenta esta especie dentro del estrato, así como por sus valores de dominancia relativa, por lo que también se le reconoce dentro del componente estructural y florístico de este estrato, seguida únicamente por *Bromelia pinguin* que registro un IVIE de 21.5192% como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 32. IVIE del estrato epífitas y/o cactáceas.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	***Bromelia pinguin***	**7**	**14.58**	**25.000**	**24.974**	**64.558**	**21.519**
2	***Catasetum integerrimum***	**10**	**20.83**	**25.000**	**52.172**	**98.006**	**32.669**
3	*Rhyncholaelia digbyana*	2	4.17	8.333	2.102	14.602	4.867
4	*Tillandsia fasciculata*	14	29.17	8.333	13.454	50.954	16.985
5	*Tradescantia spathacea*	2	4.17	8.333	0.336	12.836	4.279
6	*Trichocentrum ascendens*	6	12.50	16.667	4.672	33.838	11.279
7	*Trichocentrum oerstedii*	7	14.58	8.333	2.289	25.206	8.402
TOTAL		**48**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Forma de vida herbácea

Para la forma de vida de las especies herbáceas se registraron 6 especies, la diversidad de acuerdo con el Índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 1.244, lo cual indica que para esta forma de vida en la VSA/SMQ se presenta una diversidad baja.

Considerando que este índice toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor del índice de equidad resultó en 0.694, lo que indica que los individuos se encuentran medianamente distribuidos entre las especies presentes en esta forma de vida.

Como se aprecia en la siguiente tabla, la especie *Panicum trichoides* fue la que presentó una mayor densidad con un total de 9,834 individuos seguida de *Anemia adiantifolia* con 4,334 individuos.

Tabla XXXIII. Índices de diversidad del estrato herbáceo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Acmella repens*	334	0.019	-3.968	-0.075
2	***Anemia adiantifolia***	**4,334**	**0.245**	**-1.405**	**-0.345**
3	*Fridericia floribunda*	1,334	0.075	-2.584	-0.195
4	*Momordica charantia*	1,167	0.066	-2.717	-0.179
5	***Panicum trichoides***	**9,834**	**0.557**	**-0.586**	**-0.326**
6	*Ruellia blechum*	667	0.038	-3.277	-0.124
TOTAL		**17,670**	**Riqueza**		**6**
			H'		1.244
			H' max		1.792
			Equidad de Pielou (J')		0.694

Para este estrato se determinó que la especie más representativa de este tipo de vegetación fue *Panicum trichoides* con un IVIE de 48.2309%, esto influenciado por la densidad, frecuencia y densidad que presenta esta especie dentro del estrato, seguido de *Anemia adiantifolia* con un IVIE de 23.2794%.

Tabla 34. IVIE del estrato herbáceo.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Acmella repens*	334	1.89	6.667	0.338	8.895	2.965
2	*Anemia adiantifolia*	4,334	24.53	13.333	31.978	69.838	23.279
3	*Fridericia floribunda*	1,334	7.55	13.333	7.106	27.989	9.33
4	*Momordica charantia*	1,167	6.6	6.667	4.737	18.008	6.003
5	*Panicum trichoides*	9,834	55.65	40	49.039	144.693	48.231
6	*Ruellia blechum*	667	3.77	20	6.802	30.576	10.192
TOTAL		**17,670**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Forma de vida palmas

El estrato de la forma de vida de las palmas está representado por únicamente una familia botánica denominada Arecaceae, que presenta solo 2 especies, la diversidad de acuerdo con el Índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 0.574, lo cual indica que para esta forma de vida en la VSA/SMQ se presenta una diversidad baja. Considerando que este índice toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor del índice de equidad resultó en 0.828, lo que indica que los individuos se encuentran distribuidos en pocas especies.

Como se aprecia en la siguiente tabla, la especie *Chamaedorea seifrizii* fue la que presentó una mayor abundancia con un total 34 ind/ha como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 35. Índices de diversidad del estrato palmas.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	***Chamaedorea seifrizii***	**34**	**0.739**	**-0.302**	**-0.223**
2	*Thrinax radiata*	12	0.261	-1.344	-0.351
TOTAL		**46**	**Riqueza**		**2**
			H'		0.574
			H' max		0.693
			Equidad de Pielou (J')		0.828

Respecto al Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) se determinó que la especie más representativa de este tipo de vegetación fue *Chamaedorea seifrizii* con un IVIE de 55.8315 %, el cual se encuentra muy influenciado por sus altos valores en las diferentes variables que utiliza este índice para su evaluación como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla XXXVI. IVIE del estrato palmas.

N º	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Chamaedorea seifrizii*	34	73.91	50.000	43.581	167.494	55.831
2	*Thrinax radiata*	12	26.09	50.000	56.419	132.506	44.169
TOTAL		**46**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III

De acuerdo con la categoría de protección de la normatividad nacional, en el área correspondiente a la VSA/SMQ se registró la presencia de una especie considerada en la categoría de Amenazada (A) de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, la cuales se muestra en la siguiente tabla. No obstante, esta especie se encuentra ampliamente distribuida dentro del SA, así como de la Península de Yucatán, por lo que sus poblaciones no presentan algún riesgo derivado de las actividades que se realizan dentro del SA, aunque la pérdida de hábitat podría promover al mediano plazo la reducción del hábitat de esta especie.

Tabla 37. Especies presentes en los sitios de muestreo con estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Thrinax radiata	Guano de Costa (Esp), Bayal (Maya)	Amenazada (A)	No endémica

Especies incluidas en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)

En lo que respecta a las especies incluidas en los apéndices de las CITES, 4 de ellas se registraron dentro del apéndice II, siendo todas ellas orquídeas (Orchidaceae), un grupo que a nivel mundial se encuentra altamente afectado por su extracción del hábitat y tráfico ilegal internacional. A continuación, se enlistan dichas especies.

Tabla *XXXVIII*. Especies de flora registradas en el SA dentro de algún apéndice de las CITES.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CITES
Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Orquídea Cola de Pato	II
Orchidaceae	*Rhyncholaelia digbyana*	Orquídea Blanca Yucateca	II
Orchidaceae	*Trichocentrum ascendens*	Ahoche	II
Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	Aguililla gris	II

Especies incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

En lo que respecta a las especies incluidas en las listas rojas de la IUCN, 37 especies han sido analizadas por este instrumento, estando todas en preocupación menor (LC) por lo que actualmente a nivel internacional se reconoce que presentan un riesgo de preocupación al corto y mediano plazo, pero que al largo plazo puedan presentar un riesgo mayor por la pérdida del hábitat.

Tabla *XXXIX*. Especies de flora registradas en el SA dentro de las listas rojas de la IUCN.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	IUCN
Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	Preocupación menor (LC)
Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Mosannona depressa*	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Araliaceae	*Plumeria obtusa*	Preocupación menor (LC)
Bromeliaceae	*Dendropanax arboreus*	Preocupación menor (LC)
Burseraceae	*Chamaedorea seifrizii*	Preocupación menor (LC)
Celastraceae	*Thrinax radiata*	Preocupación menor (LC)
Ebenaceae	*Tillandsia fasciculata*	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Bursera simaruba*	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Protium copal*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Semialarium mexicanum*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Diospyros tetrasperma*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Jatropha gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Croton arboreus*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Preocupación menor (LC)
Lamiaceae	*Gliricidia sepium*	Preocupación menor (LC)
Lauraceae	*Lonchocarpus rugosus*	Preocupación menor (LC)
Malpighiaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Piscidia piscipula*	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Swartzia cubensis*	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Vitex gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Damburneya coriacea*	Preocupación menor (LC)
Nyctaginaceae	*Byrsonima bucidifolia*	Preocupación menor (LC)
Poaceae	*Hampea trilobata*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Malvaviscus arboreus*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Brosimum alicastrum*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Ficus cotinifolia*	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Neea choriophylla*	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Panicum trichoides*	Preocupación menor (LC)
Rutaceae	*Coccoloba barbadensis*	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Coccoloba spicata*	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Coccoloba acapulcensis*	Preocupación menor (LC)
Urticaceae	*Gymnopodium floribundum*	Preocupación menor (LC)

- **Área del Proyecto (AP)**

A continuación, se presenta el resultado de las observaciones de campo, el levantamiento de información y el listado de especies potencialmente presentes en el AP para determinar la composición florística de los tipos de vegetación que se verán afectados con el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
.

Riqueza y estructura florística

En el AP se observó un tipo de vegetación en estado de conservación secundario con un estrato principal: La VSA/SMQ, tal como se señala en el SA de este estudio, este tipo de vegetación también fue analizada para el SA con la finalidad de comparar la composición florística entre ambos escenarios. Cabe destacar que como anexo al presente capítulo se encuentra la base de datos con sus respectivos cálculos. En los siguientes apartados se realiza el análisis del tipo de vegetación registrada en el polígono de AP.

En el polígono de AP se registraron **42 especies** pertenecientes a **27 familias botánicas** y **41 géneros**. De estas especies **29 pertenecen a la forma de vida arbórea, 6 especies a la forma de vida arbustiva, 3 especies a la forma de vida Epifito y/o Cactáceas, y 4 especies de la forma de vida herbácea** las cuales se presentan en las siguientes figuras. Se destaca que para este AP no se registraron especies de la forma de vida de palmas.

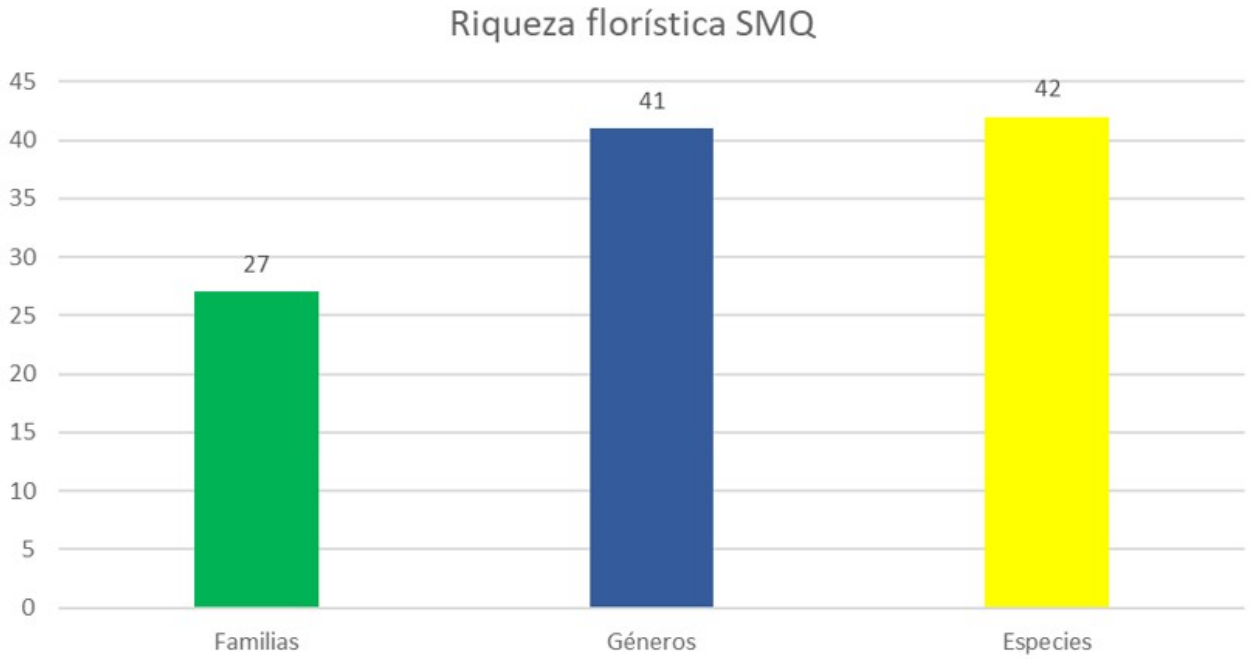


Figura *LIV*. Riqueza específica de la vegetación del AP.

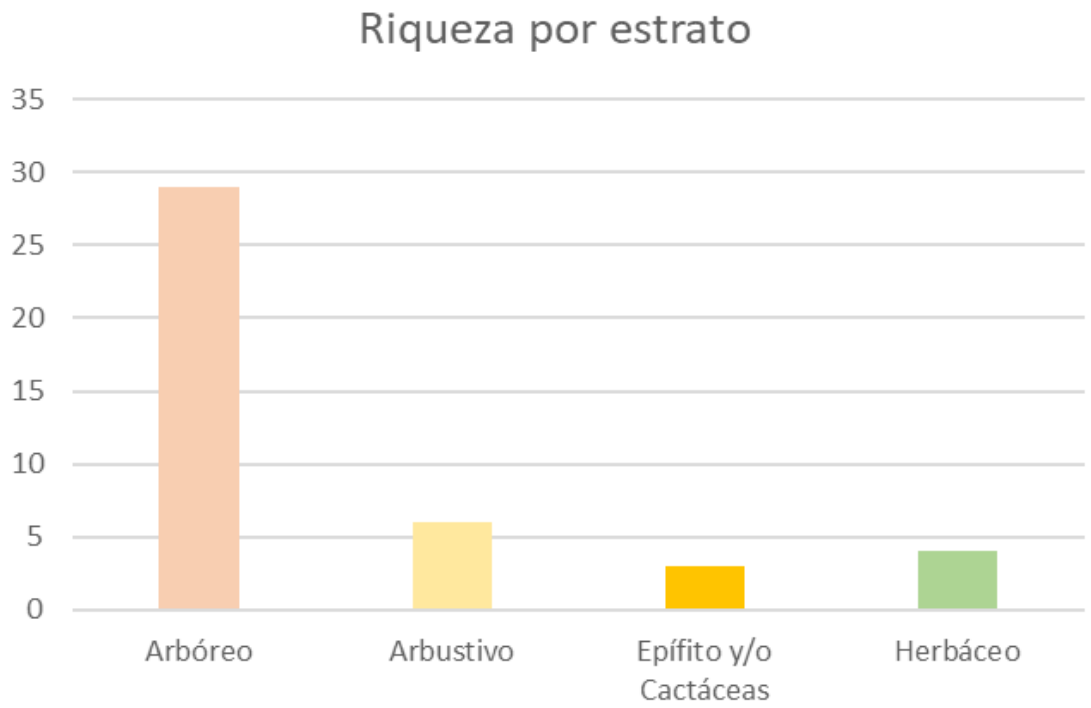


Figura *LV*. Riqueza específica por estrato del AP.

Es importante mencionar que, del total de especies, ninguna es endémica según (CONABIO, 2024), 41 especies son nativas y 1 es exótica-invasora; donde se pueden diferenciar cuatro formas de vida (Arbóreo, Arbustivo, Epifito y/o Cactáceas y Herbáceo) que fueron las registradas en campo.

De acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III**, no se registró ninguna especie con estatus de protección. Para el **CITES** se registraron dos especies que se encuentran en el **apéndice II** (***Catasetum integerrimum*** y ***Trichocentrum oerstedii***); mientras que, para el **IUCN**, se registraron ***37* especies enlistadas** en categoría de **preocupación menor (LC).**

Tabla *XL*. Listado florístico de las especies del AP.

ID	FAMILIA	ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	NOM 059	CITES	IUCN
1	Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
2	Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
3	Anemiaceae	*Anemia adiantifolia*	Nativa	SR	SR	SR
4	Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
5	Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
6	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
7	Asteraceae	*Acmella repens*	Nativa	SR	SR	SR
8	Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
9	Burseraceae	*Bursera simaruba*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
10	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
11	Cucurbitaceae	*Momordica charantia*	Exótica-Invasora	SR	SR	SR
12	Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
13	Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
14	Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
15	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
16	Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
17	Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
18	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
19	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
20	Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)

ID	FAMILIA	ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	NOM 059	CITES	IUCN
21	Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
22	Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
23	Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
24	Lauraceae	*Damburneya coriacea*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
25	Malpighiaceae	*Byrsonima bucidifolia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
26	Malvaceae	*Hampea trilobata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
27	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
28	Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
29	Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
30	Nyctaginaceae	*Neea choriophylla*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
31	Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Nativa	SR	Apéndice II	SR
32	Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	Nativa	SR	Apéndice II	SR
33	Poaceae	*Panicum trichoides*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
34	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
35	Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
36	Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
37	Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
38	Rubiaceae	*Hamelia patens*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
39	Rutaceae	*Pilocarpus racemosus*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
40	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
41	Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)
42	Urticaceae	*Cecropia peltata*	Nativa	SR	SR	Preocupación menor (LC)

Abundancias por especie en la vegetación

En las siguientes tablas se presentan las abundancias y densidades (individuos por hectárea) para cada una de las especies en las diferentes formas de vida registradas en campo dentro del AP, como ya se ha mencionado anteriormente. Se anexa la base de datos para su consulta de manera digital referente a las especies de los diferentes estratos y formas de vida muestreados.

El estrato arbóreo fue el que presentó mayor cantidad de especies esto es acorde al tipo de vegetación que corresponden los sitios de muestreo (VSA/SMQ) en un estado de conservación secundario, siendo la especie que presentó más abundancia ***Lysiloma latisiliquum*** con **142 individuos** en total y con una densidad de 190 ind/ha.

Tabla 41. Abundancia y densidad de arbóreas en el AP.

NO.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Moraceae	*Brosimum alicastrum*	1	2
2	Burseraceae	*Bursera simaruba*	72	96
3	Malpighiaceae	*Byrsonima bucidifolia*	3	4
4	Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	9	12
5	Urticaceae	*Cecropia peltata*	1	2
6	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	37	50
7	Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	7	10
8	Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	1	2
9	Lauraceae	*Damburneya coriacea*	77	103
10	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	141	188
11	Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	17	23
12	Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	1	2
13	Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	2	3
14	Moraceae	*Ficus cotinifolia*	105	140
15	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	19	26
16	Rubiaceae	*Guettarda combsii*	3	4
17	Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	3	4
18	Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	1	2
19	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	37	50
20	Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	142	190
21	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	1	2
22	Anacardiaceae	*Metopium brownei*	28	38

NO.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
23	Nyctaginaceae	*Neea choriophylla*	6	8
24	Rutaceae	*Pilocarpus racemosus*	2	3
25	Fabaceae	*Piscidia piscipula*	10	14
26	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	1	2
27	Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	33	44
28	Fabaceae	*Swartzia cubensis*	2	3
29	Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	47	63
TOTAL			**809**	**1,090**

*Los valores estimados de densidades de cada especie, así como el total, incluyen decimales, por lo que el valor total puede diferir de la suma de los valores redondeados de densidad por especie que se presentan en esta tabla.

Zamora-Crescencio, et al. 2017, señala entre otras especies a *Metopium brownei, Piscidia piscipula, Vitex gaumeri* y *Semialarium mexicanum*, entre las especies que caracterizan esta comunidad, mismas que fueron encontradas en los muestreos en campo en las áreas solicitadas para el AP, y que fueron analizadas ecológicamente. Para este estrato la especie más abundante fue ***Hamelia patens*** con **70 individuos** y 467 ind/ha, la especie menos abundante para este estrato fue ***Plumeria obtusa*** con sólo **7 individuos** por hectárea.

Tabla 42. Abundancia y densidad de arbustivas en el AP.

NO.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	1	7
2	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	2	14
3	Rubiaceae	*Hamelia patens*	70	467
4	Malvaceae	*Hampea trilobata*	2	14
5	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	56	374
6	Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	1	7
TOTAL			**132**	**883**

*Los valores estimados de densidades de cada especie, así como el total, incluyen decimales, por lo que el valor total puede diferir de la suma de los valores redondeados de densidad por especie que se presentan en esta tabla.

Para esté estrato se registraron tres especies, siendo la más abundante ***Tillandsia fasciculata*** con 7 ind/ha, mientras que las otras dos especies registraron similar abundancia, siendo 3 ind/ha para ***Catasetum integerrimum*** y 4 ind/ha para ***Trichocentrum oerstedii***.

Tabla 43. Abundancia y densidad de Epífito y/o Cactáceas para el AP.

NO.	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	2	3
2	Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	5	7
3	Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	3	4
TOTAL			**10**	**14**

*Los valores estimados de densidades de cada especie, así como el total, incluyen decimales, por lo que el valor total puede diferir de la suma de los valores redondeados de densidad por especie que se presentan en esta tabla.

Para el estrato herbáceo se presentaron 4 especies, esto consecuencia de la alta densidad del estrato arbóreo, ya que, presentan alta densidad de copa, lo que limita el paso de la luz solar hacia el suelo. La especie más representativa fue *Panicum trichoides* con una densidad de **13,334 ind/ha**.

Tabla XLIV. Abundancia y densidad de herbáceas para el AP.

NO.	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA	DENSIDAD/ha
1	Herbácea	*Acmella repens*	4	667
2	Herbácea	*Anemia adiantifolia*	33	5,500
3	Herbácea	*Momordica charantia*	5	834
4	Herbácea	*Panicum trichoides*	80	13,334
TOTAL			**122**	**20,335**

*Los valores estimados de densidades de cada especie, así como el total, incluyen decimales, por lo que el valor total puede diferir de la suma de los valores redondeados de densidad por especie que se presentan en esta tabla.

Índices de diversidad en el AP

Para la forma de **vida arbórea se registraron 29 especies**, la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener (H´Max) resultó con un valor de 3.367, lo cual indica que para el estrato arbóreo en la VSA/SMQ se presenta una **diversidad media**.

Considerando que este índice toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor del índice de equidad resultó en 0.757, lo que muestra que los individuos se encuentran bien distribuidos, entre las diferentes especies que componen esta forma de vida, se aprecia una dominancia de ***Lysiloma latisiliquum y Dendropanax arboreus*** con **190 y 188 individuos**, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 45. Índices de diversidad de la forma de vida arbórea en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Brosimum alicastrum*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
2	*Bursera simaruba*	96	0.0881	-2.4296	-0.2140
3	*Byrsonima bucidifolia*	4	0.0037	-5.6076	-0.0206
4	*Cascabela gaumeri*	12	0.0110	-4.5090	-0.0496
5	*Cecropia peltata*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
6	*Coccoloba barbadensis*	50	0.0459	-3.0819	-0.1414
7	*Coccoloba spicata*	10	0.0092	-4.6913	-0.0430
8	*Croton arboreus*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
9	*Damburneya coriacea*	103	0.0945	-2.3592	-0.2229
10	*Dendropanax arboreus*	188	0.1725	-1.7575	-0.3031
11	*Diospyros tetrasperma*	23	0.0211	-3.8584	-0.0814
12	*Diphysa carthagenensis*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
13	*Erythrostemon yucatanensis*	3	0.0028	-5.8953	-0.0162
14	*Ficus cotinifolia*	140	0.1284	-2.0523	-0.2636
15	*Gliricidia sepium*	26	0.0239	-3.7358	-0.0891
16	*Guettarda combsii*	4	0.0037	-5.6076	-0.0206
17	*Gymnopodium floribundum*	4	0.0037	-5.6076	-0.0206
18	*Jatropha gaumeri*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
19	*Lonchocarpus rugosus*	50	0.0459	-3.0819	-0.1414
20	*Lysiloma latisiliquum*	190	0.1743	-1.7469	-0.3045
21	*Manilkara zapota*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
22	*Metopium brownei*	38	0.0349	-3.3563	-0.1170
23	*Neea choriophylla*	8	0.0073	-4.9145	-0.0361
24	*Pilocarpus racemosus*	3	0.0028	-5.8953	-0.0162
25	*Piscidia piscipula*	14	0.0128	-4.3549	-0.0559
26	*Semialarium mexicanum*	2	0.0018	-6.3008	-0.0116
27	*Sideroxylon salicifolium*	44	0.0404	-3.2097	-0.1296
28	*Swartzia cubensis*	3	0.0028	-5.8953	-0.0162
29	*Vitex gaumeri*	63	0.0578	-2.8508	-0.1648
TOTAL		**1,090**	**Riqueza**		**29**
			H'		2.549
			H' max		3.367
			Equidad de Pielou (J')		0.757

Con respecto al Índice de Valor de Importancia Ecológica, se determinó que las especies más representativas de este estrato fueron ***Lysiloma latisiliquum*** y ***Dendropanax arboreus*** (ya que fueron estas especies las que obtuvieron los mayores valores de dominancia en el índice) y con un valor de 19.85 %, 13.00 % respectivamente por lo que se les reconoce como los componentes estructurales y florísticos más importantes de este estrato, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 46. IVIE de la forma de vida arbórea en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Brosimum alicastrum*	2	0.18	0.568	0.477	1.229	0.410
2	*Bursera simaruba*	96	8.81	7.955	4.477	21.239	7.080
3	*Byrsonima bucidifolia*	4	0.37	1.705	0.190	2.261	0.754

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
4	*Cascabela gaumeri*	12	1.10	2.841	0.721	4.663	1.554
5	*Cecropia peltata*	2	0.18	0.568	0.063	0.815	0.272
6	*Coccoloba barbadensis*	50	4.59	7.386	2.645	14.619	4.873
7	*Coccoloba spicata*	10	0.92	3.409	0.892	5.219	1.740
8	*Croton arboreus*	2	0.18	0.568	0.043	0.795	0.265
9	*Damburneya coriacea*	103	9.45	8.523	6.722	24.694	8.231
10	***Dendropanax arboreus***	**188**	**17.25**	**8.523**	**13.230**	**39.000**	**13.000**
11	*Diospyros tetrasperma*	23	2.11	3.977	1.530	7.618	2.539
12	*Diphysa carthagenensis*	2	0.18	0.568	0.069	0.821	0.274
13	*Erythrostemon yucatanensis*	3	0.28	1.136	0.132	1.544	0.515
14	*Ficus cotinifolia*	140	12.84	8.523	9.585	30.952	10.317
15	*Gliricidia sepium*	26	2.39	2.273	2.213	6.871	2.290
16	*Guettarda combsii*	4	0.37	1.705	0.248	2.320	0.773
17	*Gymnopodium floribundum*	4	0.37	1.705	0.193	2.264	0.755
18	*Jatropha gaumeri*	2	0.18	0.568	0.076	0.827	0.276
19	*Lonchocarpus rugosus*	50	4.59	7.386	3.394	15.367	5.122
20	***Lysiloma latisiliquum***	**190**	**17.43**	**7.955**	**34.187**	**59.573**	**19.858**
21	*Manilkara zapota*	2	0.18	0.568	0.105	0.857	0.286
22	*Metopium brownei*	38	3.49	6.250	4.626	14.362	4.787
23	*Neea choriophylla*	8	0.73	2.273	0.483	3.490	1.163
24	*Pilocarpus racemosus*	3	0.28	0.568	0.243	1.086	0.362
25	*Piscidia piscipula*	14	1.28	1.705	2.001	4.990	1.663
26	*Semialarium mexicanum*	2	0.18	0.568	0.076	0.827	0.276
27	*Sideroxylon salicifolium*	44	4.04	3.409	4.446	11.892	3.964
28	*Swartzia cubensis*	3	0.28	0.568	0.346	1.190	0.397
29	*Vitex gaumeri*	63	5.78	6.250	6.586	18.616	6.205
TOTAL		**1,090**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014, en su publicación de *Tree structure and diversity of secondary vegetation derived from a semi-evergreen tropical forest in Quintana Roo*, señalan que la especie *Manilkara zapota* es de las especies con mayor IVI (en condiciones tempranas de desarrollo de la selva), mientras que en el área del presente estudio corresponde a *Lysiloma latisiliquum*, especie que ellos señalan con mayor IVI en condición tardía del desarrollo de la selva. Entre otras de las especies que Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014 reportan como especies principales que conforman el estrato arbóreo en la SMQ y que coinciden con las reportadas en el presente estudio se encuentran *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*.

Para la forma de vida arbustiva se registraron 6 especies, la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 0.909 dicho valor corresponde a un nivel de diversidad **bajo**. Considerando que este índice toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor del índice de equidad resultó en 0.507 lo que muestra que los individuos se encuentran igualmente distribuidos entre de las diferentes especies que componen esta forma de vida. Como se aprecia en la siguiente tabla, la especie con mayor abundancia es ***Hamelia patens*** con **467 individuos**, seguida de ***Malvaviscus arboreus*** con **374 individuos**.

Tabla 47. Índice de diversidad de arbustivas en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Aphelandra scabra*	7	0.008	-4.837	-0.038
2	*Bauhinia divaricata*	14	0.016	-4.144	-0.066
3	***Hamelia patens***	**467**	**0.529**	**-0.637**	**-0.337**
4	*Hampea trilobata*	14	0.016	-4.144	-0.066
5	*Malvaviscus arboreus*	374	0.424	-0.859	-0.364
6	*Plumeria obtusa*	7	0.008	-4.837	-0.038
TOTAL		**883**	**Riqueza**		**6**
			H'		**0.909**
			H' max		**1.792**

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
			Equidad de Pielou (J')		0.507

Con respecto al IVIE, se determinó que la especie más representativa fue ***Hamelia patens*** con el **41.368 %** del total.

Tabla 48. IVIE de arbustivas en el AP.

Nº	Nombre científico	Densidad / ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI	IVIE
1	*Aphelandra scabra*	7	0.79	3.448	0.229	4.470	1.490
2	*Bauhinia divaricata*	14	1.59	3.448	22.248	27.281	9.094
3	*Hamelia patens*	467	52.89	44.828	26.391	124.107	41.369
4	*Hampea trilobata*	14	1.59	6.897	22.711	31.193	10.398
5	*Malvaviscus arboreus*	374	42.36	37.931	14.400	94.687	31.562
6	*Plumeria obtusa*	7	0.79	3.448	14.021	18.262	6.087
TOTAL		**883**	**100.00**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Para la forma de vida de herbáceas se registraron solo 4 especies, siendo la más abundante *Panicum trichoides* con 80 individuos. En cuanto al índice la H´Max. muestra un valor **bajo** en la diversidad de este estrato con una distribución uniforme entre las especies como lo indica el análisis de equidad de Pielou con un valor de 0.630.

Tabla 49. Índice de diversidad de herbáceo en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Acmella repens*	667	0.033	-3.417	-0.112
2	*Anemia adiantifolia*	5,500	0.270	-1.308	-0.354
3	*Momordica charantia*	834	0.041	-3.194	-0.131
4	***Panicum trichoides***	**13,334**	**0.656**	**-0.422**	**-0.277**
TOTAL		**20,335**	**Riqueza**		**4**
			H'		**0.873**
			H' max		**1.386**
			Equidad de Pielou (J')		**0.630**

Este estrato obtuvo el mayor IVIE la especie ***Panicum trichoides*** con 64.900% como puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla 50. IVIE de herbáceas en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Acmella repens*	667	3.28	4.167	0.720	8.166	2.722
2	*Anemia adiantifolia*	5,500	27.05	41.667	17.274	85.987	28.662
3	*Momordica charantia*	834	4.10	4.167	2.879	11.147	3.716
4	*Panicum trichoides*	13,334	65.57	50.000	79.128	194.699	64.900
TOTAL		**20,335**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Para la forma de vida de las especies epífitas y/ o cactáceas se registraron 3 especies, la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener resultó con un valor de 1.035 lo cual indica que para esta forma de vida en la VSA/SMQ se presenta una diversidad **baja**. Considerando que este índice toma en cuenta la abundancia de especies y que tan uniforme se encuentran distribuidas, el valor del índice de equidad resultó en 0.942, lo que indica que los individuos **no se encuentran bien distribuidos** entre las especies presentes en esta forma de vida. Como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 51. Índice de diversidad de epífitas y trepadoras en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Catasetum integerrimum*	3	0.214	-1.540	-0.330
2	***Tillandsia fasciculata***	**7**	**0.500**	**-0.693**	**-0.347**
3	*Trichocentrum oerstedii*	4	0.286	-1.253	-0.358
TOTAL		**14**	**Riqueza**		**3**

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ha	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
			H'		1.035
			H' max		1.099
			Equidad de Pielou (J')		0.942

Con respecto al IVIE, se determinó que la especie que presento el mayor valor de este estrato fue ***Tillandsia fasciculata***.

Tabla 52. IVIE de epífitas y trepadoras en el AP.

No	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD / ha	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	IVI	IVIE
1	*Catasetum integerrimum*	3	21.43	20.000	11.494	52.923	17.641
2	***Tillandsia fasciculata***	**7**	**50.00**	**40.000**	**46.034**	**136.034**	**45.345**
3	*Trichocentrum oerstedii*	4	28.57	40.000	42.471	111.043	37.014
TOTAL		**14**	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

IVI*= Índice de valor de importancia; IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica expresado en porcentaje.

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III

De acuerdo con la categoría de protección de la normatividad nacional, dentro AP **NO se registraron especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo con el presente instrumento.**

Especies incluidas en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)

En lo que respecta a las especies incluidas en los apéndices de las CITES, 2 de ellas se registraron dentro del apéndice II, siendo todas ellas orquídeas (Orchidaceae), un grupo que a nivel mundial se encuentra altamente afectado por su extracción del hábitat y tráfico ilegal internacional. A continuación, se enlistan dichas especies.

Tabla *LIII*. Especies de flora registradas en el AP dentro de algún apéndice de las CITES.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CITES
Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Orquídea Cola de Pato	II
Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	Aguililla gris	II

Especies incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

En lo que respecta a las especies incluidas en las listas rojas de la IUCN, 37 especies han sido analizadas por este instrumento, estando todas en preocupación menor (LC) por lo que actualmente a nivel internacional se reconoce que presentan un riesgo de preocupación al corto y mediano plazo, pero que al largo plazo puedan presentar un riesgo mayor por la pérdida del hábitat.

Tabla *LIV*. Especies de flora registradas en el SA dentro de las listas rojas de la IUCN.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	IUCN
Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	Preocupación menor (LC)
Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Preocupación menor (LC)
Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Preocupación menor (LC)
Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	Preocupación menor (LC)
Burseraceae	*Bursera simaruba*	Preocupación menor (LC)
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Preocupación menor (LC)
Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Preocupación menor (LC)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	IUCN
Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Preocupación menor (LC)
Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Preocupación menor (LC)
Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Preocupación menor (LC)
Lauraceae	*Damburneya coriacea*	Preocupación menor (LC)
Malpighiaceae	*Byrsonima bucidifolia*	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Hampea trilobata*	Preocupación menor (LC)
Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Preocupación menor (LC)
Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Preocupación menor (LC)
Nyctaginaceae	*Neea choriophylla*	Preocupación menor (LC)
Poaceae	*Panicum trichoides*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Preocupación menor (LC)
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Preocupación menor (LC)
Rubiaceae	*Hamelia patens*	Preocupación menor (LC)
Rutaceae	*Pilocarpus racemosus*	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Preocupación menor (LC)
Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Preocupación menor (LC)
Urticaceae	*Cecropia peltata*	Preocupación menor (LC)

a.8.3.) Comparación de los registros biológicos del SA y el AP

Composición florística

De acuerdo con los datos de campo, se registraron 42 especies en el polígono de AP y 61 especies en el SA. Todas las especies registradas en el AP se encontraron representadas dentro del SA, tal y como se mencionó en el apartado de vegetación de Sistema Ambiental (SA) y de Área de Proyecto (AP), en donde se analizó el mismo tipo de vegetación para poder realizar un análisis comparativo de las especies que se verán afectadas por la remoción de la vegetación forestal para cada uno de los estratos o formas de vida que componen el tipo de vegetación (**VSA/SMQ)** y, con ello, determinar el grado de afectación que traerá consigo el AP con respecto al ecosistema en el SA.

De acuerdo con los datos reportados en los muestreos, se puede observar que tanto en el área muestreada del SA y el AP, el estrato que presenta la mayor diversidad de especies es el arbóreo, en el SA le siguen las arbustivas y las epífitas y cactáceas, posteriormente las hierbas, y finalmente el estrato de palmas; para el AP, en segundo lugar, se encuentra el estrato arbustivo, posteriormente el herbáceo, seguido de las epífitas y cactáceas, en el AP no se registra el estrado de las palmas.

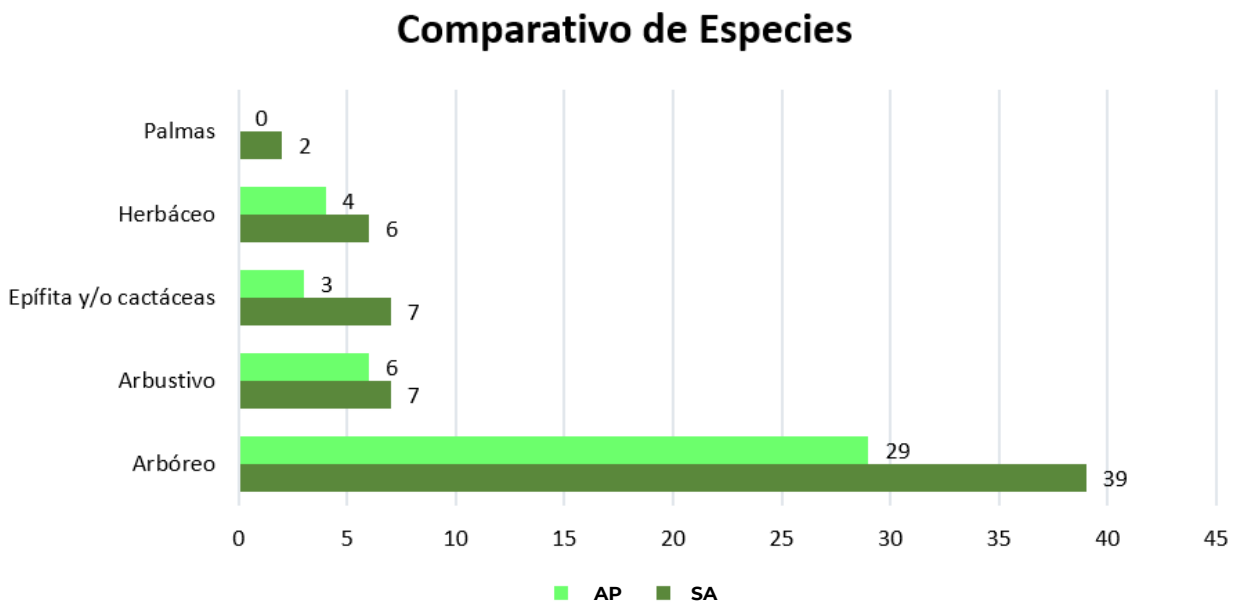


Figura 56. Comparativo de especies presentes en el SA y en el AP.

Como se puede apreciar, la riqueza florística es mayor en el SA, en donde para el estrato arbóreo se observaron 39 especies, mientras que en el AP se observaron 29 especies; para el estrato arbustivo, en el SA se tiene un registro de 7 especies contra 6 especies en el AP; para el estrato Epifitas y/o cactáceas en el SA se tiene un registró de 7 especies contra 3 especies en el AP; para el estrato herbáceo, en la cuenca se tiene un registro de 6 especies contra 3 especies en el AP y finalmente para las palmas, en el SA se registraron 2 especies mientras que en el AP no se registró este estrato.

Abundancia por especie

Para hacer una comparación de abundancia entre las dos áreas estudiadas (CH y el área de CUSTF) se utilizó el valor de densidad (número de individuos por hectárea). En la tabla 2 se presentan los valores de densidad por hectárea de las especies florísticas del CUSTF y su comparación con los valores obtenidos en la CH. Cabe señalar que estos valores se presentan como valores redondeados sin decimales.

Estrato arbóreo

Respecto al estrato arbóreo, la riqueza de las especies en el SA **fue de 39 especies** con una **densidad de 1,365 ind/ha**, siendo *Lysiloma latisiliquum, Dendropanax arboreus, y Ficus cotinifolia* las especies más abundantes con una densidad de 280, 190, y 134, ind/ha, respectivamente. Mientras que para el AP, la riqueza de **especies fue de 29** con una **densidad de 1,090 ind/ha**, siendo*, Lysiloma latisiliquum, Dendropanax arboreus* y *Ficus cotinifolia* las más abundantes, con una densidad de 190, 188 y 140 ind/ha, respectivamente.

Algunas especies mantienen una representación comparable en ambos sitios, aunque no alcanzan altas dominancias. Ejemplos como *Piscidia piscipula* (14 en SA vs 14 en AP), *Semialarium mexicanum* (2 en SA vs 2 en AP) y *Pilocarpus racemosus* (3 en SA vs 3 en AP) ilustran esta categoría, sugiriendo que ocupan nichos que están igualmente representados o son accesibles en ambas localidades.

Especies con densidad media en la SA:

- *Damburneya coriacea* (122 ind/ha, presento una densidad media en AP con 103 ind/ha)
- *Bursera simaruba* (107 ind/ha, presento una densidad media en AP con 96 ind/ha)
- *Lonchocarpus rugosus* (83 ind/ha, presento de igual forma una densidad media en AP con 50 ind/ha)

Especies con densidad baja para en la SA:

- *Chrysophyllum cainito* (2 ind/ha, esta especie no se presentó en el área de AP)
- *Jatropha gaumeri* (2 ind/ha para SA, presento de igual forma una densidad baja en AP con 2 ind/ha)
- *Laetia thamnia* (2 ind/ha, esta especie no se presentó en el área de AP)

Especies con densidad media en el AP:

- *Coccoloba barbadensis* (50 ind/ha, presentó de igual forma una densidad media en SA con 54 ind/ha)
- *Lonchocarpus rugosus* (50 ind/ha presentó de igual forma una densidad media en SA con 83 ind/ha).
- *Vitex gaumeri* (63 Ind/ha, presentó de igual forma una densidad media en SA con 72 ind/ha)

Especies con densidad baja en el AP:

- *Brosimum alicastrum* (2 ind/ha, presento de igual forma una densidad baja en SA con 4 ind/ha)
- *Cecropia peltata* (2 ind/ha, presento una densidad baja en la SA con 18 ind/ha)
- *Croton arboreus* (2 ind/ha, presentó de igual forma una densidad baja en SA con 4 ind/ha)
- *Diphysa carthagenensis* (2 ind/ha, presentó de igual forma una densidad baja en SA con 4 ind/ha)
- *Jatropha gaumeri* (2 ind/ha, presentó de igual forma una densidad baja en SA con 2 ind/ha)
- *Manilkara zapota* (2 ind/ha, presentó de igual forma una densidad baja en SA con 8 ind/ha)
- *Semialarium mexicanum* (2 ind/ha, presentó de igual forma una densidad baja en SA con 3 ind/ha)

Tabla 55. Densidad por hectárea del estrato arbóreo en el SA y en el AP.

NO	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
1	Arbórea	*Allophylus cominia*	2	3	-	-
2	Arbórea	*Brosimum alicastrum*	3	4	1	2
3	Arbórea	*Bursera simaruba*	80	107	72	96
4	Arbórea	*Byrsonima bucidifolia*	9	12	3	4
5	Arbórea	*Caesalpinia gaumeri*	2	3	-	-
6	Arbórea	*Cascabela gaumeri*	26	35	9	12
7	Arbórea	*Cecropia peltata*	13	18	1	2
8	Arbórea	*Chrysophyllum cainito*	1	2	-	-
9	Arbórea	*Chrysophyllum mexicanum*	2	3	-	-
10	Arbórea	*Coccoloba acapulcensis*	3	4	-	-
11	Arbórea	*Coccoloba barbadensis*	40	54	37	50
12	Arbórea	*Coccoloba spicata*	9	12	7	10
13	Arbórea	*Croton arboreus*	3	4	1	2
14	Arbórea	*Damburneya coriacea*	91	122	77	103
15	Arbórea	*Dendropanax arboreus*	142	190	141	188
16	Arbórea	*Diospyros tetrasperma*	18	24	17	23
17	Arbórea	*Diphysa carthagenensis*	3	4	1	2
18	Arbórea	*Erythrostemon yucatanensis*	2	3	2	3
19	Arbórea	*Ficus cotinifolia*	100	134	105	140
20	Arbórea	*Gliricidia sepium*	18	24	19	26
21	Arbórea	*Guettarda combsii*	3	4	3	4
22	Arbórea	*Gymnopodium floribundum*	4	6	3	4
23	Arbórea	*Jatropha gaumeri*	1	2	1	2
24	Arbórea	*Laetia thamnia*	1	2	-	-
25	Arbórea	*Lonchocarpus rugosus*	62	83	37	50
26	Arbórea	*Lysiloma latisiliquum*	210	280	142	190
27	Arbórea	*Manilkara zapota*	6	8	1	2
28	Arbórea	*Melicoccus oliviformis*	1	2	-	-
29	Arbórea	*Metopium brownei*	28	38	28	38
30	Arbórea	*Mosannona depressa*	1	2	-	-
31	Arbórea	*Neea choriophylla*	5	7	6	8
32	Arbórea	*Pilocarpus racemosus*	3	4	2	3
33	Arbórea	*Piscidia piscipula*	14	19	10	14

NO	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
34	Arbórea	*Pouteria campechiana*	2	3	-	-
35	Arbórea	*Protium copal*	3	4	-	-
36	Arbórea	*Semialarium mexicanum*	2	3	1	2
37	Arbórea	*Sideroxylon salicifolium*	36	48	33	44
38	Arbórea	*Swartzia cubensis*	12	16	2	3
39	Arbórea	*Vitex gaumeri*	54	72	47	63
Total			**1,015**	**1,365**	**809**	**1,090**

En términos de distribución de densidad y composición florística, el SA exhibe una mayor riqueza específica y densidad total, que el AP. En ambas zonas las especies más abundantes forman parte del grupo estructural principal del ecosistema.

Estrato arbustivo

Respecto al estrato arbustivo, la riqueza de las especies en el SA fue de 7 especies con una densidad de 995 ind/ha, siendo *Hamelia patens y Malvaviscus arboreus* las especies más abundantes con una densidad de 480, y 407 ind/ha, respectivamente. Para este estrato, la riqueza de especies en el AP fue de 6 especies, siendo *Hamelia patens y Malvaviscus arboreus* las más abundantes con una densidad de 467 y 374 ind/ha, respectivamente.

Tabla 56. Densidad por hectárea del estrato arbustivo en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
1	Arbustiva	*Aphelandra scabra*	2	14	1	7
2	Arbustiva	*Bauhinia divaricata*	6	40	2	14
3	Arbustiva	*Hamelia patens*	72	480	70	467
4	Arbustiva	*Hampea trilobata*	4	27	2	14
5	Arbustiva	*Malvaviscus arboreus*	61	407	56	374
6	Arbustiva	*Plumeria obtusa*	3	20	1	7
7	Arbustiva	*Randia truncata*	1	7	-	-
Total			**149**	**995**	**132**	**883**

Estrato Epifitas y/o cactáceas

Respecto al estrato epífitas y trepadoras, la riqueza de las especies en el SA fue de 7 especies con una densidad de 48 ind/ha, siendo *Tillandsia fasciculata* la especie más abundante con 14 ind/ha, seguida por las especies de *Catasetum integerrimum* con una densidad de 10 ind/ha. Para este estrato, la riqueza de especies en el AP fue de 3 especies, *Tillandsia fasciculata* resultó la más abundante con 7 ind/ha.

Tabla 57. Densidad por hectárea del estrato epífitas, trepadoras y/o cactáceas en el SA y en el AP.

No	Forma de Vida	Nombre científico	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
1	Epífitas y/o cactáceas	*Bromelia pinguin*	5	7	-	-
2	Epífitas y/o cactáceas	*Catasetum integerrimum*	7	10	2	3
3	Epífitas y/o cactáceas	*Rhyncholaelia digbyana*	1	2	-	-
4	Epífitas y/o cactáceas	*Tillandsia fasciculata*	10	14	5	7
5	Epífitas y/o cactáceas	*Tradescantia spathacea*	1	2	-	-
6	Epífitas y/o cactáceas	*Trichocentrum ascendens*	4	6	-	-
7	Epífitas y/o cactáceas	*Trichocentrum oerstedii*	5	7	3	4
Total			**33**	**48**	**10**	**14**

Estrato herbáceo

Respecto al estrato herbáceo, la riqueza de las especies en el SA fue de 6 especies con una densidad de 17,670 ind/ha, las especies *Panicum trichoides* fue la que tuvo mayor densidad con 9,834 ind/ha, seguido por *Anemia adiantifolia* con una densidad de 4,334 ind/ha. Para este estrato, la riqueza de especies en el AP fue de 4 especies con una densidad de 20,335 ind/ha, siendo *Panicum trichoides* la especie más abundante, con una densidad de 13,334 ind/ha.

Tabla 58. Densidad por hectárea del estrato herbáceo en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
1	Herbácea	*Acmella repens*	2	334	4	667
2	Herbácea	*Anemia adiantifolia*	26	4,334	33	5,500
3	Herbácea	*Fridericia floribunda*	8	1,334	-	-
4	Herbácea	*Momordica charantia*	7	1,167	5	834
5	Herbácea	*Panicum trichoides*	59	9,834	80	13,334
6	Herbácea	*Ruellia blechum*	4	667	-	-
Total			**106**	**17,670**	**122**	**20,335**

Estrato palmas

Finalmente, para el estrato de palmas la riqueza de especies en el SA fue de 2 con una densidad total de 46 ind/ha, donde la especie *Chamaedorea seifrizii* fue la que obtuvo mayor densidad (34 ind/ha), dejando a la especie *Thrinax radiata* con la densidad más baja (12 ind/ha). Por otro lado, en el AP no se registraron especies de este estrato.

Tabla 59. Densidad por hectárea del estrato palmas en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			Abundancia	Densidad / ha	Abundancia	Densidad / ha
1	Palmas	*Chamaedorea seifrizii*	25	34	-	-
2	Palmas	*Thrinax radiata*	9	12	-	-
Total			**34**	**46**	**-**	**-**

Comparación de índices Ecológicos

Por otra parte, para definir el nivel de afectación y su significancia con relación al análisis de diversidad que presenta la vegetación, a continuación, se presenta un comparativo de los índices de diversidad descritos en el SA y el AP de esta MIA-P, correspondientes a Shannon-Wiener y el Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVIE) por cada estrato para el tipo de vegetación presente en el AP en comparación con el SA.

Cabe mencionar que el cálculo de los índices se generó por estrato, los cuales, tal como se presenta fueron definidos por el hábito de crecimiento, forma biológica de los ejemplares, así como la forma de muestreo quedando divididos en 5 estratos o formas de vida. Se registraron 5 formas de vida en el SA y 4 en el AP.

Estrato arbóreo

Para el estrato arbóreo en el área del SA de las 39 especies, *Lysiloma latisiliquum,* fue la especie que presentó un mayor IVIE con 20.47%, seguida por *Dendropanax arboreus* con un IVIE de 10.59%, todas las demás especies obtuvieron valores menores al 10%. Mientras que, para el AP, de las 25 especies presentes, *Lysiloma latisiliquum, Dendropanax arboreus y Ficus cotinifolia* son las especies con mayor IVIE, 19.85%, 13.00% y 10.31%, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 60. IVIE del estrato arbóreo en el SA y en el AP.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
		IVI	IVE	IVI	IVE
1	*Allophylus cominia*	0.8671	0.2890	-	-
2	*Brosimum alicastrum*	1.9077	0.6359	1.2289	0.4096
3	*Bursera simaruba*	18.7584	6.2528	21.2391	7.0797

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
		IVI	IVE	IVI	IVE
4	*Byrsonima bucidifolia*	3.9629	1.3210	2.2615	0.7538
5	*Caesalpinia gaumeri*	1.3722	0.4574	-	-
6	*Cascabela gaumeri*	9.1195	3.0398	4.6630	1.5543
7	*Cecropia peltata*	4.9249	1.6416	0.8145	0.2715
8	*Chrysophyllum cainito*	0.8009	0.2670	-	-
9	*Chrysophyllum mexicanum*	0.9240	0.3080	-	-
10	*Coccoloba acapulcensis*	1.5767	0.5256	-	-
11	*Coccoloba barbadensis*	11.4684	3.8228	14.6189	4.8730
12	*Coccoloba spicata*	4.7694	1.5898	5.2189	1.7396
13	*Croton arboreus*	1.9872	0.6624	0.7949	0.2650
14	*Damburneya coriacea*	23.2985	7.7662	24.6942	8.2314
15	*Dendropanax arboreus*	31.7894	10.5965	39.0002	13.0001
16	*Diospyros tetrasperma*	7.0742	2.3581	7.6176	2.5392
17	*Diphysa carthagenensis*	1.5764	0.5255	0.8208	0.2736
18	*Erythrostemon yucatanensis*	0.8390	0.2797	1.5435	0.5145
19	*Ficus cotinifolia*	23.6127	7.8709	30.9521	10.3174
20	*Gliricidia sepium*	4.2820	1.4273	6.8707	2.2902
21	*Guettarda combsii*	2.0250	0.6750	2.3195	0.7732
22	*Gymnopodium floribundum*	1.7288	0.5763	2.2643	0.7548
23	*Jatropha gaumeri*	0.7451	0.2484	0.8274	0.2758
24	*Laetia thamnia*	0.7082	0.2361	-	-
25	*Lonchocarpus rugosus*	15.8972	5.2991	15.3674	5.1225
26	*Lysiloma latisiliquum*	61.4238	20.4746	59.5727	19.8576
27	*Manilkara zapota*	4.0615	1.3538	0.8567	0.2856
28	*Melicoccus oliviformis*	0.8172	0.2724	-	-
29	*Metopium brownei*	11.8256	3.9419	14.3625	4.7875
30	*Mosannona depressa*	0.7128	0.2376	-	-
31	*Neea choriophylla*	1.3704	0.4568	3.4896	1.1632
32	*Pilocarpus racemosus*	0.9108	0.3036	1.0863	0.3621
33	*Piscidia piscipula*	6.9524	2.3175	4.9897	1.6632
34	*Pouteria campechiana*	1.3975	0.4658	-	-
35	*Protium copal*	1.5305	0.5102	-	-
36	*Semialarium mexicanum*	0.8514	0.2838	0.8274	0.2758
37	*Sideroxylon salicifolium*	8.7364	2.9121	11.8919	3.9640
38	*Swartzia cubensis*	6.3830	2.1277	1.1898	0.3966
39	*Vitex gaumeri*	17.0110	5.6703	18.6162	6.2054
Total		**300**	**100**	**300**	**100**

Los valores de IVIE medios y bajos podría explicarse porque algunas de estas especies requieren ciertas condiciones para su desarrollo y crecimiento, por ejemplo, especies que están fuertemente influenciadas por la disponibilidad de luz, más que por los niveles de fertilización del suelo; o que requieren suelos con importantes volúmenes de humedad, fertilidad y que estén bien drenados, o especies que se desarrollan mejor en semisombra o luz filtrada y suelos húmedos ricos en nutrientes.

Aunque las especies con un IVIE bajo tienen menor representación relativa en términos de abundancia, frecuencia y dominancia, siguen siendo cruciales para la dinámica del ecosistema. Estas especies, pueden desempeñar roles únicos en la regeneración del bosque, la estabilidad del suelo o como fuentes específicas de alimento y hábitat para ciertas especies de fauna. Además, su presencia contribuye a la diversidad genética y funcional del ecosistema, lo que fortalece su capacidad de adaptación frente a cambios ambientales o perturbaciones. Incluso en baja proporción, cada especie aporta a la resiliencia y sostenibilidad del sistema forestal.

Análisis de los índices de diversidad y equidad:

En cuanto a el análisis de los índices de diversidad y equidad, revelan diferencias significativas entre el SA y el AP, lo que refleja el impacto en la composición y estructura del ecosistema.

El SA presenta un índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') media (2.730), asociado a una mayor riqueza de especies (39 especies) y una distribución amplia de importancia relativa, lo que sugiere un ecosistema complejo. En contraste, el AP muestra una diversidad media (H' = 2.548) y una riqueza menor (29 especies), evidenciando un ecosistema menos diverso y posiblemente más homogéneo en su composición.

En cuanto al índice de equidad en el SA, este es más bajo en el SA (0.745) en comparación con el AP (0.756), lo que sugiere una distribución ligeramente más uniforme de las especies en el área bajo manejo. Esto podría interpretarse como una posible simplificación ecológica, donde las especies presentan un equilibrio en abundancia, pero a costa de una reducción en la riqueza total. Estas diferencias destacan la relevancia de conservar el SA como un reservorio de biodiversidad y subrayan los retos asociados al manejo sostenible en el AP para evitar la pérdida de complejidad ecológica. Comparando individualmente los valores, es evidente que el SA tiene un potencial de diversidad máxima (3.663) mayor que el AP (3.367). Esto se debe, como se mencionó, únicamente a que el SA registró un mayor número de especies (39) en comparación con el AP (29). El H' max es una medida de la diversidad potencial basada puramente en la riqueza.

Tabla 61. Índices de diversidad en el estrato arbóreo en el SA y en el AP.

ÍNDICE	SA	AP
Riqueza	39	29
Shannon (H')	2.7305	2.5488
H' max	3.6636	3.3673
Equidad	0.7453	0.7569

Estrato arbustivo

Para el estrato arbustivo en el área del SA se presentaron 7 especies en donde *Hamelia patens, y Malvaviscus arboreus,* presentan el mayor IVIE con un valor de 36.377% y 26.093% respectivamente, para la superficie del AP se registran 6 especies, siendo *Hamelia patens, y Malvaviscus arboreus,* presentan el mayor IVIE con un valor de 41.368% y 31.562% respectivamente.

Tabla 62. IVIE del estrato arbustivo en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			IVI	IVIE	IVI	IVIE
1	Arbustiva	*Aphelandra scabra*	6.5689	2.1896	4.4695	1.4898
2	Arbustiva	*Bauhinia divaricata*	22.2979	7.4326	27.2813	9.0937
3	Arbustiva	*Hamelia patens*	109.1332	36.3777	124.1066	41.3688
4	Arbustiva	*Hampea trilobata*	38.4073	12.8024	31.1929	10.3976
5	Arbustiva	*Malvaviscus arboreus*	78.2796	26.0932	94.6870	31.5623
6	Arbustiva	*Plumeria obtusa*	39.2655	13.0885	18.2624	6.0874
7	Arbustiva	*Randia truncata*	6.0476	2.0159	-	-
Total			**300**	**100**	**300**	**100**

El análisis de los índices de diversidad y equidad en el estrato arbustivo resalta diferencias marcadas entre el SA y el AP, ambas clasificadas con una diversidad baja, aunque con contrastes importantes en sus valores. El SA presenta un índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de 1.117, superior al del AP (0.908), lo que refleja una mayor riqueza de especies arbustivas (7 frente a 6 individuos). Este patrón indica que el SA alberga una comunidad arbustiva más diversa, y equilibrada, como lo sugiere su índice de equidad que, si bien es bajo 0.574, el mismo es superior al que presenta el AP 0.503. Para el caso de índice de diversidad máxima H´max fue de 1.945 para el SA y 1.791 H´ en el caso del AP, en ambas superficies la diferencia entre H´max y H´ es mínima.

Tabla 63. Índices de diversidad en el estrato arbustivo en el SA y en el AP.

ÍNDICE	SA	AP
Riqueza	7	6

Shannon (H')	1.1178	0.9089
H' max	1.9459	1.7918
Equidad	0.5744	0.5073

Estrato epífitas y/o cactáceas

Para el estrato epífitas y/o cactáceas en el área del SA se presentaron 7 especies en donde *Catasetum integerrimum* presentó un mayor IVIE con 32.668%, seguido por *Bromelia pinguin* que presentó un IVIE de 21.519%, el resto de las especies presentó un rango de IVIE dentro de 16% a 4% como se muestra en la tabla. Mientras tanto, para el AP se registraron un total 3 especies, donde *Tillandsia fasciculata* presentó el mayor IVIE con 45.344%.

Tabla 64. IVIE del estrato Epifitas y/o cactáceas en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTIFICO	SA		AP	
			IVI	IVIE	IVI	IVIE
1	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Bromelia pinguin*	64.5576	21.5192	-	-
2	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Catasetum integerrimum*	98.0056	32.6685	52.9228	17.6409
3	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Rhyncholaelia digbyana*	14.6022	4.8674	-	-
4	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Tillandsia fasciculata*	50.9542	16.9847	136.0345	45.3448
5	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Tradescantia spathacea*	12.8364	4.2788	-	-
6	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Trichocentrum ascendens*	33.8383	11.2794	-	-
7	Epífita, Trepadora y/o cactáceas	*Trichocentrum oerstedii*	25.2057	8.4019	111.0427	37.0142
Total			**300**	**100**	**300**	**100**

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, dentro del SA se tiene un valor de 1.772, considerada como una diversidad baja, mientras que en el AP presenta un valor de 1.034, considerada como diversidad baja, en cuanto a los valores de equidad para ambos parámetros es cercano a uno, ya que para el SA es de 0.910 y para el AP de 0.941, como se muestra en la siguiente tabla. Para el caso de índice de diversidad máxima H´max y la diferencia entre H´ diversidad esperada, existe una diferencia significativa entre ambas superficies la diferencia entre H´max y H´ es mínima sugiere que la diversidad del SA es superior a la identificada en el AP.

Tabla 65. Índices de diversidad en el estrato de Epifitas y/o cactáceas en el SA y en el AP.

ÍNDICE	SA	AP
Riqueza	7	3
Shannon (H')	1.7725	1.0346
H' max	1.9459	1.0986
Equidad	0.9109	0.9417

Estrato herbáceo

Para el estrato herbáceo en el SA se presentaron 6 especies en donde *Panicum trichoides* presentó un mayor porcentaje de IVIE con el 48.230% seguida por *Anemia adiantifolia* con 23.279%, y *Ruellia blechum* que presentó un IVIE de 10.192%. Mientras que, para el AP de las 4 especies presentes, *Panicum trichoides* presentó un mayor IVIE con 64.899%, seguido de la especie *Anemia adiantifolia* con el 28.662.

Tabla 66. IVIE del estrato herbáceo en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			IVI	IVIE	IVI	IVIE
1	Herbácea	*Acmella repens*	8.8953	2.9651	8.1665	2.7222
2	Herbácea	*Anemia adiantifolia*	69.8383	23.2794	85.9873	28.6624
3	Herbácea	*Fridericia floribunda*	27.9890	9.3297	-	-
4	Herbácea	*Momordica charantia*	18.0085	6.0028	11.1469	3.7156
5	Herbácea	*Panicum trichoides*	144.6926	48.2309	194.6994	64.8998
6	Herbácea	*Ruellia blechum*	30.5763	10.1921	-	-
Total			**300**	**100**	**300**	**100**

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, dentro del SA se tiene un valor de 1.244, considerada como una diversidad baja, de la misma forma en el AP presenta un valor de 1.034, considerada como diversidad baja, en cuanto al valor de equidad tanto para el SA y el AP el valor obtenido fue de 0.694 y 0.630 respectivamente, lo cual indica que existe una distribución medianamente homogénea de las especies en este estrato. Para el caso de índice de diversidad máxima H´max y la diferencia entre H´ diversidad esperada, en ambas superficies la diferencia entre estos índices indica una mayor diversidad dentro del SA.

Tabla 67. Índices de diversidad en el estrato herbáceo en el SA y en el AP.

ÍNDICE	CH	CUSTF
Riqueza	6	4
Shannon (H')	1.2441	0.8735
H' max	1.7918	1.3863
Equidad	0.6943	0.6301

Estrato palmas

Para el estrato palma en el SA se presentaron 2 especies en donde *Chamaedorea seifrizii* presentó un mayor porcentaje de IVIE con el 55.831% seguida por *Thrinax radiata* 44.168%. Dentro del AP no se presentaron especies correspondientes a este estrato.

Tabla 68. IVIE del estrato palmas en el SA y en el AP.

NO.	FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	SA		AP	
			IVI	IVIE	IVI	IVIE
1	Palmera	*Chamaedorea seifrizii*	167.4944	55.8315	-	-
2	Palmera	*Thrinax radiata*	132.5056	44.1685	-	-
Total			**300**	**100**	**-**	**-**

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, dentro del SA se tiene un valor de 0.574, considerada como una diversidad baja, en cuanto al valor de equidad tanto para el SA el valor obtenido fue cercano a 1 (0.828) lo cual indica que existe una distribución uniforme entre las especies de este estrato. Para el caso de índice de diversidad máxima H´max es superior para el SA con 0.693 y 0 para el caso del AP.

Tabla 69. Índices de diversidad en el estrato palmas en el SA y en el AP.

ÍNDICE	SA	AP
Riqueza	2	-
Shannon (H')	0.5740	-
H' max	0.6931	-
Equidad	0.8281	

Especies vulnerables y/o de importancia ecológica

De acuerdo con la categoría de protección de la normatividad nacional, en el AP se registró la presencia únicamente de una sola especie considerada como **Amenazada (*Thrinax radiata*)** en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y la **Modificación a su Anexo Normativo III**.

Tabla 70. Especies registradas en el SA y en el AP listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III.

NOMBRE CIENTÍFICO	SA	AP	NOM 059
Thrinax radiata	Registrada	Registrada	A

a.9.) Conclusiones

Dentro del SA, se determinó que el uso de suelo principal del suelo corresponde al Tipo Ecológico-Florístico-Fisonómico y el uso de suelo y vegetación de selva mediana subperennifolia (SMQ) con un 44.53 %, seguido de la vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ) con un 21.83 % y la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) con un 16.70 %. En tanto, ecosistemas de alta relevancia ecológica como los manglares (VM) y los tulares (VT) ocuparon muy poca superficie dentro del SA con 3.20 y 0.31 %, respectivamente. Para el caso del AP, el tipo de uso fue Ecológico-Florístico-Fisonómico y del uso de suelo correspondió sólo a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) en su totalidad (100.00 % de ocupación), lo cual fue corroborado a través de los recorridos en campo y los muestreos biológicos.

Dentro de la flora potencial, se registraron un total de 1079 especies distribuidas en 130 familias y 603 géneros, resultando en 114 especies exóticas, 1 criptogénica y 964 nativas, de las cuales 44 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 68 especies en apéndices CITES, todas dentro de la categoría del apéndice II.

Por otro lado, dentro de IUCN se registraron un total de 470 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo, siendo estas: sin Datos insuficientes (DD) con 7 registros; Preocupación menor (LC) con 427; Casi Amenazada (NT) con 9 especies; Vulnerable (V) con 15, en Peligro (EN) con 11 siendo *Bakeridesia yucatana, Citharexylum crassifolium, Damburneya leucocome, Esenbeckia berlandieri, Esenbeckia berlandieri berlandieri, Jatropha galvanii, Mosiera contrerasii, Sarcomphalus yucatanensis, Swietenia macrophylla, Vanilla insignis* y *Vanilla planifolia*; y finalmente en Peligro Crítico (CR) con 1 especie: *Guettarda elliptica*. Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 26 especies en alguna categoría de riesgo.

A través de los muestreos biológicos del SA, se registraron un total de 61 especies y 58 géneros pertenecientes a 33 familias botánicas, en ellas se pueden diferenciar las cinco formas de vida las cuales se presentan en la siguiente figura. Por estrato, la riqueza de los árboles fue de 39 especies, de los arbustos fue de 7 spp., de las epífitas y/o cactáceas fue de 7 spp., de las palmas fue de 2 spp. y de las hierbas fue de 6 spp. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, se registró únicamente 1 especies en la categoría de Amenazada (A): *Thrinax radiata*; en lo que respecta al CITES se encontraron 4 especies en el apéndice II de esta lista (*Catasetum integerrimum, Rhyncholaelia digbyana, Trichocentrum ascendens y Trichocentrum oerstedii*). Para la lista roja de la IUCN 50 especies se encuentran en preocupación menor (LC).

Para los muestreos efectuados dentro del AP, se registraron 42 especies pertenecientes a 27 familias botánicas y 41 géneros. De estas especies 29 pertenecen a la forma de vida arbórea, 6 especies a la forma de vida arbustiva, 3 especies a la forma de vida Epifito y/o Cactáceas, y 4 especies de la forma de vida herbácea las cuales se presentan en las siguientes figuras. Se destaca que para este AP no se registraron especies de la forma de vida de palmas. Es importante mencionar que, del total de especies, ninguna es endémica según (CONABIO, 2024), 41 especies son nativas y 1 es exótica-invasora; donde se pueden diferenciar cuatro formas de vida (Arbóreo, Arbustivo, Epifito y/o Cactáceas y Herbáceo) que fueron las registradas en campo. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, no se registró ninguna especie con estatus de protección. Para el CITES se registraron dos especies que se encuentran en el apéndice II (*Catasetum integerrimum* y *Trichocentrum oerstedii*); mientras que, para el IUCN, se registraron *37* especies enlistadas en categoría de preocupación menor (LC).

Los resultados obtenidos dentro de la caracterización de la vegetación del SA y el AP demuestran que el Sistema Ambiental presenta un mejor estado de conservación conforme a su estructura, riqueza y biodiversidad, albergando especies clave para el funcionamiento del mismo. Asimismo, a pesar de que en el AP se registraron especies que no fueron propias del SA, estas se identificaron como de amplia distribución dentro de la península de Yucatán y México. Por ello, se concluye que este proyecto es viable en términos de vegetación. No obstante, se ejecutará el

Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre con la finalidad de salvaguardar el recurso vegetal de este proyecto

b) Fauna

La fauna es un recurso natural que ha estado presente desde los inicios y aunque anteriormente se consideraba como un recurso inagotable, en la actualidad se conoce que no es así. Su importancia radica en que forma parte esencial de los ecosistemas, así como su papel como patrimonio de la humanidad. Por ello, es indispensable que para asegurar su permanencia se diseñen y ejecuten programas para su preservación, conservación y cuidado al momento de seguir expandiendo las vías de comunicación; Gonzáles *et a*l. (2017), dice: "que el grado de cultura y desarrollo de una nación, se puede medir en términos de la protección que el hombre ofrece a la flora y fauna".

Debido a su situación geográfica, México representa un ecotono entre dos grandes regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, y cuenta esa condición con riqueza de flora y fauna muy basta, contándose entre los países de mayor biodiversidad. Como es posible apreciar, en el territorio nacional la fauna tiene un potencial económico, estético, comercial y cinegético enorme. Y debido a la crisis ambiental, se ha creado un nuevo concepto, el "valor de existencia", que establece la disposición a pagar para asegurar la existencia de un recurso, por ejemplo, una especie amenazada (SEMARNAT, 2009); esto se puede extrapolar a los programas de manejo que intervienen en la conservación de la fauna, validando su existencia en los terrenos a modificar, tomándose las medidas necesarias para aminorar lo más posible el impacto negativo que estas poblaciones/comunidades pudiesen tener.

b.1.) Fauna de Quintana Roo

México es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica, ocupando el segundo lugar en riqueza de reptiles y el cuarto en anfibios (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Parra-Olea *et al.,* 2014; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014), mientras que en el caso particular del estado de Quintana Roo se reportan 106 especies de reptiles y 22 de anfibios. En el caso de las aves, esta entidad alberga una riqueza de 483 especies, y para mamíferos son 114 especies considerando a la taxa de hábito terrestre y marino (Pozo *et al.,* 2011).

b.2.) Metodología de trabajo

- **Trabajo de gabinete**

Con la finalidad de realizar la caracterización de la fauna dentro de este estudio, se revisaron obras literarias que enlistan las especies presentes y analizadas dentro de la obra "La biodiversidad en Quintana Roo: Estudio de Estado" (Pozos *et al*., 2011), así como literatura generada para este estado. Para el establecimiento de las unidades de muestreo, se trabajó con el programa QGis® 3.4, el cual permite trabajar la información de manera remota empleando imágenes satelitales e información vectorial. determinó establecer los sitios de muestreo de manera dirigida a lo largo del SA, ya que los ecosistemas presentes se distribuyen de manera homogénea dentro de este y no presentan una gran variabilidad florística y dasométrica. Una vez determinados los sitios de muestreos, se recopiló todo el material y equipo necesario para la ejecución del trabajo de campo. Los muestreos se realizaron en el periodo comprendido entre el 26 de septiembre y 26 de octubre (lluvias), así como entre el 6 de abril al 10 de mayo 2025 (secas).

- **Trabajo de campo**

  - ***Caracterización de la fauna***

El método principal utilizado fue el de conteo en transectos lineales, el cual permite estimar la presencia, abundancia, riqueza, actividad y densidad poblacional de las especies (Buckland *et al.,* 1993; Wallace, 1999). La implementación de este método es funcional para todos los grupos de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), además de ser de bajo costo y mantener un requerimiento de personal bajo-medio, se puede cubrir áreas extensas en poco tiempo. En esta metodología el observador camina a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registran todos los organismos y rastros observados, este método de registro es eficaz pues al estar el observador en movimiento evita contar dos veces al mismo individuo (De la Maza *et al*., 2013). Por su parte, el conteo de rastros de la fauna silvestre dentro del recorrido de transectos presenta ciertas ventajas pues corresponde

a métodos de fácil aplicación en el campo, no representa disturbio a los individuos, y se puede aplicar en diferentes hábitats, además de proveer registros persistentes (Aguirre-León, 2011).

El registro de las especies fue por medio de la observación directa o visual (anfibios, reptiles, aves, mamíferos), auditiva (para el caso de aves y anfibios), así como por medio de registros indirectos (huellas, excretas, madrigueras, huesos, nidos, entre otros), los cuales se contemplaron únicamente para complementar la información de la riqueza total y verificar la presencia de aquellas especies que no pudieran ser registradas mediante métodos directos.

Durante los muestreos fueron tomados datos, además del registro de especies, como hora de inicio, hora final, coordenada de inicio, coordenada final, tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros y cuando fue posible se realizó el registro fotográfico de los ejemplares que se observaron.

Para todos los grupos de fauna se recorrieron un total de **12 transectos lineales en el SA y 9 en el AP con una longitud de 100 m y un ancho variable dependiendo del grupo de fauna a muestrear**. A lo largo de estos transectos, en puntos estratégicos se instalaron trampas Tomahawk, esto con la finalidad de tener un mayor registro de la fauna presente en el SA.

Anfibios y reptiles (herpetofauna)

Para llevar a cabo el muestreo herpetológico se tomó en cuenta la información acerca del hábitat, el conocimiento del clima, suelo, vegetación, cuerpos de agua, estructura de la vegetación (los cuales se detalla en apartados anteriores en el presente capítulo), ya que estos proveen las condiciones ambientales necesarias para numerosas funciones ecológicas, de acuerdo con lo siguiente:

- Clima. – Las variaciones diarias del clima afectan la actividad de reptiles y anfibios. La temperatura y radiación son factores determinantes en los ritmos de actividad de los reptiles, mientras que para los anfibios la humedad relativa tiene el papel más importante.

- Suelo. – El tipo y textura del suelo son importantes en la determinación de la densidad y distribución de los anfibios y reptiles en un área. Por ejemplo, en algunas áreas de suelos arcillosos pesados, el agua se acumula sobre la superficie, especialmente durante épocas de lluvias. Debido a que el agua puede estancarse y permanecer ahí por semanas en forma de charcas temporales, algunos anfibios pueden reproducirse en estos sitios. Por otro lado, los suelos arenosos o lugares rocosos pueden favorecer la presencia de otras especies que construyen galerías en el suelo.

- Vegetación. – La estructura de la vegetación tiene mucha relación con la disponibilidad de los recursos, refugio y sitios de reproducción. Por otro lado, su estructura horizontal, tiene una importante influencia sobre la composición de anfibios y reptiles, especialmente en especies que habitan ecosistemas con vegetación poco compleja. Esta relación cambia en la compleja estructura de los bosques tropicales donde algunos anfibios y reptiles llevan a cabo la termorregulación en el dosel de los árboles o bajo la hojarasca.

El registro de las especies presentes en el SA se realizó con el método de búsqueda activa en los **12 transectos lineales y en los 9 transectos lineales del AP** (Karns, 1986; Casas *et al*., 1991; Aguirre y Cázares, 2009; Jiménez *et al.,* 2012). Los anfibios y reptiles fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos. Cuando fue posible se realizaron capturas manuales.

En cuanto a la determinación taxonómica de las especies registradas, fueron utilizadas bases de datos especializadas en ambos grupos como lo son Reptil Data base y AmphibiaWeb.

Anfibios

El registro de las especies presentes en el SA se realizó con el método de búsqueda activa en **12 transectos lineales del SA y 9 transectos lineales del AP** (Karns, 1986; Casas *et al*., 1991; Aguirre y Cázares, 2009; Jiménez *et al.,* 2012). Los anfibios y reptiles fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos. Cuando fue posible se realizaron capturas manuales.

Se realizaron transectos lineales a lo largo del SA, donde se registraron todos los organismos observados. De acuerdo con las condiciones observadas en campo y a la complejidad que priva en la región en cuanto a la propiedad y posesión de terrenos, la longitud de cada transecto **procuró mantenerse de 100 m**; sin embargo, en algunas ocasiones los transectos variaron en mayor o menor medida siendo más largos o cortos de acuerdo con la penetrabilidad o accesibilidad de cada uno, los factores diversos que ocasionaron su longitud fueron:

1) La presencia de predios privados, donde el acceso se dificulta;

2) Presencia de cobertura vegetal densa e,

3) Inundaciones.

La mayoría de las especies de anfibios presentan mayor actividad después del ocaso, por lo que su búsqueda a horas diurnas resulta poco productiva, contrario a los reptiles, que su avistamiento obedece a horas de mayor temperatura ambiental, pues depende de su temperatura corporal (Aguirre-León, 2011). Con el objetivo de cubrir los horarios de actividad de los anfibios y reptiles con diferentes hábitos, y obtener todos los registros posibles,

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 18:00 y las 22:00 h (Casas-Andreu *et al.,* 1991 y Gallina, *et al.,* 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios, a través de la vegetación y en cuerpos de agua. De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat), aumentando de esta manera las probabilidades de su encuentro como fue la búsqueda debajo de troncos, piedras, hojarasca, grietas, etc.

Se realizaron los transectos a una velocidad constante y durante los cuales se detectó la presencia de individuos (o grupos) de anfibios. Los recorridos se seleccionaron a través de un procedimiento aleatorio, y se contabilizaron todos los anfibios escuchados u observados dentro de una línea prefijada perpendicular a la línea.
Asimismo, se realizaron bandas auditivas, dentro de los transectos. Esta técnica consiste en contar los machos que "cantan/croar" a lo largo de un transecto de una longitud predeterminada, cuyo ancho varía de acuerdo con la distancia de detección del canto de la especie focal; es decir, la distancia máxima a la cual el animal puede ser escuchado por el observador. Esta técnica es muy útil en ecosistemas complejos como las selvas tropicales donde existe una elevada riqueza, varios estratos verticales y muchos microhábitats potenciales. Este es un método eficiente, muy poco dispendioso, en donde se registran con la misma facilidad las especies arborícolas, las crípticas, las fosoriales y de la hojarasca, y puede ser realizado por un sólo investigador

Todos los registros se anotaron en la bitácora, anotando las coordenadas geográficas con ayuda de un geoposicionador (GPS), se tomó evidencia fotográfica. Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández 2021), la

Claves ilustradas para su identificación Anfibios y reptiles de México, Claves de Casas Andreu de 1987 y Anfibios de la Región de Calakmul, Campeche Cedeño-Vázquez 2006.

Reptiles

La metodología empleada para reptiles sigue lo propuesto por diversos autores (Aguirre- León, 2011; De la Maza *et al.,* 2013; Ibañez, 2014) que, al igual que la de anfibios determinan su efectividad en términos de esfuerzos y costos, además de ser adecuados para la herpetofauna en selvas.

Para ello, se realizaron transectos lineales en los diferentes tipos de vegetación, en donde se registraron todos los organismos observados. La longitud de cada transecto procuró mantenerse de **100 m**; en algunas ocasiones los transectos son más largos o cortos, esta variación se debe a diversos factores.

El avistamiento de reptiles obedece a horas de mayor temperatura ambiental, pues depende de su temperatura corporal (Aguirre-León, 2011) por lo cual las primeras horas del día son más recomendables para llevar a cabo el muestreo, los recorridos se realizaron de forma silenciosa en horarios matutino, vespertino y nocturno (de 7:00 a 11:00 h y de 17:00 a 22:00 h) aunque es claro que la mayor actividad de los reptiles se da en las horas más calientes del día. De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat), aumentando de esta manera las probabilidades de su encuentro, se realizó la búsqueda debajo de troncos, piedras, hojarasca, grietas, etc.

Para la captura de reptiles se utilizaron guantes, ganchos, pinzas herpetológicas y lazadas de cuerda delgada sujeta al extremo de una vara o de una caña de pescar debido a que es una técnica muy efectiva para atrapar por el cuello a lagartijas de diversos tamaños y de comportamiento huidizo. Además, se utilizaron bolsas de tela para almacenar temporalmente algunos ejemplares que necesitaban ser determinados taxonómicamente con la ayuda de guías de campo y claves taxonómicas (Lee, 2000), estos organismos capturados después de su identificación fueron liberaron en el mismo sitio de captura.

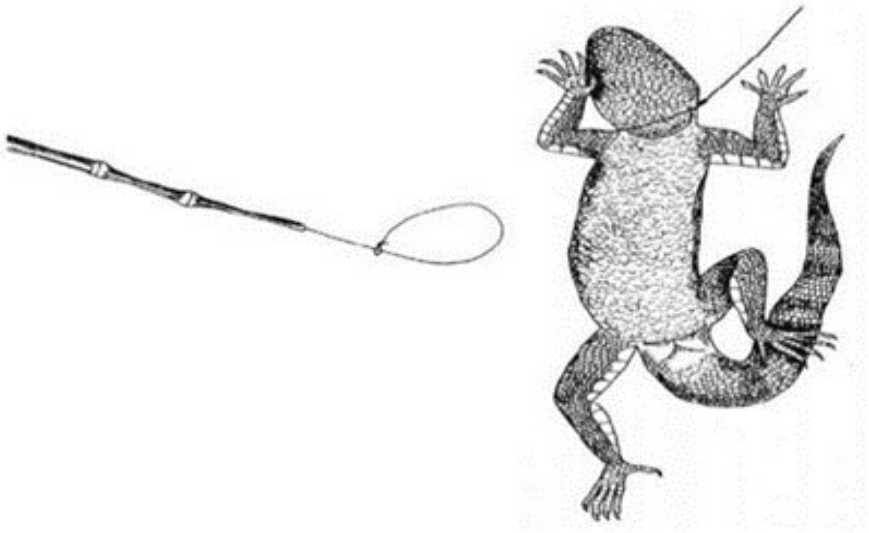


Figura 57**.** Ejemplo del uso de lazadas para atrapar lagartijas.



Figura 58**.** Algunas herramientas utilizadas para realizar la búsqueda activa**.**

Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández, 2021), y la Claves ilustradas para la identificación de anfibios y reptiles de México, de Casas Andreu de 1987.

Aves

El método de muestreo por transectos lineales, comúnmente utilizado para comparar la diversidad de las aves en distintos hábitats, de acuerdo con Taylor (2003) tiene la ventaja de simplificar la selección al azar de los puntos en el espacio, estar bien documentado y facilitar el análisis de los datos, no requiere de capacitaciones largas o costosas y es barato en términos de costos del equipo ya que requiere únicamente de los ojos y oídos del observador, además de un par de binoculares para la identificación de las especies, un cuaderno y un GPS para anotar la ubicación exacta de la posición del transecto.

Para describir la distribución, abundancia y riqueza de las especies de aves se utilizó el muestreo **por 12 transectos lineales de faja para el SA y 9 transectos lineales de faja para el AP** (Wunderle, 1994) de 100 metros con un ancho de banda (faja) **de 10 m (5 m por lado)** (Wunderle, 1994). Los recorridos en los transectos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:00 a 10:00 h y 17:00 a las 19:00 h), en donde se utilizó principalmente el método de observación directa (visual) e indirecta (auditiva).

De acuerdo con la metodología, una vez en el sitio definido se seleccionó al azar la dirección de partida (Taylor, 2003) y el observador caminó a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registraron todos los organismos observados o escuchados dentro de la faja con el fin de asegurar la identificación y el registro de todos los individuos presentes en su interior, tal como lo sugiere Wunderle (1994). Durante los muestreos se registraron datos de los individuos observados o capturados, como la especie y el número de individuos, además de datos del sitio como la hora de inicio y final, coordenadas de ubicación del transecto (inicio y final), tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros. Igualmente, se realizó el registro de nidos (método indirecto) dentro del ancho de banda, así como el registro directo de los individuos que estuvieran fuera del ancho de banda para verificar la presencia de las especies e incluirlas en los listados taxonómicos.

La identificación de las especies observadas y capturadas se realizó con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) y para especies migratorias (Nacional Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO (2022b). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2019).

Mamíferos

Debido a la diversidad de hábitos de la mastofauna, se emplearon diferentes métodos para su estudio, los cuales fueron: transectos lineales y trampas Tomahawk. La implementación de los transectos permite conocer la riqueza específica, densidad y abundancia relativa de un determinado grupo faunístico, en un sitio particular (Aranda, 2000). Mediante el establecimiento de recorridos en líneas predeterminadas, se establecen conteos de especies mediante la observación directa o la búsqueda de rastros (Amador, 2010; Rudran *et al.,* 1996; Gallina y López-González, 2011).

Los transectos se efectuaron en modalidad diurna con una longitud de **100 m aproximadamente por 10 m de ancho. En total, se establecieron 12 transectos para el SA y 9 transectos para el AP** en ambas temporadas (lluvia y secas), los cuales se realizaron en horarios matutinos, vespertinos y nocturnos de 7:00 h-11:00 h y de 17:00 a 22:00 h. Para el registro de mamíferos medianos y grandes en los transectos, se buscaron zonas con senderos naturales con posibilidad de observar rastros (huellas, excretas, restos, pelos, etc.) así como la observación directa de los organismos que pudieran estar descansando o desarrollando alguna otra actividad dentro del sitio (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012).

A continuación, se muestra el mapa de ubicación en el sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 16, de los transectos realizados para el registro de los cuatro grupos de fauna (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y el mapa de ubicación en el sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 16, de las trampas Tomahawk, en el SA y el AP.

Tabla 71**.** Vértices de los transectos de muestreo del SA. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice Inicial	Ubicación	Este X	Norte Y
1	Inicial	502283.7192	2323286.8608
1	Final	502388.2790	2323307.3591
2	Inicial	502454.8422	2322526.4228
2	Final	502561.3904	2322526.2379
3	Inicial	502470.5464	2321471.2113
3	Final	502576.6049	2321464.1212
4	Inicial	501641.2018	2320817.0833
4	Final	501742.9674	2320817.0179
5	Inicial	502132.8772	2319622.0975
5	Final	502229.7994	2319583.2927
6	Inicial	499650.6226	2319684.1184
6	Final	499756.9670	2319671.3769
7	Inicial	499653.9741	2320840.4040
7	Final	499760.1800	2320833.0485
8	Inicial	497672.1165	2320499.5085
8	Final	497772.3278	2320480.3787
9	Inicial	498049.3630	2321572.3095
9	Final	498079.9084	2321464.9007
10	Inicial	498458.4778	2322375.4348
10	Final	498565.2583	2322369.6154
11	Inicial	499484.0872	2323128.6334
11	Final	499562.4406	2323062.9567
12	Inicial	500632.3507	2323116.7353
12	Final	500712.1666	2323180.2508

Tabla 72**.**Vértices de los sitios de muestreo intensivo de fauna del AP. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice Inicial	Ubicación	Este X	Norte Y
1	Inicial	500969.5114	2322285.7330
1	Final	501072.4940	2322277.6096
2	Inicial	501285.6326	2322274.0482
2	Final	501394.8074	2322272.5307
3	Inicial	501565.8534	2322268.9178
3	Final	501669.4490	2322263.8605
4	Inicial	500984.1457	2322094.3350
4	Final	501089.4038	2322105.3506
5	Inicial	501250.7347	2322108.3860
5	Final	501354.0285	2322107.3404
6	Inicial	501635.3467	2322073.7301
6	Final	501529.0925	2322087.2307
7	Inicial	500979.4896	2321914.4078
7	Final	501084.5787	2321902.4347
8	Inicial	501255.3656	2321943.0318
8	Final	501356.7804	2321959.4649
9	Inicial	501512.9391	2321927.0132
9	Final	501617.3835	2321948.1520

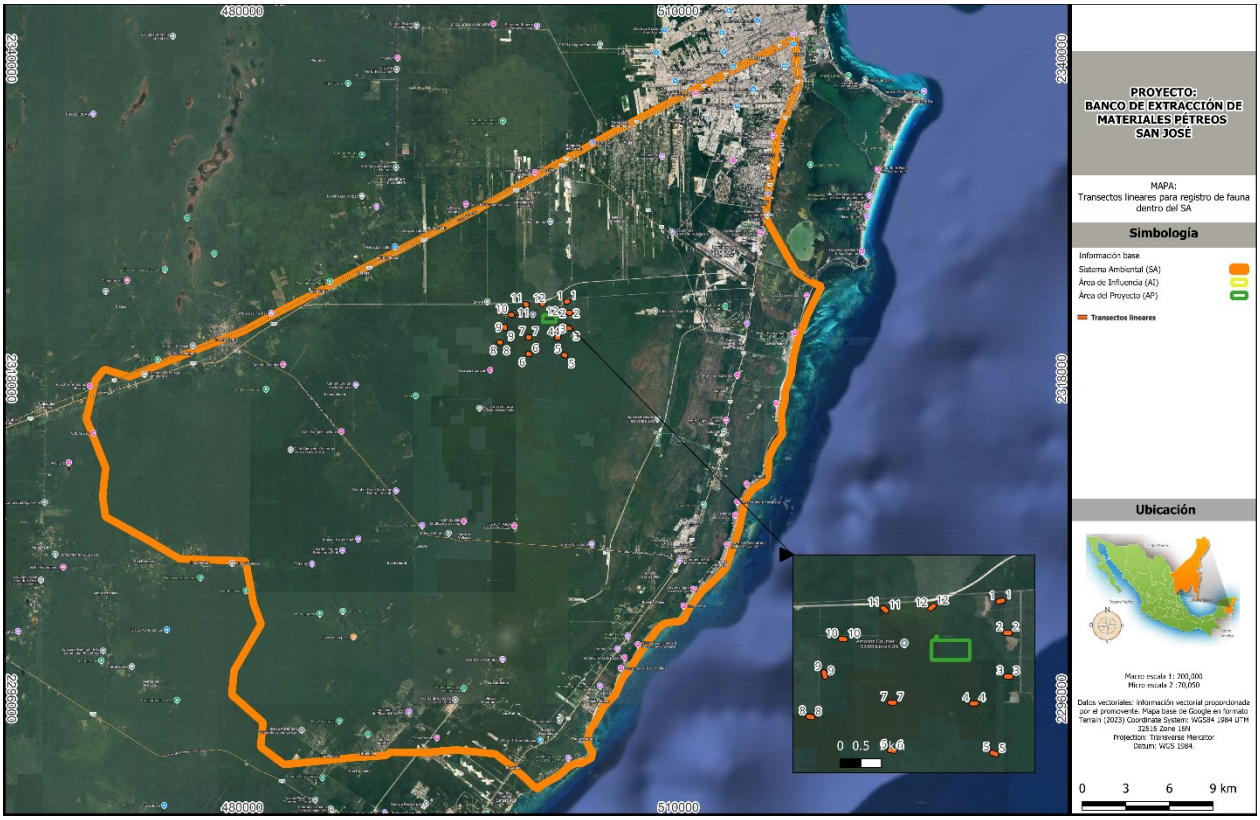


Figura 59. Mapa de ubicación de sitios de muestreo dentro del SA.

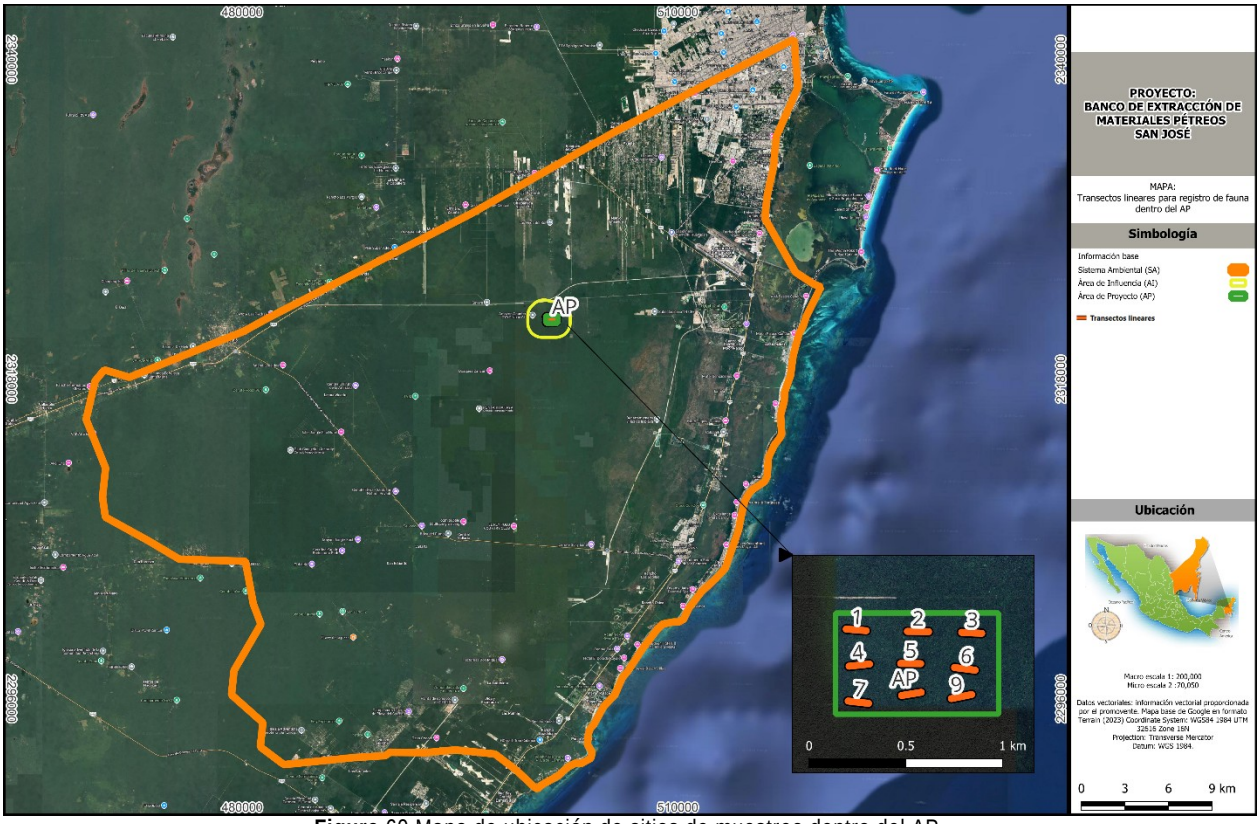


Figura 60.Mapa de ubicación de sitios de muestreo dentro del AP.

De manera complementaria se utilizaron **12 trampas para el SA y 3 trampas para el AP tipo Tomahawk** para el registro de mamíferos de talla mediana (González-Romero, 2011; Álvarez-Castañeda *et al*., 2015), así como **12 trampas Sherman en el SA y 9 en el AP**. El objetivo de esta técnica fue el de complementar la riqueza de especies obtenidas mediante transectos, ya que en algunos casos algunos rastros observados durante los recorridos pueden resultar confusos entre algunas especies. Las trampas Tomahawk resultan adecuadas para la identificación más eficaz de algunos carnívoros medianos, debido a su sistema de cierra una vez activada, aunque no es una trampa selectiva, se obtienen buenos resultados en el monitoreo de mamíferos, mientras que las Sherman son efectivas para mamíferos pequeños como roedores. Se utilizó una trampa dentro de áreas estratégicas cercanas a senderos, áreas de alimentación y abrevaderos, las trampas estuvieron activas durante tres noches. Las trampas fueron colocadas al atardecer y se cebaron con sardinas o fruta.

Las trampas operaron por un periodo de una noche en cada sitio, siendo revisadas a partir de las 7:00 am. A los individuos capturados se les manipuló mediante el uso de guantes de carnaza, posteriormente se procedió a la toma de datos morfométricos con el fin de identificarlos adecuadamente.

Tabla 73**.** Ubicación de Trampas Tomahawk dentro del SA. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice	Este X	Norte Y
1	502388.2790	2323307.3591
2	502454.8422	2322526.4228
3	502576.6049	2321464.1212
4	501742.9674	2320817.0179
5	502229.7994	2319583.2927
6	499756.9670	2319671.3769
7	499760.1800	2320833.0485
8	497772.3278	2320480.3787
9	498079.9084	2321464.9007
10	498458.4778	2322375.4348
11	499562.4406	2323062.9567
12	500632.3507	2323116.7353

Tabla 74**.** Ubicación de Trampas Tomahawk dentro del AP. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice	Este X	Norte Y
1	501029.0000	2321907.9990
2	501336.0000	2322268.9990
3	501568.0000	2321934.9990

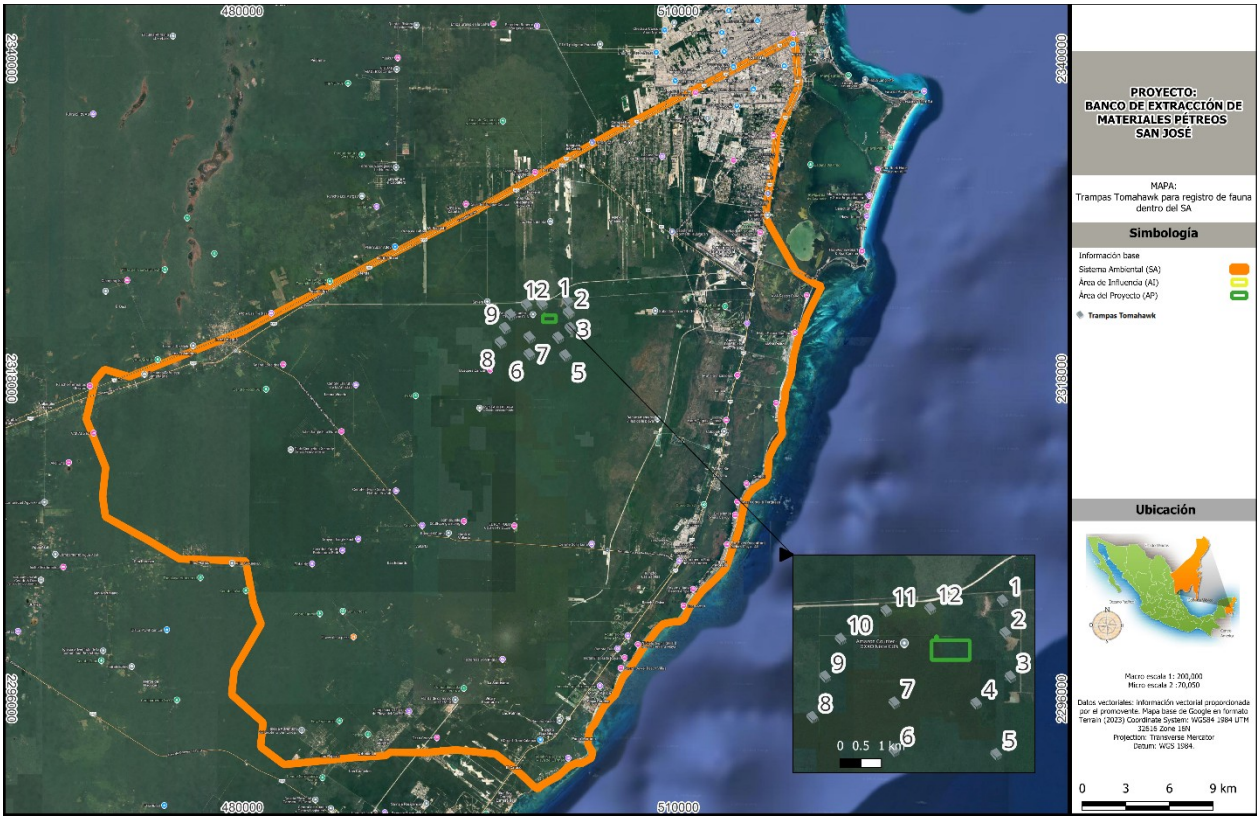


Figura 61. Mapa de ubicación de trampas Tomahawk dentro del SA.

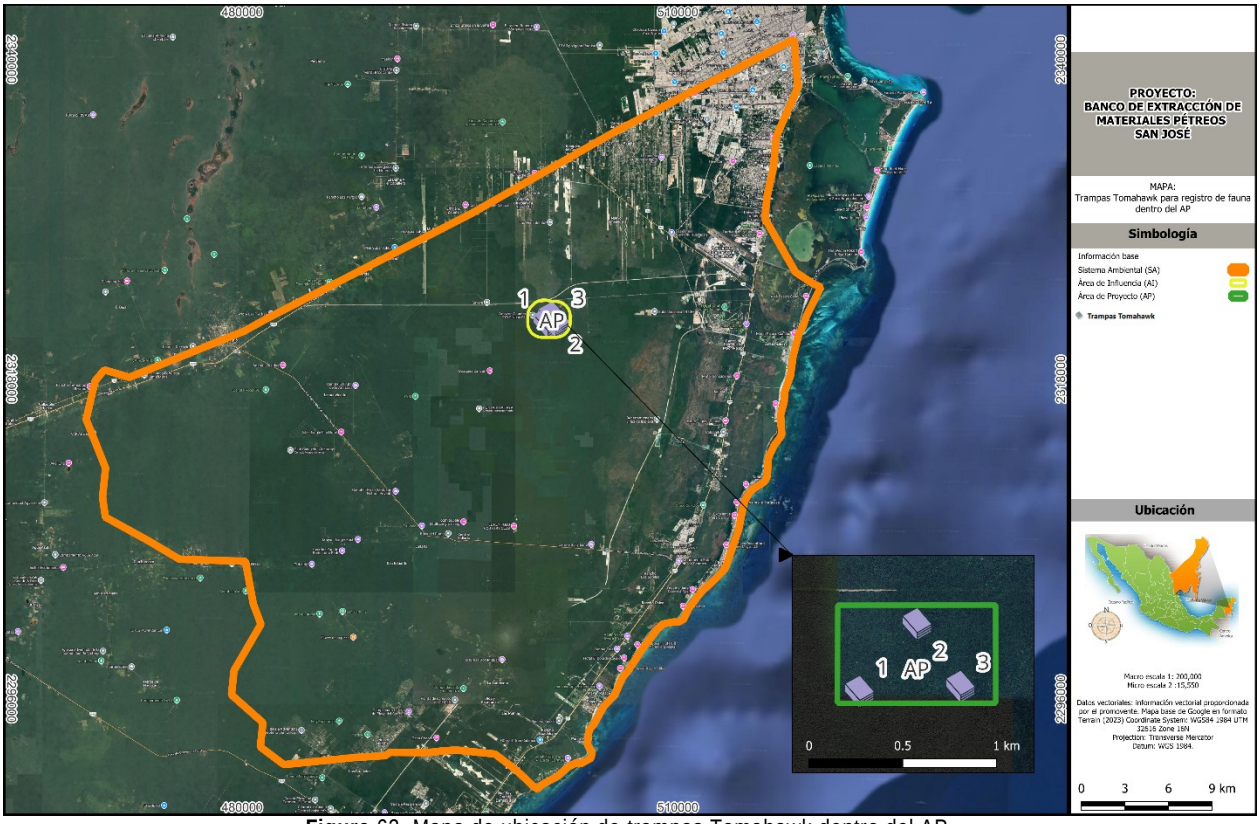


Figura 62. Mapa de ubicación de trampas Tomahawk dentro del AP.

Tabla 75**.** Ubicación de Trampas Sherman dentro del SA. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice	Este X	Norte Y
1	502283.7192	2323286.8600
2	502561.3904	2322526.2370
3	502470.5464	2321471.2110
4	501641.2018	2320817.0830
5	502132.8772	2319622.0970
6	499650.6226	2319684.1180
7	499653.9741	2320840.4040
8	497672.1165	2320499.5080
9	498049.3630	2321572.3090
10	498565.2583	2322369.6150
11	499484.0872	2323128.6330
12	500712.1666	2323180.2500

Tabla 76**.** Ubicación de Trampas Sherman dentro del AP. Formato UTM 32616 WGS84.

Vértice	Este X	Norte Y
1	501353.0000	2322102.9990
2	500970.0000	2322282.9990
3	501070.0000	2322274.9990
4	501251.0000	2322102.9990
5	501566.0000	2322265.9990
6	501668.0000	2322259.9990

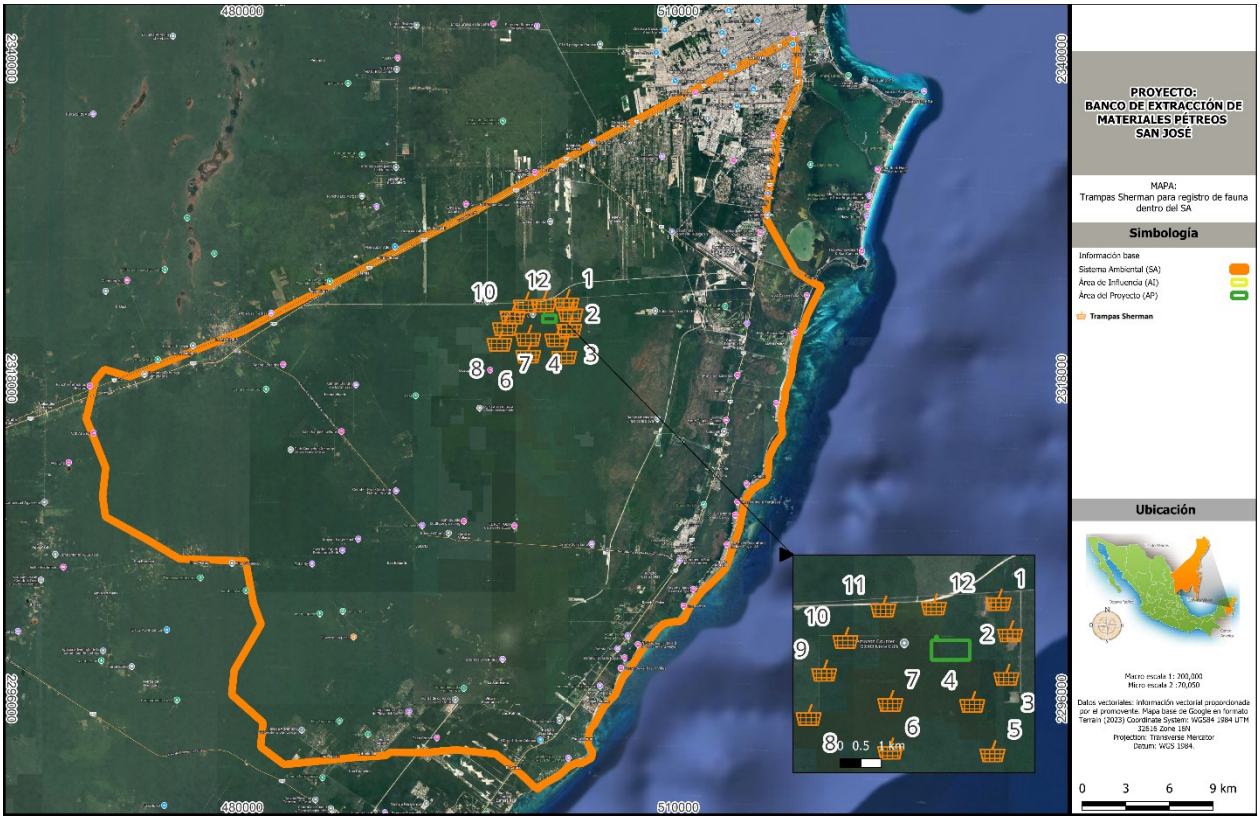


Figura 63. Mapa de ubicación de las Trampas Sherman dentro del SA.



Figura 64. Mapa de ubicación de las Trampas Sherman dentro del AP.

- **Especificaciones sobre la caracterización de quirópteros**

Por otro lado, el muestreo de quirópteros requiere de elementos tales como trampas de niebla, detectores ultrasónicos y análisis acústicos, así como también requiere de personal altamente capacitado para el manejo de los individuos y para llevar a cabo el análisis de las bases de datos de sus sonidos para su correcta determinación; lo cual implica un mayor esfuerzo logístico y económico, si bien no se llevan a cabo muestreos directos de estos individuos se llevan a cabo los muestreos de avistamiento por transectos lineales. En caso de llevar a cabo el avistamiento y determinación de un ejemplar, este se registrará, sin embargo, durante los muestreos realizados para este estudio no se registraron especies de quirópteros.

Debido a la alta densidad de los árboles, el muestreo de murciélagos se vuelve difícil o incluso imposible, esta situación presentó la imposibilidad de llevar a cabo los muestreos de murciélagos en el área del proyecto. La vegetación densa de la selva media subperennifolia impide el acceso físico a las áreas donde los murciélagos podrían estar presentes, dificultando la colocación de redes de niebla u otros equipos de captura para su muestreo. Por otra parte, el hábito nocturno de estos organismos, aunado a la densa cobertura arbórea reduce la visibilidad, lo que dificulta la observación directa de los murciélagos y la identificación de sus refugios. Las ramas bajas, la maleza y la gran cantidad de follaje pueden enredar o dañar las redes de niebla, haciéndolas ineficaces o inutilizables. Además, los murciélagos pueden detectar y evitar las redes más fácilmente en entornos complejos.

Debido a lo anterior se realizó una búsqueda bibliográfica a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1900 y 2023, se enlistaron las especies de fauna potencial que tuvieron incidencia dentro del SA, con esto se puede observar la presencia **de 8 especies de murciélagos, de los cuales la especie que corresponde a *Micronycteris schmidtorum*, se encuentra en categoría de Amenazada (A)**, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en el Anexo III (2019).

Si bien durante los muestreos no se llevaron a cabo registros de individuos de estas especies, lo cual puede ser producto de diversos factores tales como el horario de la realización de los muestreos, la cercanía con asentamientos humanos, la posible escases de recursos para su alimentación, cabe mencionar que se tomarán las medidas de prevención y mitigación necesarias para proteger y conservar estas especies, mediante la implementación del programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en el cual se establecen medidas de ahuyentamiento para que no se vean afectadas u alteren sus ciclos a causa de las actividades que se lleven a cabo durante el desarrollo del proyecto, dispersándolos principalmente mediante estímulos auditivos a zonas más viables para su desarrollo.

Por otra parte, en lo que respecta a su biología para contribuir en su conservación y permanencia en las áreas aledañas, se llevará a cabo un Programa de Reforestación en el cual se encuentran algunas especies frutales, lo cual contribuye en la alimentación de estas especies ya que de las enlistadas a continuación su alimentación se basa principalmente en frutos, así como también el hecho de que se encuentren espacios con mayor cobertura vegetal atrae mayormente especies de insectos otra fuente de alimento de algunas de las especies enlistadas, de manera que se proporcionará alimento y refugio, manteniendo la ecología funcional de estas especies y contribuyendo a los ecosistemas.

Tabla 77. registros de especies de murciélagos dentro del SA, y sus categorías de riesgo nacional e internacional.

Familia	Género	Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM-059-SEMARNAT-2010	Cites	IUCN
Phyllostomidae	*Centurio*	*Centurio senex senex*	Murciélago	N	-	-	LC
Phyllostomidae	*Chiroderma*	*Chiroderma villosum*	Murciélago ojón peludo	N	-	-	LC
Phyllostomidae	*Dermanura*	*Dermanura phaeotis*	Murciélago frugívoro pigmeo	N	-	-	LC
Phyllostomidae	*Micronycteris*	*Micronycteris microtis mexicana*	Murciélago	N	-	-	LC
Phyllostomidae	*Micronycteris*	*Micronycteris schmidtorum*	Murciélago orejón centroamericano	N	A	-	LC
Molossidae	*Molossus*	*Molossus rufus*	Murciélago mastín negro	-	-	-	LC
Vespertilionidae	*Myotis*	*Myotis pilosatibialis*	Murciélago ratón patas peludas	N	-	-	LC
Mormoopidae	*Pteronotus*	*Pteronotus mesoamericanus*	Murciélago bigotudo mesoamericano	N	-	-	LC

b.3) Confiabilidad de los muestreos a través de análisis no paramétricos

- ***Curva de Acumulación de Especies (CAE)***

La curva de acumulación de especies se obtuvo con el programa EstimateS®, el cual es una potente herramienta metodológica para estandarizar las estimaciones de riqueza obtenida en distintos inventarios. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez y Hortal, 2003). Para calcular el esfuerzo de muestreo se utilizaron los sitios de muestreo como unidades de estimación. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt de Villareal (2004), en su Capítulo 7.3 nos menciona que "… Si la curva nos indica que obtuvimos más del 80 % de las especies en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis; si los valores del conjunto de estimadores se comportan de forma similar y presentan valores cercanos a los observados, son seguridad se ha obtenido un buen muestreo" (Villareal *et al*., 2004). Con base en lo anterior, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo nos indica de acuerdo con los análisis estadísticos no paramétricos realizados, se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo faunístico.

Sistema Ambiental (SA)

Anfibios

La gráfica de acumulación obtenida con los datos de muestreo de especies de anfibios durante secas, de acuerdo con los índices no paramétricos, alcanza la asíntota, lo cual demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo faunístico.

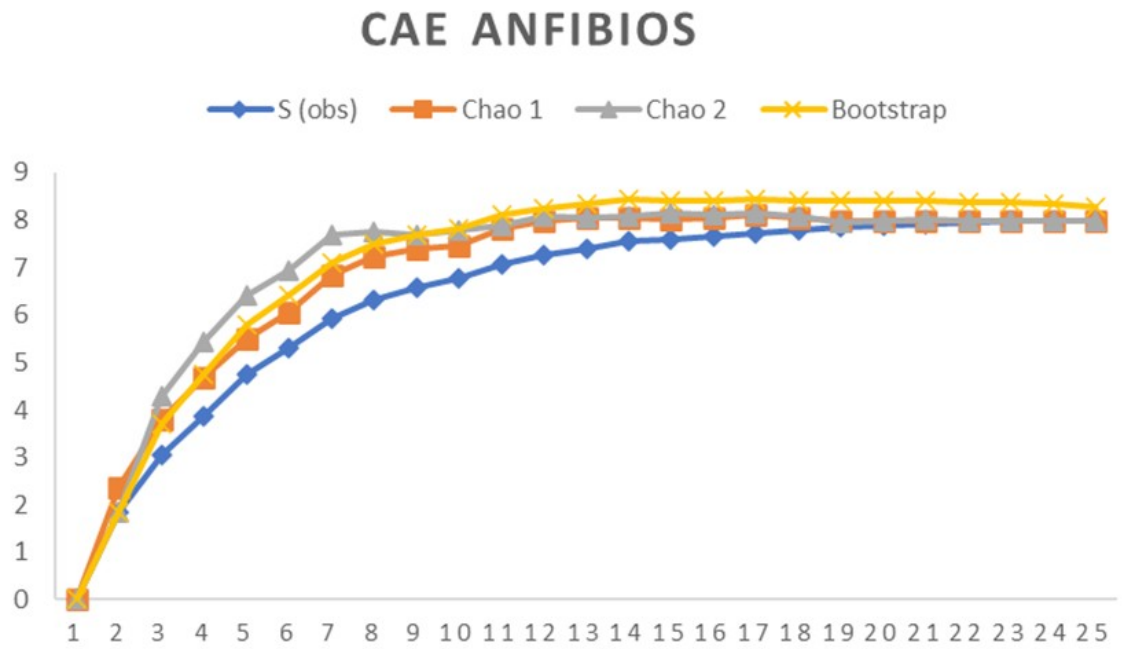


Figura 65. Curvas de acumulación para los anfibios registrados.

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 98.8339%, en donde en los estimadores Chao 1 y Chao 2 se obtuvo una representatividad del 100%, mientras que el estimador Bootstrap obtuvo un 96.5018%.

Tabla *LXXVIII*. Estimadores de riqueza y representatividad para los anfibios durante los muestreos.

S (OBS)	8	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	8	100
CHAO 2	8	100
BOOTSTRAP	8.29	96.5018

Reptiles

Para el caso de los reptiles, de acuerdo con los índices no paramétricos y la gráfica de acumulación obtenida con los datos de muestreo de las especies durante secas se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo de fauna.

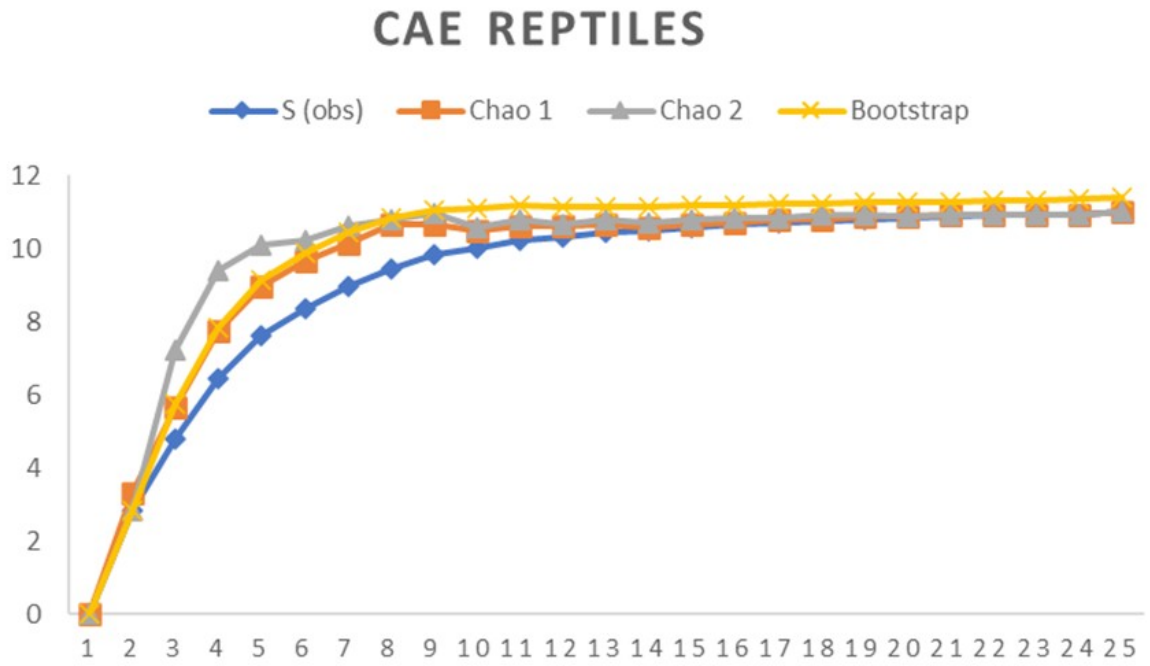


Figura *LXVI.* Curvas de acumulación para los reptiles registrados.

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 98.8304%, en donde los estimadores Chao 1 y Chao 2 se obtuvo una representatividad del 100%, mientras que el estimador Bootstrap obtuvo un 96.4912%.

Tabla *LXXIX*. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante los muestreos.

S (OBS)	11	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	11	100
CHAO 2	11	100
BOOTSTRAP	11.4	96.4912

Aves

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo durante secas, de acuerdo con los índices no paramétricos, muestra que se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo de fauna.

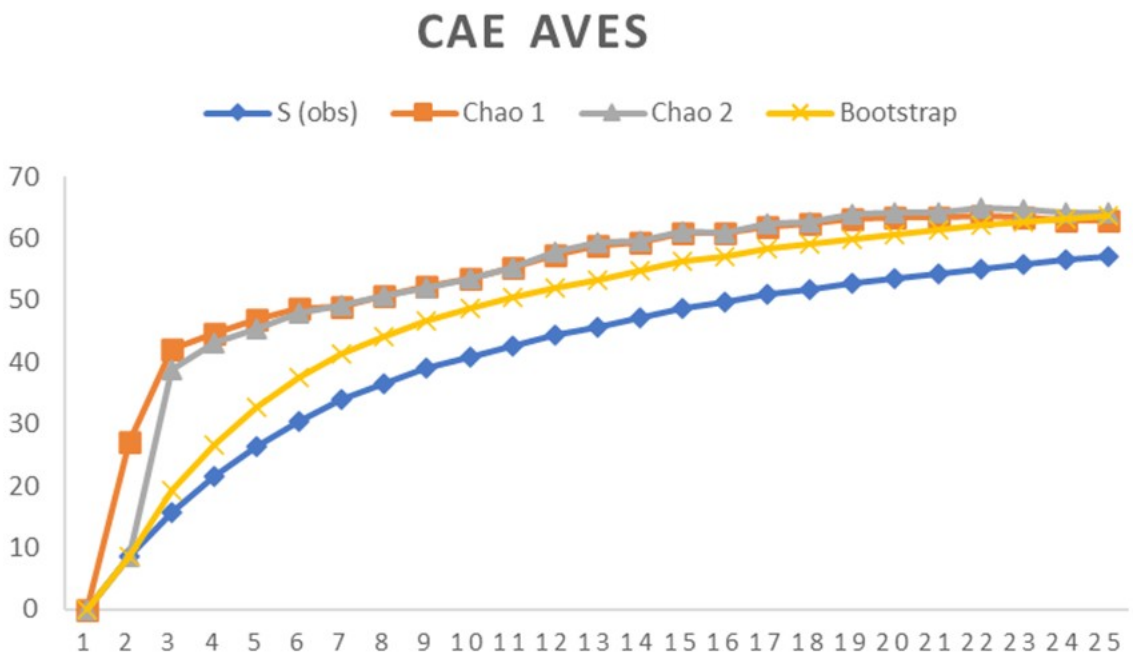


Figura *LXVII*.Curvas de acumulación para las aves registradas

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 89.5305%, en donde el estimador Chao 1, Chao 2 y Bootstrap obtuvieron una representatividad de 90.5193%, 88.6883% y 89.3837%, como se muestra en la siguiente figura.

Tabla *LXXX*. Estimadores de riqueza y representatividad para las aves durante los muestreos.

S (OBS)	57	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	62.97	90.5193
CHAO 2	64.27	88.6883
BOOTSTRAP	63.77	89.3837

Mamíferos

En el caso de los mamíferos, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo durante secas, de acuerdo con los índices no paramétricos, indica que se alcanza la asíntota, con lo cual se demuestra que se realizó un muestreo adecuado en el SA.

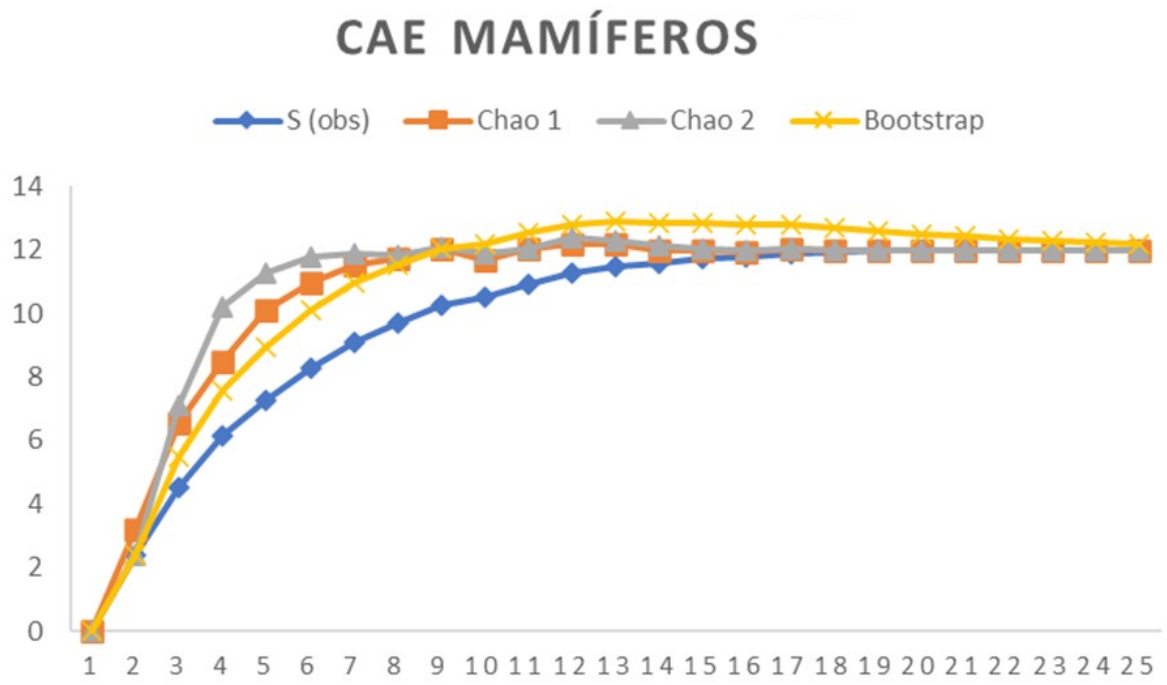


Figura LXVIII. Curvas de acumulación para los mamíferos registrados.

Con base en lo que antecede, se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 99.4804%, en donde los estimadores Chao 1 y Chao 2 obtuvieron la mayor representatividad con el 100% y el estimador Bootstrap obtuvo un 98.4413%, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla *LXXXI*. Estimadores de riqueza y representatividad para los mamíferos durante los muestreos.

S (OBS)	12	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	12	100
CHAO 2	12	100
BOOTSTRAP	12.19	98.4413

Área del proyecto (AP)

Anfibios

En el caso de los anfibios, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo nos indica de acuerdo con los análisis estadísticos no paramétricos realizados, se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo faunístico.

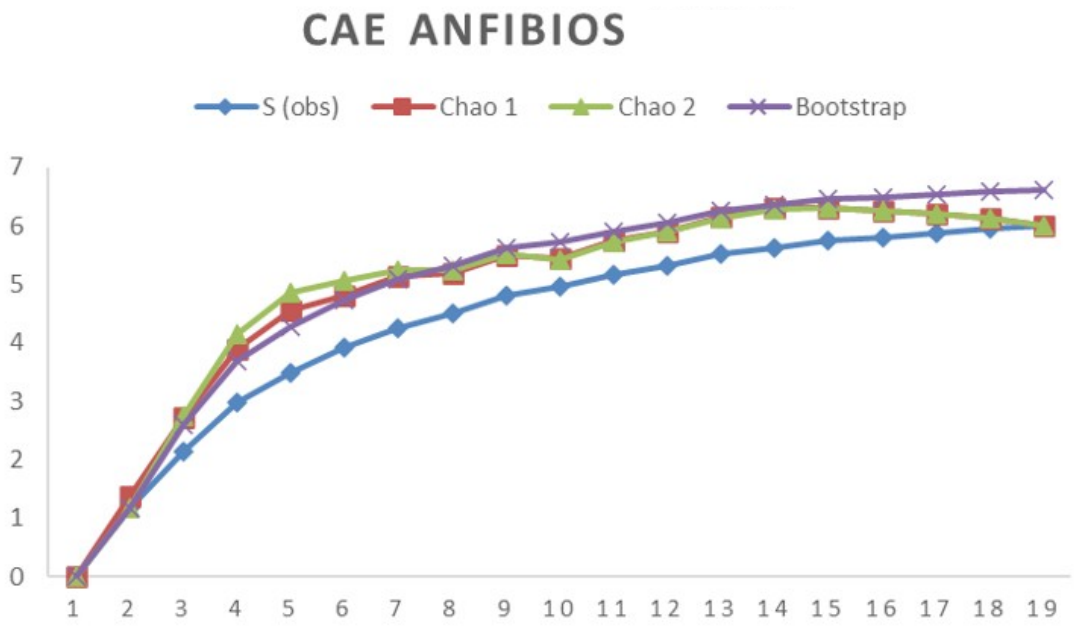


Figura 69. Curvas de acumulación para los anfibios registrados.

En el análisis de representatividad, de acuerdo con los estimadores se tuvo 96.9697% de representatividad. El estimador de Chao 1 y Chao 2 fueron los que predijeron el número exacto de riqueza siendo de 100%. Sin embargo, Bootstrap predijo 90.9091% por lo que los tres índices predijeron la riqueza presente en el área de AP, en donde los tres estimadores se encuentra por arriba del 85% el cual es el valor teórico de eficiencia (Villarreal, 2004), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla *LXXXII*. Estimadores de riqueza y representatividad para los anfibios durante los muestreos.

S (OBS)	6	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	6	100
CHAO 2	6	100
BOOTSTRAP	6.6	90.9091

Reptiles

En el caso de los reptiles, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo nos indica de acuerdo con los análisis estadísticos no paramétricos realizados, se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo faunístico.

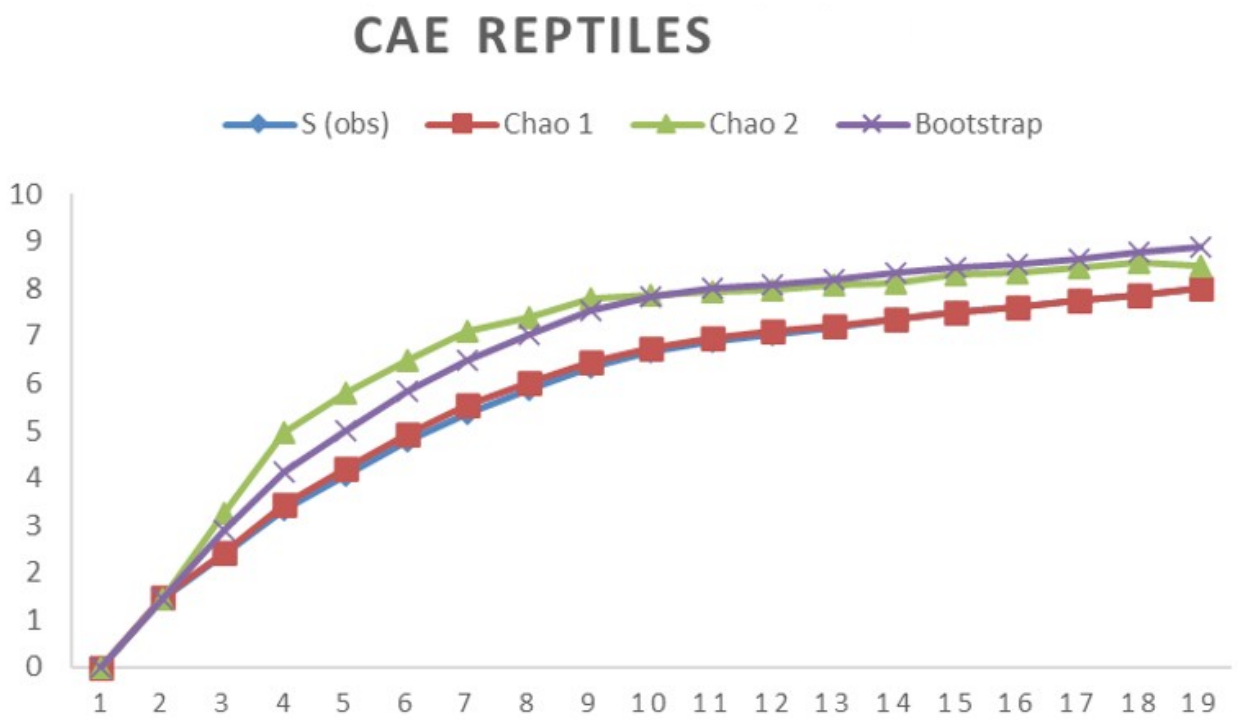


Figura *LXX*.Curvas de acumulación para los reptiles registrados.

Lo cual también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 88.1192% (promedio) de representatividad. El estimador Chao 1 predijo el 100% de las especies de reptiles, Chao 2 y Bootstrap predijeron 94.4510% y 89.9888% respectivamente, por lo que los tres índices predijeron la riqueza presente en el área de AP, en donde los tres estimadores se encuentra por arriba del 85% el cual es el valor teórico de eficiencia (Villarreal, 2004), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla *LXXXIII*. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante los muestreos.

S (OBS)	8	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	8	100
CHAO 2	8.47	94.4510
BOOTSTRAP	8.89	89.9888

Aves

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo nos indica de acuerdo con los análisis estadísticos no paramétricos realizados, se comienza a alcanzar la asíntota, lo cual demuestra que el muestreo apenas comienza a ser suficiente para este grupo faunístico.

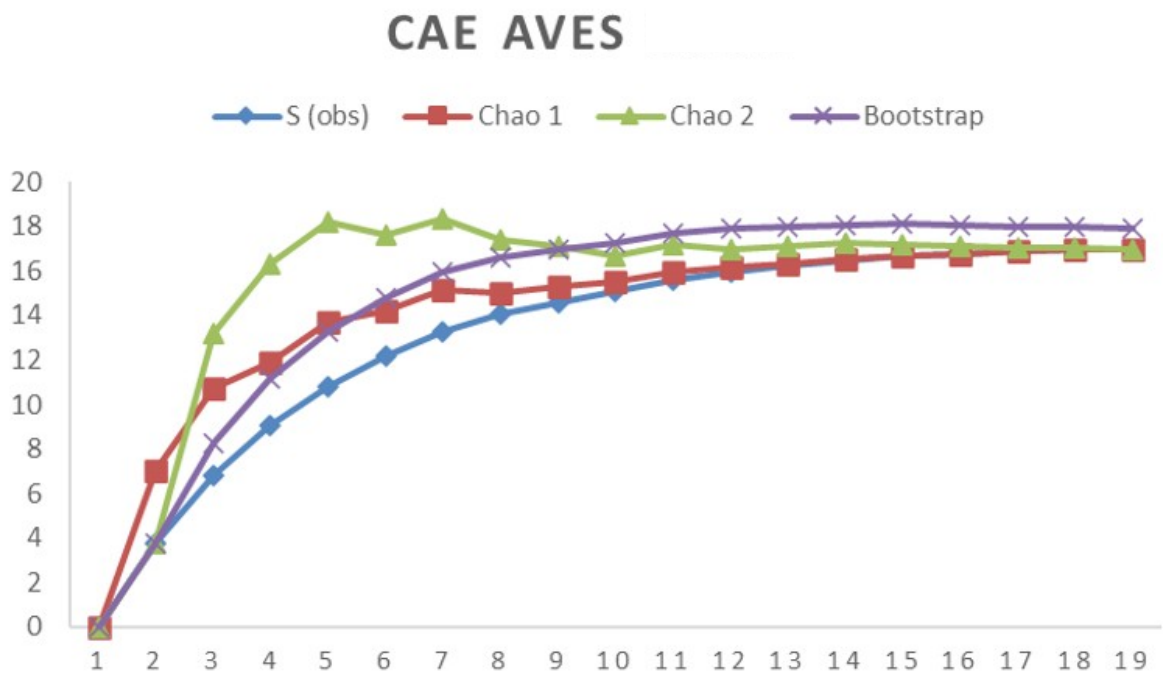


Figura *LXXI.* Curvas de acumulación para las aves registradas.

Esto también puede ser demostrado con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 98.3594% de representatividad. Los estimadores de Chao 1, Chao 2 predijeron el número de especies al 100% y Bootstrap predijo 95.0783%. Sin embargo, la representatividad de acuerdo con la riqueza observada (17 especies) se encuentra por arriba del 85% el cual es el valor teórico de eficiencia (Villarreal, 2004), como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla *LXXXIV*. Estimadores de riqueza y representatividad para las aves durante los muestreos.

S (OBS)	17	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	17	100
CHAO 2	17	100
BOOTSTRAP	17.88	95.0783

Mamíferos

En el caso de los mamíferos, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo nos indica de acuerdo con los análisis estadísticos no paramétricos realizados, apenas se ve que se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo faunístico.

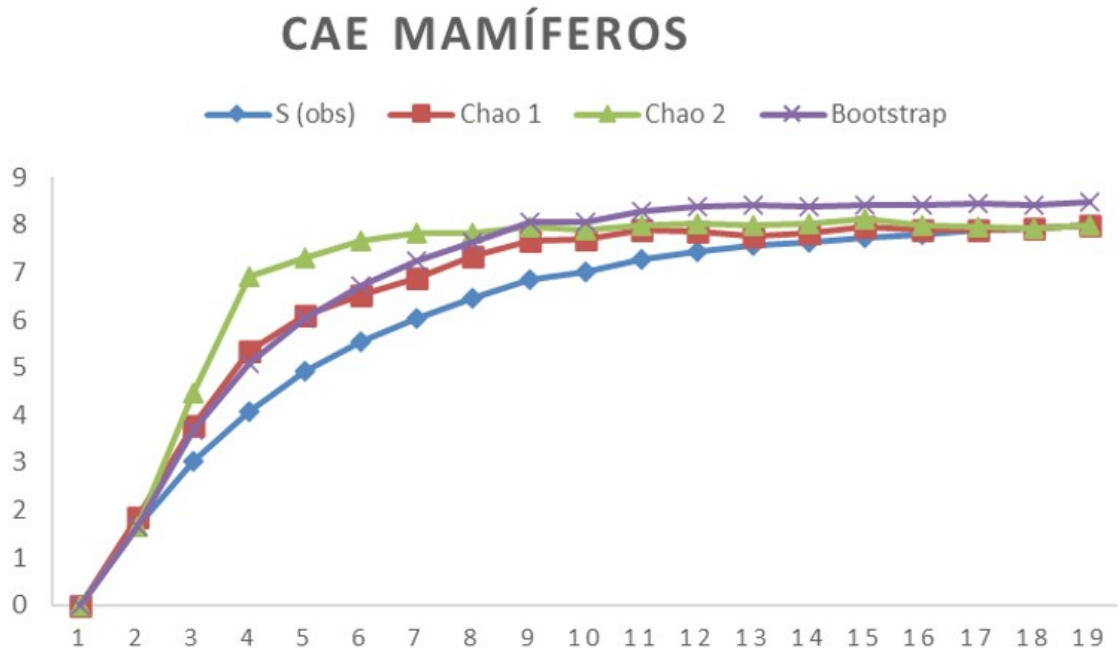


Figura LXXII. Curvas de acumulación para los mamíferos registrados.

Lo anterior también se demuestra con el análisis de representatividad, que de acuerdo con los estimadores se tuvo 98.0762% (promedio) de representatividad. Los estimadores de Chao 1 y Chao 2 fueron los que predijeron el número exacto de la riqueza siendo 100%. Sin embargo, Bootstrap predijo 94.2285% respectivamente, por lo que los tres estimadores predijeron estimadores que se encuentra por arriba del 85% el cual es el valor teórico de eficiencia (Villarreal, 2004), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla *LXXXV*. Estimadores de riqueza y representatividad para los mamíferos durante los muestreos.

S (OBS)	8	REPRESENTATIVIDAD %
ESTIMADORES	RIQUEZA ESTIMADA	
CHAO 1	8	100
CHAO 2	8	100
BOOTSTRAP	8.49	94.2285

b.4.) Análisis de información para la caracterización de la fauna

- ***Revisión de la información de expediente de los muestreos del Sistema Ambiental (SA) y del Área del Proyecto (AP)***

Empleando la información recopilada en campo, se procedió con el análisis de está tanto por zona de análisis como grupo faunístico. Para ello, se realizó una descripción a nivel riqueza, abundancia y diversidad.

- ***Descripción de la fauna potencial***

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1900 y 2023 (123 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la fauna presente dentro del SA y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 2 kilómetros.

- ***Biodiversidad***

Riqueza
Para la descripción de la riqueza sólo se atiende a la presencia de las especies en sus diferentes grupos faunísticos.

Abundancia
Aquí se aborda la cantidad de individuos presentes dentro de las zonas analizadas, en diferentes niveles taxonómicos.

Diversidad
Es la relación que existe entre el número de especies y de individuos de una comunidad. Los índices de diversidad incorporan en un sólo valor tanto a la riqueza específica como la equitatividad. En algunos casos un valor dado de un índice puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitatividad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitatividad, o presentarse una situación contraria. Esto significa que su valor aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitatividad). Para la determinación de la diversidad se han generado diversos índices que permiten relacionar las variables antes expuestas y que para esta caracterización se emplearon el índice de Shannon-Wiener (*H´*), índice de Margalef (D_{Mg}), índice de equitatividad de Pielou (*J´*), entre otros (Moreno, 2001).

La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson (ʎ), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J´) para comparar la diversidad calculada con el índice de H´ y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.*, 1992; Catalan-Heverástico *et al*., 2003, Halffter *et al*, 2007).

- *Índice de Shannon-Wiener (H')*

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; **valores inferiores a 2** se consideran **bajos**, entre **2 y 3.5** se **considera media**, y **superiores a 3.5 son altos**, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$$H' = - \sum pi \ln pi$$

Dónde:
S = número de especies (la riqueza de especies)
Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N

- *Índice de dominancia de Simpson (ʎ)*

Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ, en donde entre más cercano es el valor a 0, mayor será la diversidad. Valores entre 0 y 0.4 son considerados como altos, mayores a 0.4 y hasta 0.8 se consideran como medios y superiores a 0.8 se consideran bajos (Lande, 1996). A continuación, se presenta la ecuación para obtener su resultado:

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde:
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.

- *Índice de equitatividad de Pielou (J´)*

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza. Valores entre 0 y 0.3 indican una baja equitatividad entre la riqueza esperada y observada, mayores a 0.3 y hasta 0.8 se considera media, y superiores a 0.8 se considera como alta.

$$J´ = H´/H´max$$

Dónde:
H´= índice de diversidad de Shannon-Wiener.
H´max = diversidad máxima esperada.

b.5) Resultados

b.5.1) Fauna potencial dentro del Sistema Ambiental (SA)

Mediante la recopilación de registros de especies extraídos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, se obtuvieron un total de 264,178 registros para el Sistema Ambiental (SA), pertenecientes a un total de **701 especies potenciales de fauna**, que se distribuyen dentro de 128 familias y 383 géneros. Los datos obtenidos fueron procesados en el sistema de información geográfica denominado como Qgis 3.40.0, donde se realizó un corte y conteo de puntos de registros de especies de fauna del Sistema Ambiental, esto a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 1.5 kilómetros cada uno para reflejar tanto la riqueza como la abundancia (según el caso), contenida en cada uno de los polígonos delimitados, así como la distribución de esta misma. Para ello, se establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en los polígonos hexagonales distribuidos en el SA, de tal modo que se creó un gradiente de acuerdo con el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos. Como parte de la caracterización del componente fauna, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de este SA a través del **periodo comprendido entre 1901 y 2023 (122 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por ello, que se concluye que esta información es válida para este componente.

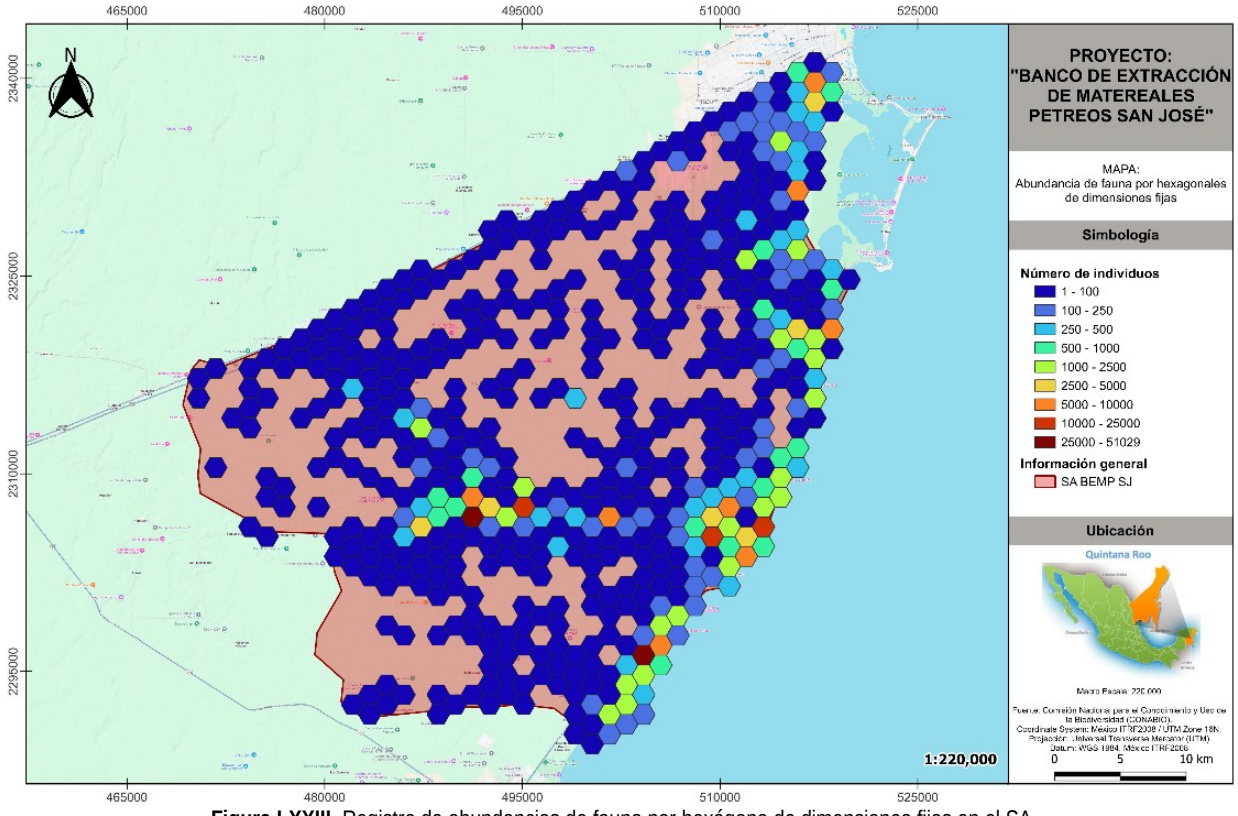


Figura LXXIII. Registro de abundancias de fauna por hexágono de dimensiones fijas en el SA.

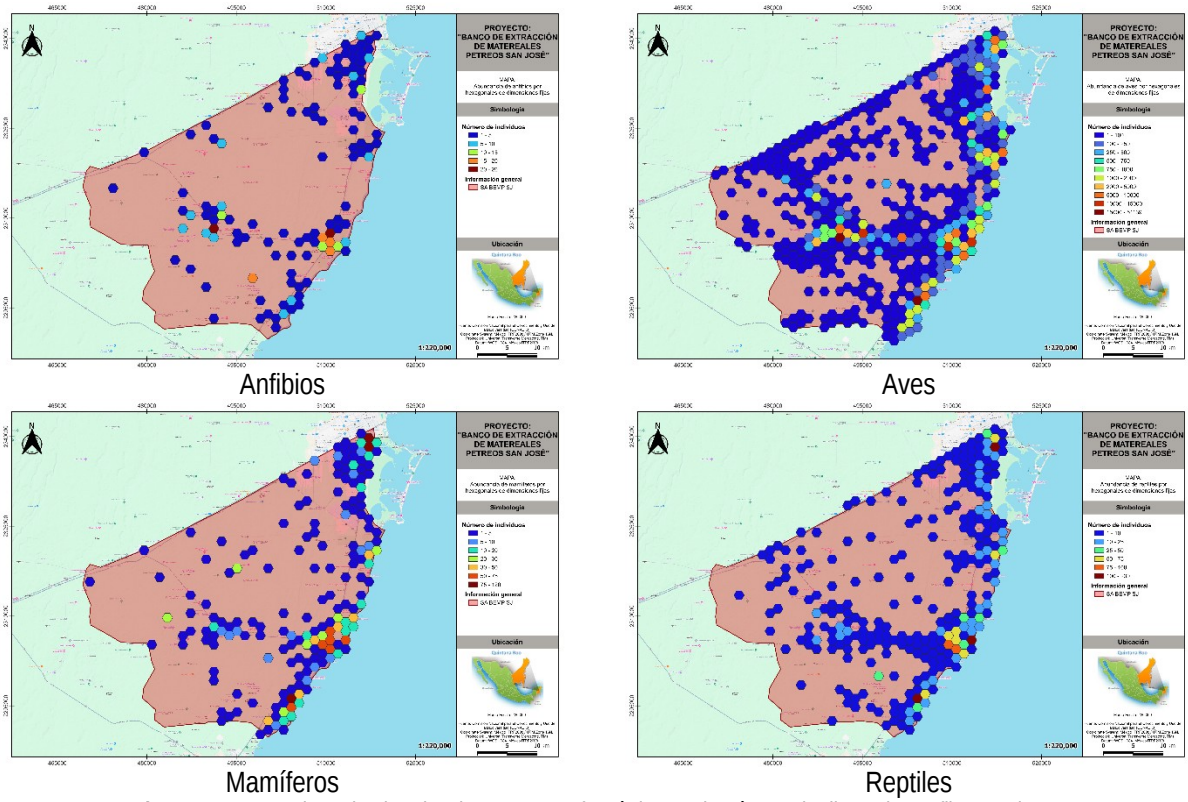


Figura LXXIV. Registro de abundancias por grupo faunístico por hexágono de dimensiones fijas en el SA.

Dentro de la fauna potencial, se registraron un total de 701 especies distribuidas en 128 familias y 383 géneros, resultando en 13 especies exóticas y 688 nativas, de las cuales 21 son endémicas, 16 cuasiendémicas y 2 semiendémicas. Por otro lado, gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 108 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 20 especies se encuentran dentro en apéndice III, 81 en el apéndice II y solamente 7 en el apéndice I.

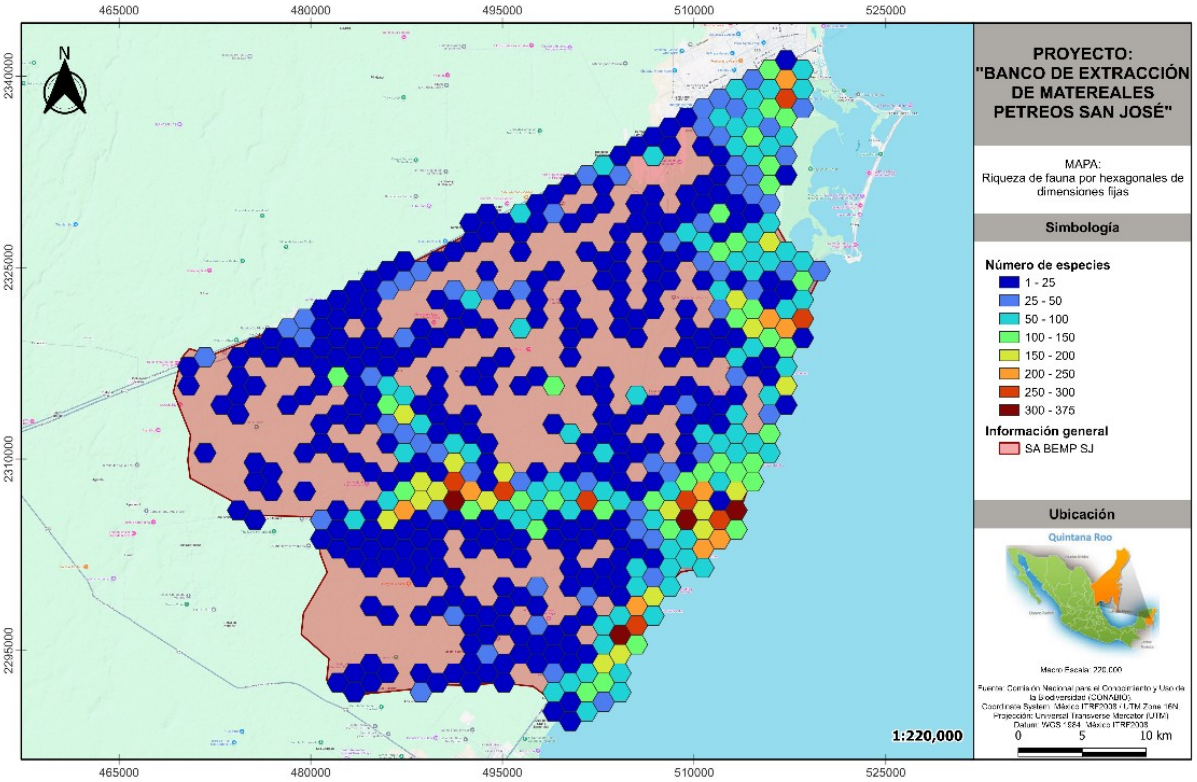
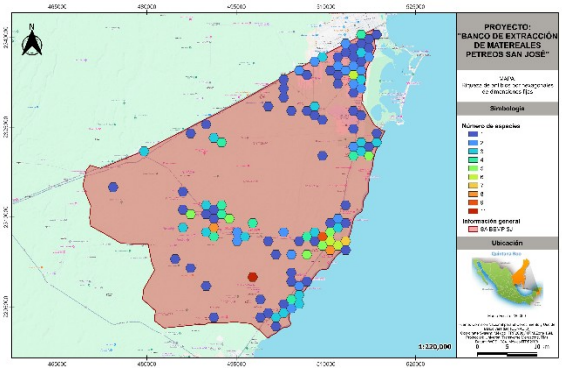
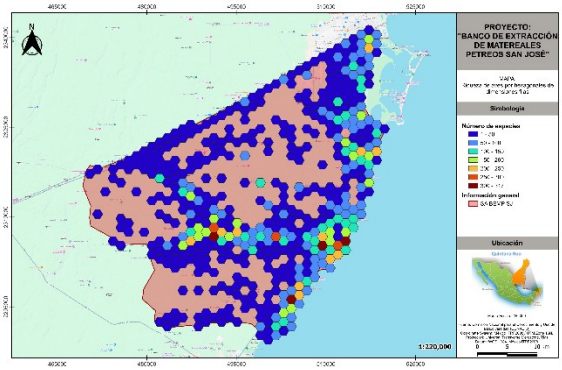


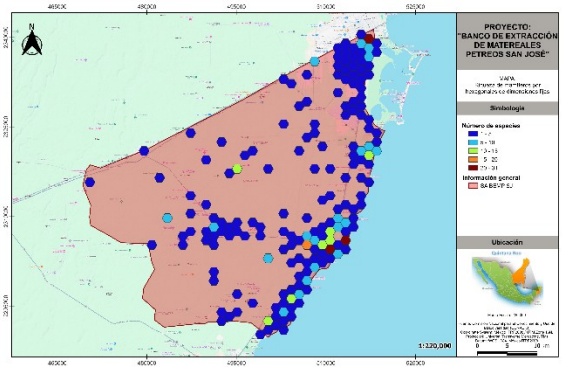
Figura LXXV. Registro de abundancia de fauna por hexágonos de dimensiones fijas en el SA.



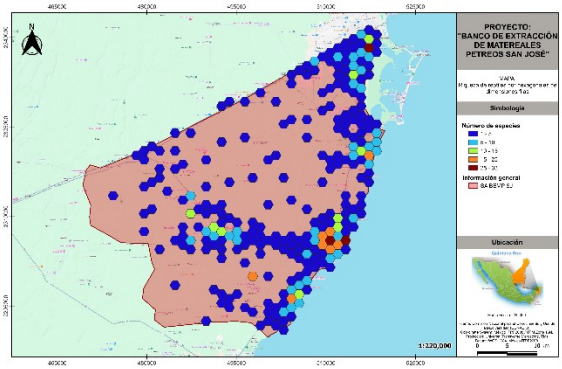
Anfibios



Aves



Mamíferos



Reptiles

Figura LXXVI. Riqueza de los grupos faunísticos por hexágonos de dimensiones fijas en el SA.

Dentro de IUCN se registraron un total de 654 especies bajo alguna categoría de riesgo de este organismo, donde 609 se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 28 como Casi amenazadas (NT), 11 en la categoríam de

Vulnerable (V) y 6 en Peligro (EN) siendo estas *Abronia graminea, Alouatta villosa, Ateles geoffroyi, Ateles geoffroyi vellerosus, Ateles geoffroyi yucatanensis y Chelonia mydas*.

Finalmente, de las **150 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059 y su modificación en su anexo normativo III (2019)**, 86 de ellas se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 46 se encuentran como Amenazadas (A) y finalmente 18 especies se categorizan en el estatus de Peligro de extinción (P).

Para el caso de anfibios se registraron 7 especies bajo NOM-059, todas sujetas a protección especial (Pr), siendo *Bolitoglossa yucatana, Craugastor yucatanensis, Lithobates berlandieri, Lithobates brownorum, Lithobates pustulosus, Rhinophrynus dorsalis* y *Triprion petasatus*.

Tabla *LXXXVI.* Anfibios potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA	ESPECIE	ENDEMISMO
Sujeta a Protección Especial (Pr) (7 especies)	*Bolitoglossa yucatana*	No endémica
	Craugastor yucatanensis	Endémica
	Lithobates berlandieri	No endémica
	Lithobates brownorum	No endémica
	Lithobates pustulosus	Endémica
	Rhinophrynus dorsalis	No endémica
	Triprion petasatus	No endémica

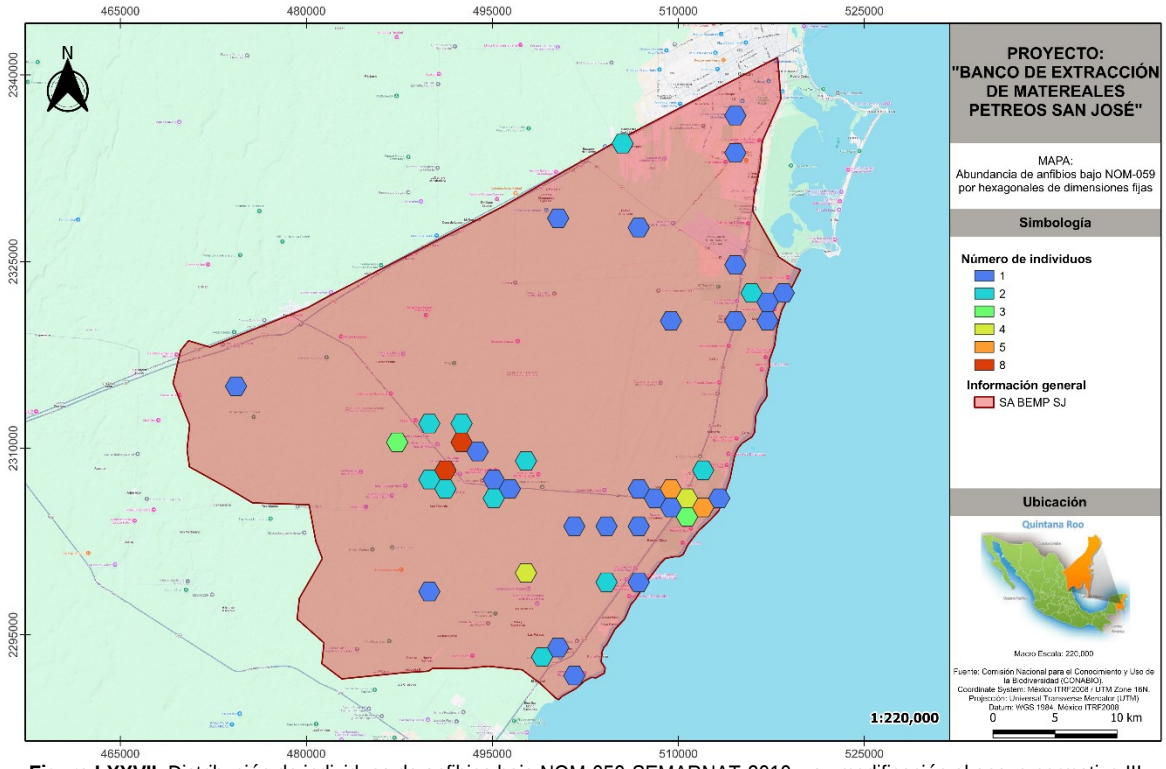


Figura LXXVII. Distribución de individuos de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

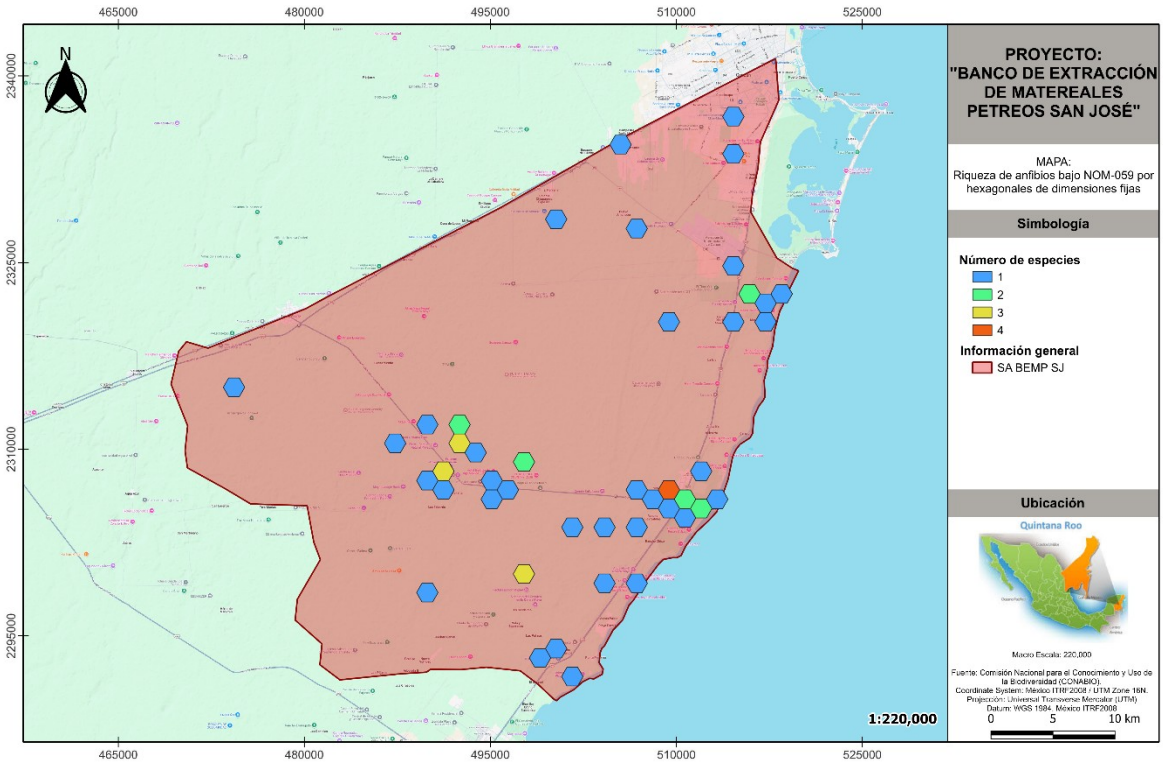


Figura LXXVIII. Riqueza de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 35 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro del SA, se distribuyeron dentro de 3 categorías de riesgo, siendo *Accipiter cooperii, Accipiter striatus, Amazona albifrons, Asio flammeus, Buteo albonotatus, Buteo lineatus, Buteo platypterus, Buteo swainsoni, Chondrohierax uncinatus, Cyrtonyx montezumae, Eupsittula canicularis, Falco peregrinus, Geranoaetus albicaudatus, Ixobrychus exilis, Myadestes occidentalis, Parabuteo unicinctus, Passerina ciris, Rallus tenuirostris* y *Tachybaptus dominicus* aquellas especies que están bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr), mientras que para las que se encuentran amenazadas (A) se encuentran *Amazona autumnalis, Anas diazi, Aquila chrysaetos, Botaurus lentiginosus, Calidris mauri, Catharus frantzii, Charadrius nivosus, Geothlypis tolmiei, Rallus limícola, Ramphastos sulfuratus* y *Tilmatura dupontii*. Finalmente se encontró que *Cairina moschata, Haliaeetus leucocephalus, Rallus tenuirostris* y *Vireo atricapilla* se encuentran en peligro de extinción (P).

Tabla *LXXXVII.* Aves potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
Amenazadas (A) (21 especies)	*Accipiter bicolor*	No endémica
	Amazona autumnalis	No endémica
	Amazona xantholora	Cuasiendémica
	Anarhynchus nivosus	No endémica
	Aramides axillaris	No endémica
	Aramus guarauna	No endémica
	Botaurus lentiginosus	No endémica
	Botaurus pinnatus	No endémica
	Calidris mauri	No endémica
	Crax rubra	No endémica
	Geranospiza caerulescens	No endémica
	Limosa fedoa	No endémica
	Meleagris ocellata	Cuasiendémica
	Notharchus hyperrhynchus	No endémica

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
	Patagioenas leucocephala	No endémica
	Penelope purpurascens	No endémica
	Phoenicopterus ruber	No endémica
	Rallus crepitans	No endémica
	Ramphastos sulfuratus	No endémica
	Strix nigrolineata	No endémica
	Sula sula	No endémica
En peligro de extinción (P) (9 especies)	*Cairina moschata*	No endémica
	Charadrius melodus	No endémica
	Doricha eliza	Endémica
	Egretta rufescens	No endémica
	Onychorhynchus coronatus	No endémica
	Onychorhynchus coronatus mexicanus	No endémica
	Sarcoramphus papa	No endémica
	Spizaetus ornatus	No endémica
	Spizaetus tyrannus	No endémica
Sujeta a protección especial (Pr) (50 especies)	*Accipiter striatus*	No endémica
	Agamia agami	No endémica
	Amazona albifrons	No endémica
	Botaurus exilis	No endémica
	Buteo albonotatus	No endémica
	Buteo platypterus	No endémica
	Buteogallus anthracinus	No endémica
	Buteogallus urubitinga	No endémica
	Campephilus guatemalensis	No endémica
	Cathartes burrovianus	No endémica
	Celeus castaneus	No endémica
	Chondrohierax uncinatus	No endémica
	Chondrohierax uncinatus uncinatus	No endémica
	Crypturellus cinnamomeus	No endémica
	Crypturellus cinnamomeus goldmani	No endémica
	Dactylortyx thoracicus	No endémica
	Dendrocincla anabatina	No endémica
	Dendrocincla anabatina typhla	No endémica
	Dendrocolaptes sanctithomae	No endémica
	Dendrocolaptes sanctithomae sanctithomae	No endémica
	Elanoides forficatus	No endémica
	Eucometis penicillata	No endémica
	Eupsittula nana	No endémica
	Falco peregrinus	No endémica
	Geranoaetus albicaudatus	No endémica
	Harpagus bidentatus	No endémica
	Ictinia mississippiensis	No endémica
	Ictinia plumbea	No endémica
	Leptodon cayanensis	No endémica
	Limnothlypis swainsonii	No endémica
	Melanoptila glabrirostris	Cuasiendémica
	Micrastur semitorquatus	No endémica
	Mycteria americana	No endémica
	Pachysylvia decurtata	No endémica
	Passerina ciris	No endémica

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
	Patagioenas nigrirostris	No endémica
	Patagioenas speciosa	No endémica
	Platyrinchus cancrominus	No endémica
	Polioptila bilineata	No endémica
	Pteroglossus torquatus	No endémica
	Rostrhamus sociabilis	No endémica
	Sternula antillarum	No endémica
	Tachybaptus dominicus	No endémica
	Tigrisoma mexicanum	No endémica
	Trogon collaris	No endémica
	Trogon collaris puella	No endémica
	Tunchiornis ochraceiceps	No endémica
	Vireo pallens	No endémica
	Xenops minutus	No endémica
	Zenaida aurita	No endémica

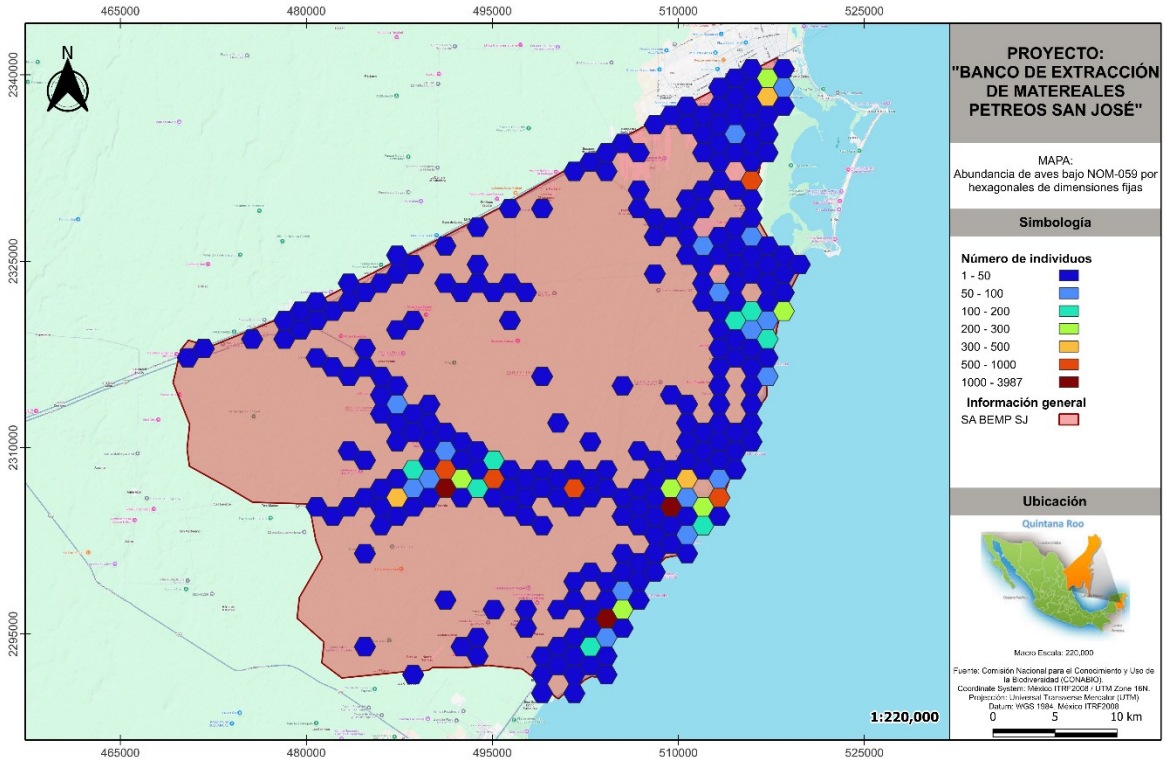


Figura LXXIX. Distribución de individuos de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

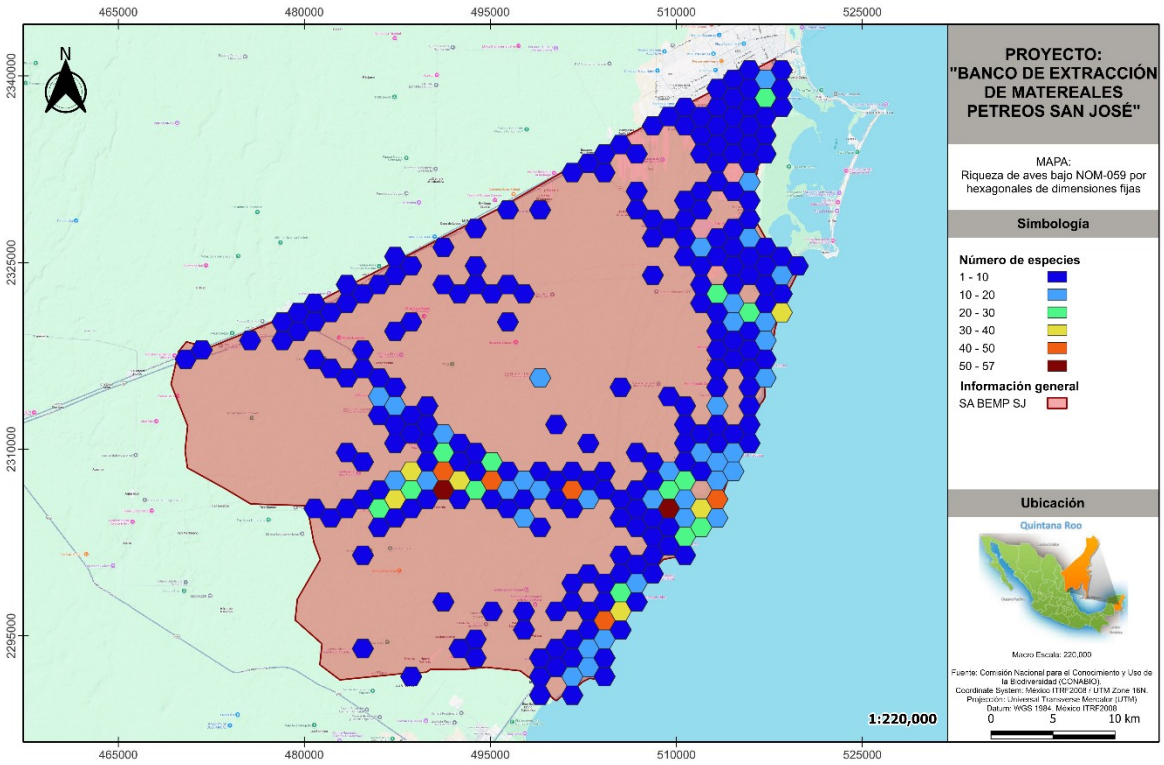


Figura LXXX. Riqueza de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

En cuanto al grupo de los mamíferos se registraron 20 especies bajo NOM-059, en donde 5 de ellas se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 7 como amenazadas y finalmente 8 en peligro de extinción (P).

Tabla *LXXXVIII.* Mamíferos potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
Amenazadas (A) (7 especies)	*Coendou mexicanus*	No endémica
	Herpailurus yagouaroundi	No endémica
	Herpailurus yagouaroundi fossata	No endémica
	Lonchorhina aurita	No endémica
	Lonchorhina aurita aurita	No endémica
	Nasua narica nelsoni	Endémica
	Otonyctomys hatti	No endémica
En Peligro de Extinción (P) (8 especies)	*Alouatta villosa*	No endémica
	Ateles geoffroyi	No endémica
	Ateles geoffroyi vellerosus	No endémica
	Ateles geoffroyi yucatanensis	No endémica
	Eira barbara	No endémica
	Eira barbara senex	No endémica
	Leopardus pardalis	No endémica
	Trichechus manatus	No endémica
Sujetas a Protección Especial (Pr)	*Cryptotis mayensis*	No endémica
	Potos flavus	No endémica

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
(5 especies)	*Rhynchonycteris naso*	No endémica
	Tursiops truncatus	No endémica
	Ziphius cavirostris	No endémica

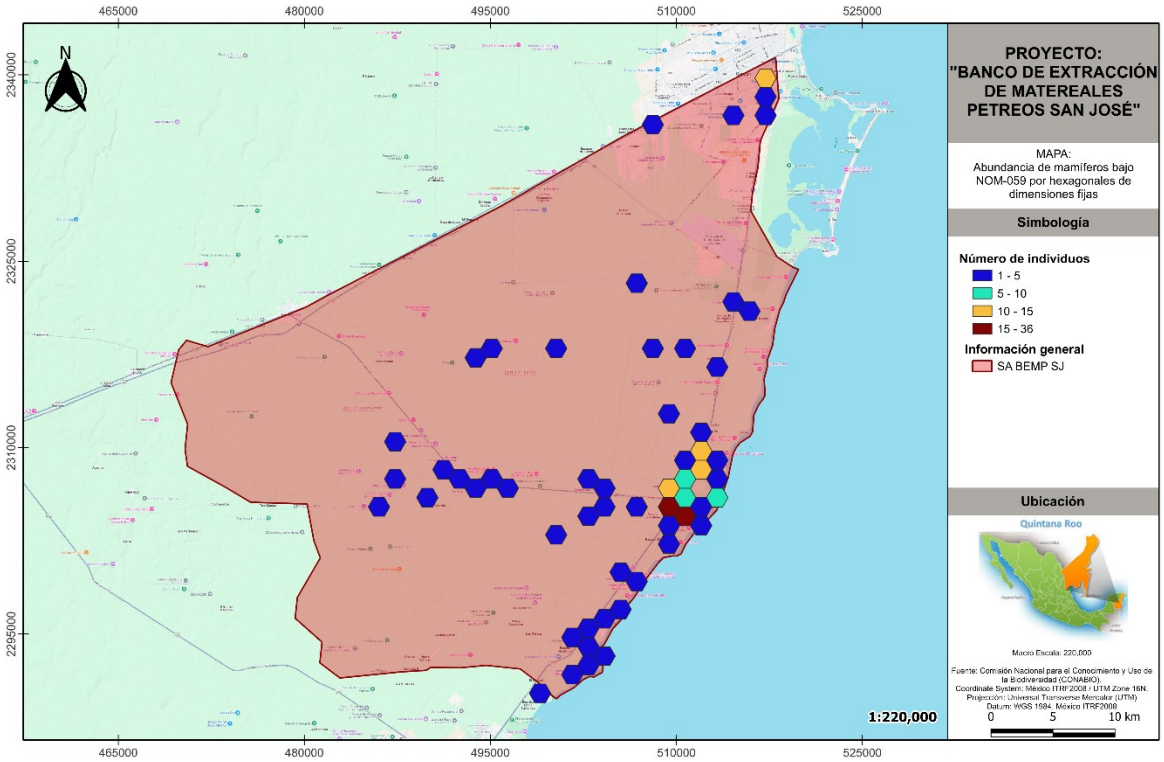


Figura LXXXI. Distribución de individuos de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

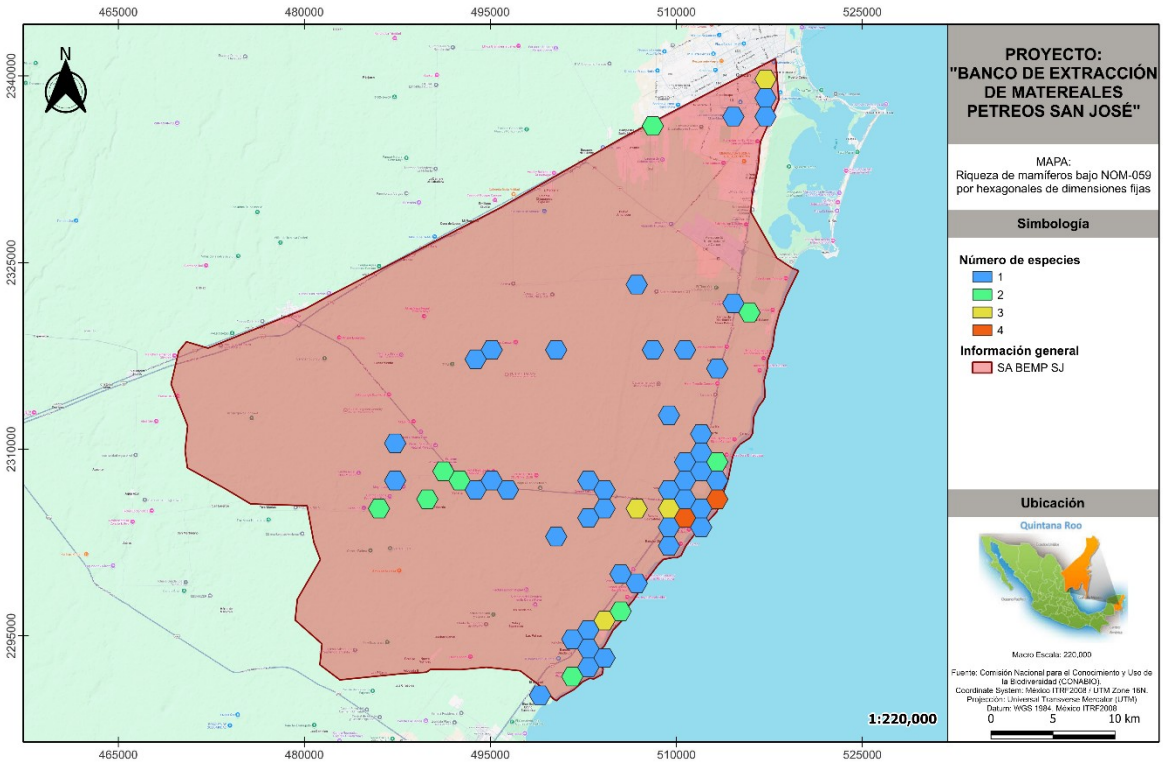


Figura LXXXII. Riqueza de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

Finalmente, para los reptiles se encontraron 43 especies en tres categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, siendo que 24 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 18 entraron en la categoría de amenazada (A) y finalmente 1 se encuentran en peligro de extinción (P).

Tabla *LXXXIX.* Reptiles potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
Amenazadas (A) (18 especies)	*Abronia graminea*	Endémica
	Aspidoscelis maslini	No endémica
	Boa imperator	No endémica
	Coleonyx elegans	No endémica
	Ctenosaura similis	No endémica
	Ctenosaura similis similis	No endémica
	Leptophis ahaetulla	No endémica
	Leptophis ahaetulla praestans	No endémica
	Leptophis mexicanus	No endémica
	Leptophis mexicanus yucatanensis	No endémica
	Rhinoclemmys areolata	No endémica
	Staurotypus triporcatus	No endémica
	Thamnophis chrysocephalus	Endémica
	Thamnophis eques	No endémica
	Thamnophis marcianus	No endémica
	Thamnophis marcianus praeocularis	No endémica
	Thamnophis proximus	No endémica

CATEGORÍA DE RIESGO	ESPECIE	ENDEMISMO
	Thamnophis proximus rutiloris	No endémica
En Peligro de Extinción (P)	*Chelonia mydas*	No endémica
Sujetas a Protección Especial (Pr) (24 especies)	*Anolis beckeri*	No endémica
	Anolis biporcatus	No endémica
	Corytophanes cristatus	No endémica
	Corytophanes hernandesii	No endémica
	Crocodylus acutus	No endémica
	Crocodylus moreletii	No endémica
	Dipsas brevifacies	No endémica
	Imantodes cenchoa	No endémica
	Imantodes tenuissimus	No endémica
	Kinosternon leucostomum leucostomum	No endémica
	Kinosternon scorpioides	No endémica
	Kinosternon scorpioides cruentatum	No endémica
	Laemanctus serratus	No endémica
	Laemanctus serratus alticoronatus	No endémica
	Leptodeira septentrionalis polysticta	No endémica
	Micrurus diastema	No endémica
	Micrurus diastema alienus	No endémica
	Porthidium yucatanicum	Endémica
	Pseudelaphe phaescens	Endémica
	Sceloporus cozumelae	Endémica
	Sphaerodactylus glaucus	No endémica
	Symphimus mayae	No endémica
	Thecadactylus rapicauda	No endémica
	Trachemys scripta elegans	No endémica

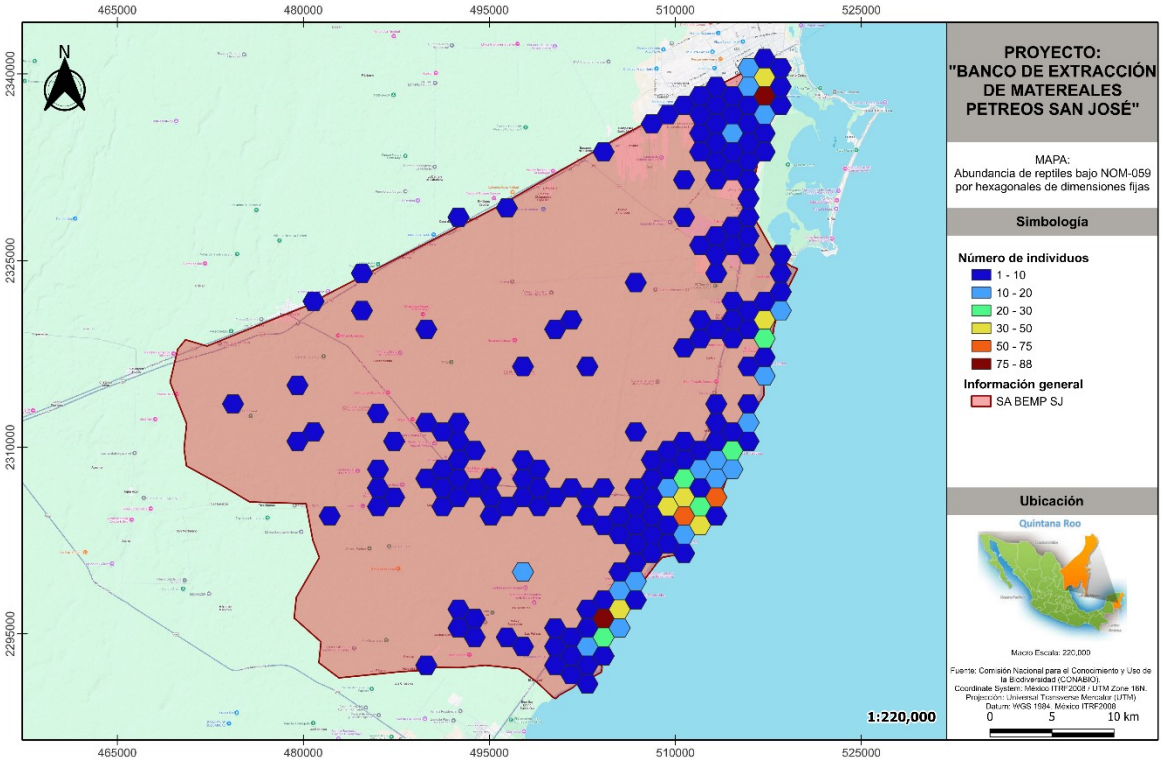


Figura LXXXIII. Distribución de individuos de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

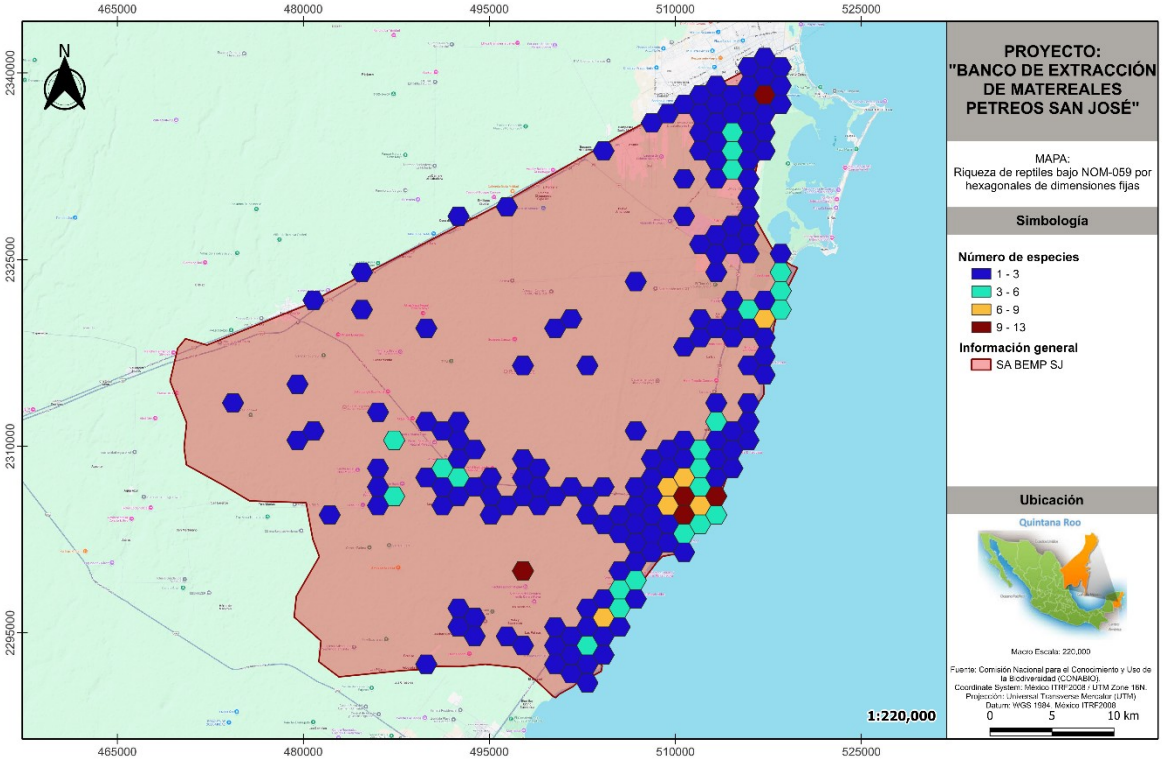


Figura LXXXIV. Riqueza de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III

b.5.2) Fauna registrada a través de muestreos biológicos

- ***Sistema Ambiental (SA)***

Composición de grupos faunísticos

A partir de los datos recopilados en campo se obtiene que para la superficie del Sistema Ambiental (SA), la fauna presente se agrupa en un total de **88 especies de vertebrados terrestres** (8 anfibios, 11 reptiles, 57 aves y 12 mamíferos). De acuerdo con lo obtenido en campo, para el SA se obtiene que el 64.7727% de las especies faunísticas pertenece a la avifauna, los mamíferos representan el 13.6364%, mientras que la herpetofauna representa el 21.5909% (12.5000% pertenecen a reptiles y 9.0909% a anfibios).

Riqueza faunística

De los datos obtenidos durante el trabajo de muestreo en campo en el SA, se reporta un total de 514 individuos, distribuidos en 88 especies de vertebrados; el grupo más diverso y abundante es aves con 57 especies y 233 organismos, seguido de los mamíferos con 12 especies y 88 individuos, los reptiles muestran 11 especies y 131 individuos y los anfibios se representan con 8 especies y 62 individuos como se muestra a continuación.

Tabla *XC*. Riqueza faunística dentro del SA.

GRUPOS	RIQUEZA (S)	ABUNDANCIA
ANFIBIOS	8	62
REPTILES	11	131
AVES	57	233
MAMÍFEROS	12	88

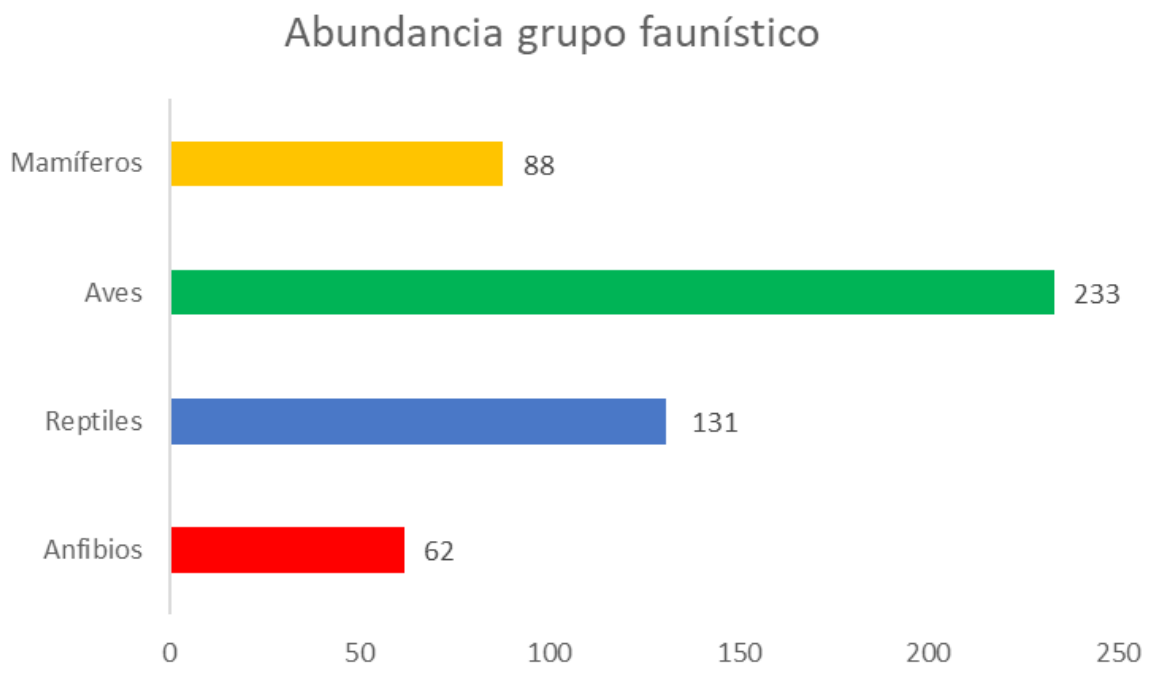


Figura *LXXXV*. Abundancia absoluta por grupos faunísticos.

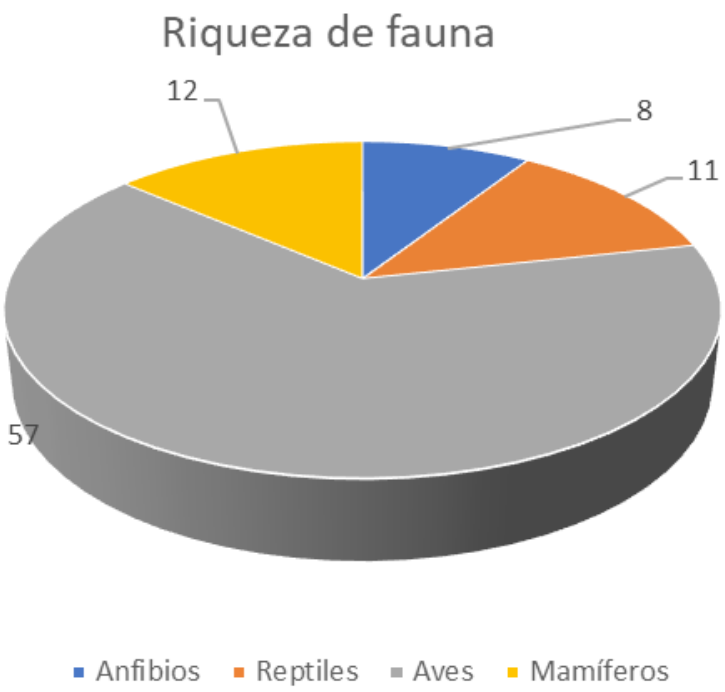


Figura 86. Riqueza por grupos faunísticos.

Tabla XCI. Listado de especies de fauna registradas en el SA.

ID	GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	ENDEMISMO	NOM 059	CITES	IUCN
1	Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	N	NE	SR	II	LC
2	Amphibia	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana chirriadora de invernadero	E	NE	SR	SR	LC
3	Amphibia	*Hypopachus variolosus*	Rana termitera	N	NE	SR	SR	LC
4	Amphibia	*Incilius valliceps*	Sapo costero	N	NE	SR	SR	LC
5	Amphibia	*Leptodactylus fragilis*	Rana de bigotes	N	NE	SR	SR	LC
6	Amphibia	*Lithobates brownorum*	Rana leopardo	N	NE	PR	SR	LC
7	Amphibia	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	N	NE	SR	SR	LC
8	Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	N	NE	SR	SR	LC
9	Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo	N	NE	SR	II	LC
10	Aves	*Ardea alba*	Garza blanca	N	NE	SR	SR	LC
11	Aves	*Bubulcus ibis*	Garza Ganadera	E	EXO	SR	SR	LC
12	Aves	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	N	NE	PR	II	LC
13	Aves	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	N	NE	SR	II	LC
14	Aves	*Butorides virescens*	Garcita Verde	N	NE	SR	SR	LC
15	Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	N	NE	PR	SR	LC
16	Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	N	NE	SR	SR	LC
17	Aves	*Cathartes aura*	Zopilote aura	N	NE	SR	SR	LC
18	Aves	*Charadrius vociferus*	Chorlo gritón	N	NE	SR	SR	LC
19	Aves	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	N	NE	SR	SR	LC
20	Aves	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	N	NE	SR	SR	LC
21	Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	N	NE	SR	SR	LC
22	Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	N	NE	SR	SR	LC
23	Aves	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	N	NE	SR	SR	LC
24	Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	N	NE	SR	III	LC
25	Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	N	NE	SR	SR	LC
26	Aves	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	N	NE	SR	SR	LC
27	Aves	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor	N	NE	SR	SR	LC
28	Aves	*Empidonax minimus*	Papamoscas Chico	N	NE	SR	SR	LC
29	Aves	*Eumomota superciliosa*	Momoto Cejas Azules	N	NE	SR	SR	LC
30	Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	N	NE	PR	II	LC
31	Aves	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	N	NE	SR	II	LC
32	Aves	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	N	NE	SR	SR	LC
33	Aves	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón guaco	N	NE	SR	II	LC
34	Aves	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	N	NE	SR	SR	LC
35	Aves	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	N	NE	SR	SR	LC

ID	GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	ENDEMISMO	NOM 059	CITES	IUCN
36	Aves	*Jacana spinosa*	Tuqui tuqui	N	NE	SR	SR	LC
37	Aves	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	N	NE	SR	SR	LC
38	Aves	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	N	NE	PR	SR	LC
39	Aves	*Meleagris ocellata*	Pavo o guajolote ocelado	N	NE	A	III	NT
40	Aves	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	N	NE	SR	SR	LC
41	Aves	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	N	NE	SR	SR	LC
42	Aves	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	N	NE	SR	III	LC
43	Aves	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	N	NE	SR	SR	LC
44	Aves	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	N	NE	PR	SR	LC
45	Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	N	NE	SR	SR	LC
46	Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	N	NE	SR	SR	LC
47	Aves	*Piranga rubra*	Piranga roja	N	NE	SR	SR	LC
48	Aves	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	N	NE	SR	SR	LC
49	Aves	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	N	NE	SR	SR	LC
50	Aves	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	N	NE	SR	SR	LC
51	Aves	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	N	NE	SR	SR	LC
52	Aves	*Setophaga caerulescens*	Chipe azulnegro	N	NE	SR	SR	LC
53	Aves	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	N	NE	SR	SR	LC
54	Aves	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	N	NE	SR	SR	LC
55	Aves	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	N	NE	SR	SR	LC
56	Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	E	NE	SR	SR	LC
57	Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	N	NE	PR	SR	LC
58	Aves	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre mexicana	N	NE	PR	SR	LC
59	Aves	*Tringa solitaria*	Playero Solitario	N	NE	SR	SR	LC
60	Aves	*Trogon caligatus*	Coa Violácea Norteña	N	NE	SR	SR	SR
61	Aves	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	N	NE	SR	SR	LC
62	Aves	*Vireo flavifrons*	Vireo Garganta Amarilla	N	NE	SR	SR	LC
63	Aves	*Vireo griseus*	Vireo Ojos Blancos	N	NE	SR	SR	LC
64	Aves	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	N	NE	SR	SR	LC
65	Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	N	NE	SR	SR	LC
66	Mammalia	*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de espalda blanca sureño	N	NE	SR	SR	LC
67	Mammalia	*Cuniculus paca*	Tepezcuintle	N	NE	SR	III	LC
68	Mammalia	*Dasyprocta punctata*	Guaqueque centroamericano	N	NE	SR	SR	LC
69	Mammalia	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	N	NE	SR	SR	LC
70	Mammalia	*Nasua narica*	Coatí	N	NE	SR	III	LC
71	Mammalia	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	N	NE	SR	SR	LC
72	Mammalia	*Philander vossi*	Tlacuache cuatrojos gris	N	NE	SR	SR	LC

ID	GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	ENDEMISMO	NOM 059	CITES	IUCN
73	Mammalia	*Procyon lotor*	Mapache	N	NE	SR	SR	LC
74	Mammalia	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	N	NE	SR	SR	LC
75	Mammalia	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	N	NE	P	SR	LC
76	Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	N	NE	SR	II	VU
77	Mammalia	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	N	NE	SR	SR	LC
78	Reptilia	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	E	NE	SR	SR	LC
79	Reptilia	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	N	NE	SR	SR	LC
80	Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	N	NE	A	II	LC
81	Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	N	NE	A	II	LC
82	Reptilia	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	N	NE	SR	SR	LC
83	Reptilia	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoíris	N	NE	SR	SR	LC
84	Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	N	NE	Pr	II	LC
85	Reptilia	*Lampropeltis abnorma*	Falsa coralillo real centroamericana	N	NE	SR	SR	LC
86	Reptilia	*Leptodeira annulata*	Culebra ojo de gato	N	EN	Pr	SR	LC
87	Reptilia	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común	N	NE	SR	SR	LC
88	Reptilia	*Sceloporus chrysostictus*	Lagartija espinosa de puntos amarillos	N	NE	SR	SR	LC

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en campo por cada grupo taxonómico.

Anfibios

Se registró un total de 62 individuos de 8 especies de anfibios. Como especies más abundantes se determinó a *Hypopachus variolosus* y *Leptodactylus fragilis* con 17 y 11 individuos respectivamente, mientras que las especies menos abundantes fueron *Eleutherodactylus planirostris* con 3 individuos y *Lithobates brownorum* con 2 individuos; en los muestreos en el SA; se hace la aclaración que la única especie enlistada en la Modificación de su Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el presente grupo faunístico resultó *Lithobates brownorum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Agalychnis taylori* dentro del apéndice II. Y las especies incluidas dentro de las listas rojas de la IUCN, tenemos a *Agalychnis taylori, Eleutherodactylus planirostris, Hypopachus variolosus, Incilius valliceps, Leptodactylus fragilis*, *Lithobates brownorum*, *Smilisca baudinii* y *Rhinella horribilis* e la categoría de preocupación menor (LC).

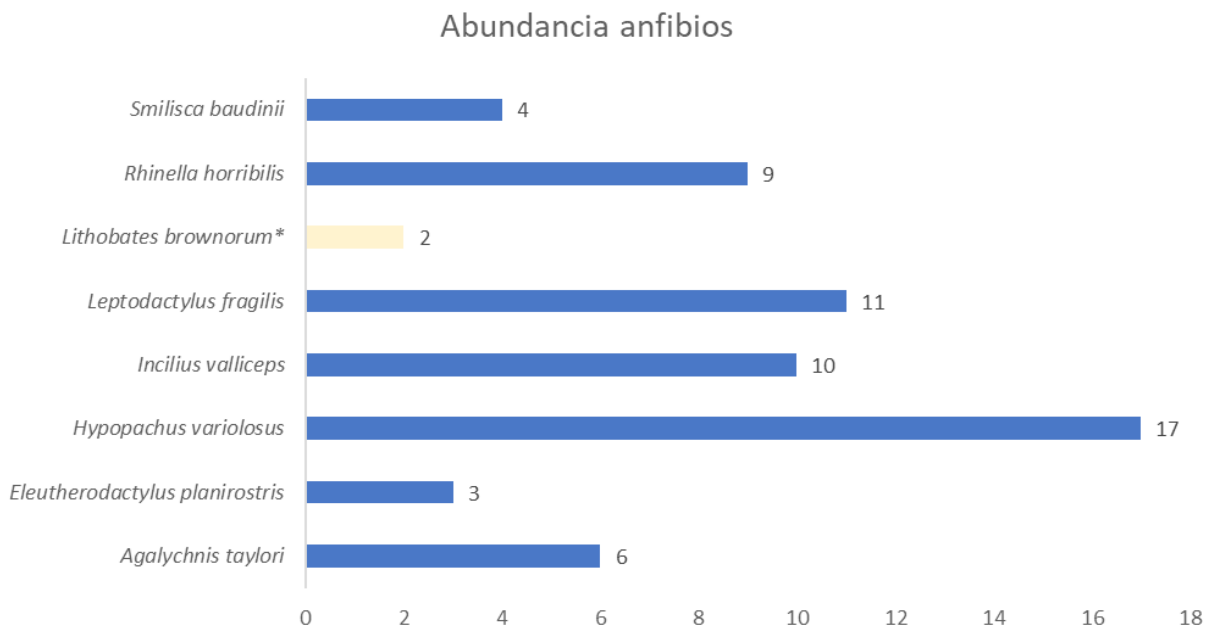


Figura LXXXVII. Riqueza y abundancia de los anfibios registrados.

Reptiles

Para los reptiles, se reporta un total de 131 individuos de 11 especies. Como especies más abundantes fueron *Sceloporus chrysostictus* con 28 individuos y *Anolis sagrei* con 21 individuos; las especies menos abundantes fueron *Mastigodryas melanolomus* con 5 individuos y *Boa imperator* con 1 individuo. En los muestreos del SA, se identificaron 4 especies que se encuentran en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, siendo *Ctenosarua similis* y *Boa imperator* en categoría de riesgo A (Amenazada) e *Iguana iguana* y *Leptodeira annulata* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Boa imperator, Iguana iguana* y *Ctenosaura similis*. Por último, dentro de las listas rojas de la IUCN, todas las especies están consideradas como preocupación menor (LC).

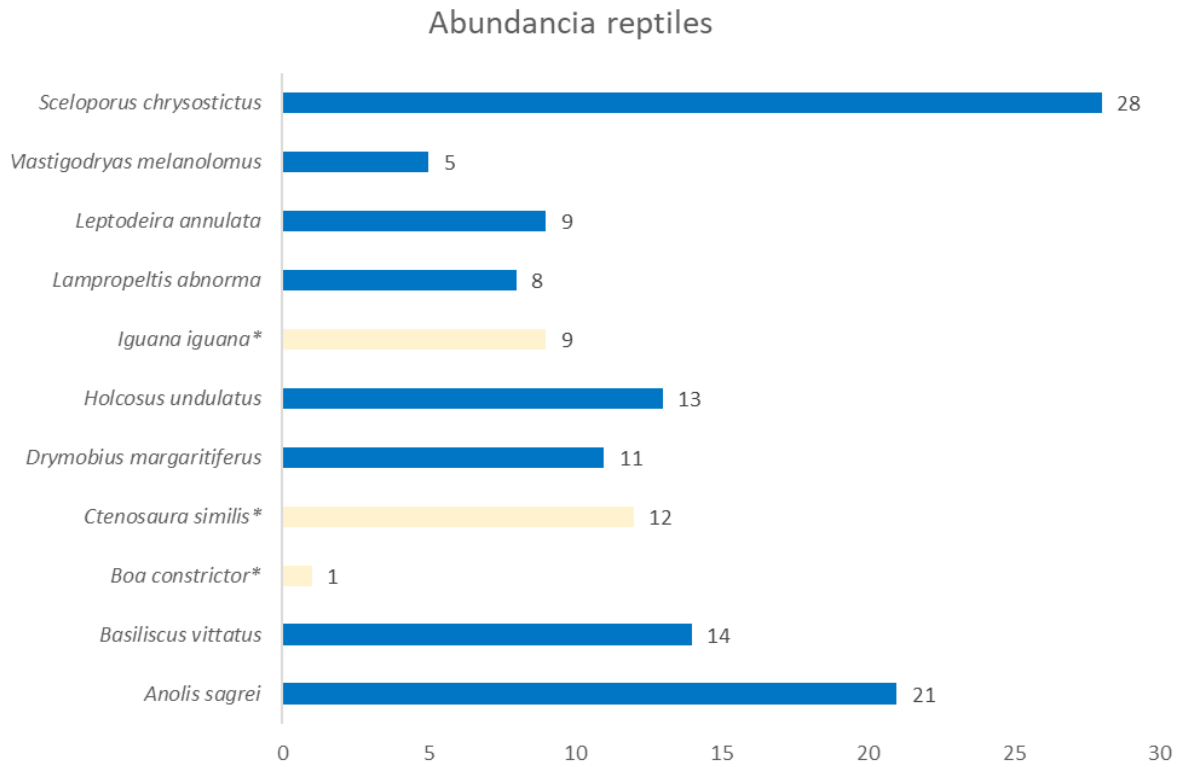


Figura *LXXXVIII.* Riqueza y abundancia de los reptiles registrados.

Aves

En aves se registró un total de 57 especies y 233 individuos. Dentro de la composición avifaunística, se observa que las especies *Trogon caligatus* y *Quiscalus mexicanus* fueron las especies más abundantes con 12 y 10 individuos respectivamente. Adicional a esto en el SA se identificaron 8 especies que se encuentran bajo algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, las cuales son: *Buteo albononatus*, *Campechilus guatemalensis*, *Eupsittula nana*, *Melanoptila glabirostris*, *Passerina ciris*, *Tachybaptus dominicus* y *Tigrisoma mexicanum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial) y *Meleagris ocellata* en categoría de riesgo A (Amenazada). En cuanto a especies dentro de los apéndices de CITES tenemos una especie en el apéndice III y dos especies dentro del apéndice II. En cuanto a las especies dentro de las listas rojas de la IUCN tenemos a *Meleagris ocellata* en la categoría de casi amenazada (NT) y el resto de las aves como preocupación menor (LC).

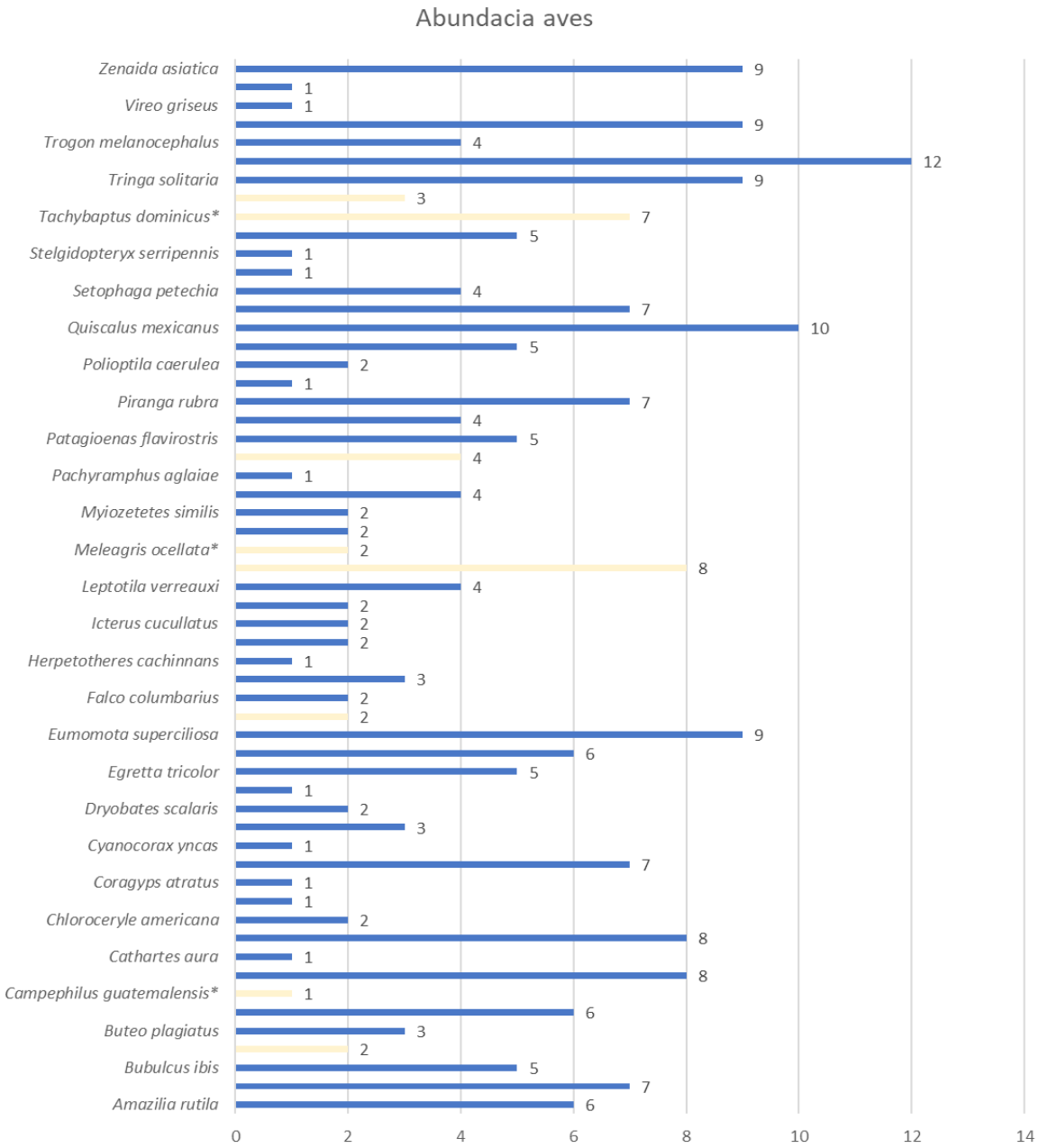


Figura *LXXXIX*. Riqueza y abundancia de las aves registradas.

Por otro lado, las especies de aves presentan patrones de estacionalidad marcados. Por ello, con base en la plataforma de avesmx de la CONABIO (2025), se determinó que, de las 57 especies, 42 de ellas (73.68 %) corresponden a aves residentes dentro del SA, mientras que 13 de ellas (22.81 %) son migratorias de inviernos que aún permanecen dentro del SA antes de regresar a sus hábitats de residencia. Sólo 1 (1.75 %) se considera como de tránsito a su ruta de migración, y 1 (1.75 %) se considera como exótica para el SA.

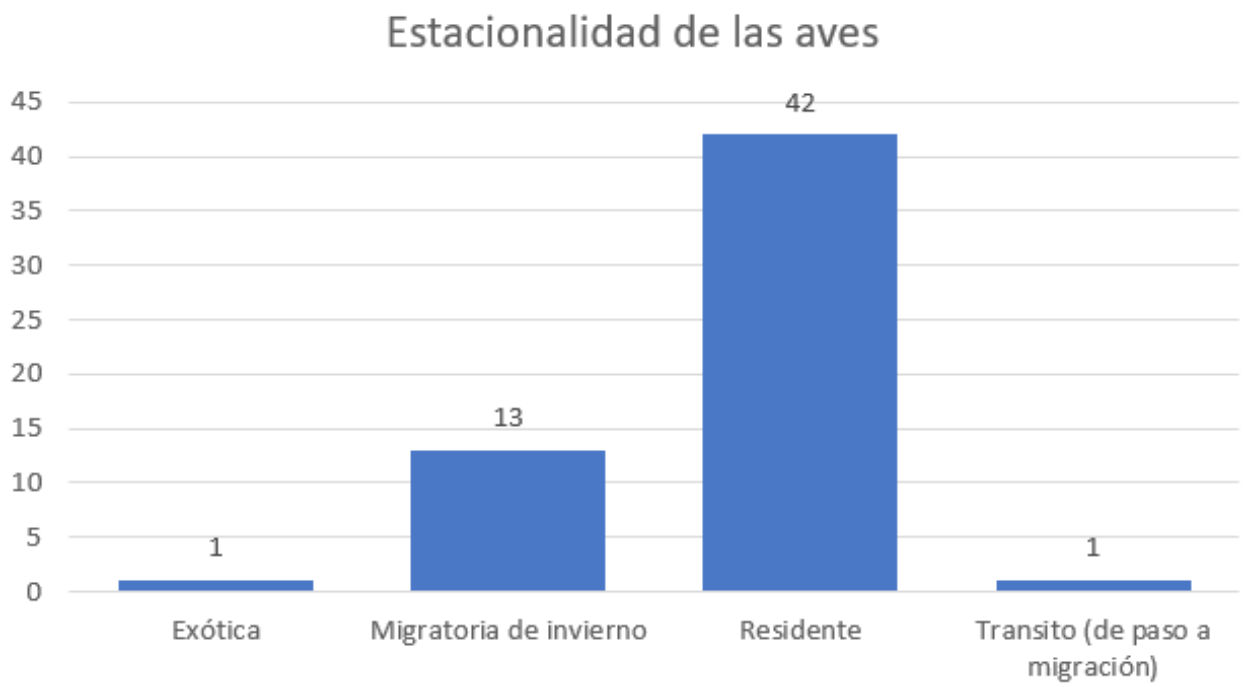


Figura *XC*. Estacionalidad de las aves.

Tabla *XCII*. Listado de las especies de aves y su estacionalidad.

Estacionalidad	Nombre científico
Exótica	*Streptopelia decaocto*
Migratoria de invierno	*Buteo albonotatus*
Migratoria de invierno	*Charadrius vociferus*
Migratoria de invierno	*Egretta tricolor*
Migratoria de invierno	*Empidonax minimus*
Migratoria de invierno	*Falco columbarius*
Migratoria de invierno	*Fregata magnificens*
Migratoria de invierno	*Passerina ciris*
Migratoria de invierno	*Piranga rubra*
Migratoria de invierno	*Setophaga caerulescens*
Migratoria de invierno	*Setophaga petechia*
Migratoria de invierno	*Tringa solitaria*
Migratoria de invierno	*Vireo flavifrons*
Migratoria de invierno	*Vireo griseus*
Residente	*Amazilia rutila*
Residente	*Ardea alba*
Residente	*Bubulcus ibis*
Residente	*Buteo plagiatus*
Residente	*Butorides virescens*
Residente	*Campephilus guatemalensis*
Residente	*Cardinalis cardinalis*
Residente	*Cathartes aura*
Residente	*Chloroceryle americana*
Residente	*Columbina passerina*
Residente	*Coragyps atratus*
Residente	*Crotophaga sulcirostris*
Residente	*Cyanocorax yncas*
Residente	*Dendrocygna autumnalis*
Residente	*Dryobates scalaris*
Residente	*Egretta thula*
Residente	*Eumomota superciliosa*
Residente	*Eupsittula nana*
Residente	*Herpetotheres cachinnans*
Residente	*Icterus cucullatus*

Estacionalidad	Nombre científico
Residente	*Jacana spinosa*
Residente	*Leptotila verreauxi*
Residente	*Melanoptila glabrirostris*
Residente	*Meleagris ocellata*
Residente	*Mimus gilvus*
Residente	*Myiozetetes similis*
Residente	*Ortalis vetula*
Residente	*Pachyramphus aglaiae*
Residente	*Patagioenas flavirostris*
Residente	*Piaya cayana*
Residente	*Pitangus sulphuratus*
Residente	*Polioptila caerulea*
Residente	*Pyrocephalus rubinus*
Residente	*Quiscalus mexicanus*
Residente	*Spinus psaltria*
Residente	*Stelgidopteryx serripennis*
Residente	*Tachybaptus dominicus*
Residente	*Tigrisoma mexicanum*
Residente	*Trogon caligatus*
Residente	*Trogon melanocephalus*
Residente	*Volatinia jacarina*
Residente	*Zenaida asiatica*
Transito (de paso a migración)	*Hirundo rustica*

Mamíferos

En cuanto a los mamíferos en el SA, se observó un total de 12 especies, con una abundancia total de 88 individuos registrados.

De las especies registradas, sobresalen *Nausa narica*, *Tayassu pecari* y *Cuniculus paca* y con 15, 13 y 12 individuos respectivamente, el resto de las especies presentaron abundancias menores. Es preciso aclarar que en los muestreos realizados se identificó una especie dentro del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, *Tamandua mexicana* en categoría de riesgo P (En Peligro). En cuanto a las especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Cuniculus paca* y *Nasua narica* dentro del apéndice III y a *Tayassu pecari* en el apéndice II. En cuanto a las listas rojas de la IUCN, esta *Tayassu pecari* en la categoría de vulnerable (VU) y el resto de los mamíferos se consideran de preocupación menor (LC).

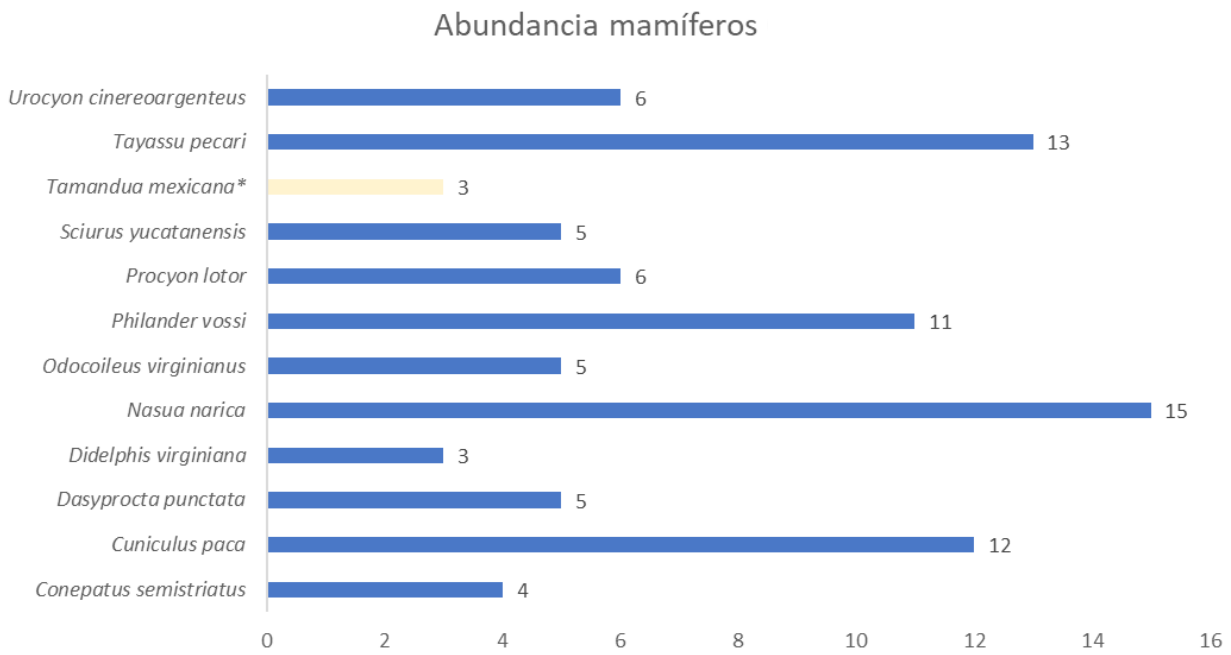


Figura *XCI*. Riqueza y abundancia de los mamíferos registrados.

De acuerdo con los listados presentados se puede evidenciar que, de acuerdo con la alta ocurrencia de especies generalistas y oportunistas en diversos hábitats del SA, muestran el grado de perturbación medio, como consecuencia del crecimiento y desarrollo antropogénico y con ello el aumento en la demanda de bienes y servicios, lo cual ha generado trasformación y pérdida de hábitat, los cuales son destinados comúnmente para el uso de sistemas agropecuarios y el desarrollo urbano-turístico.

La estimación de los índices de diversidad se calculó para los datos obtenidos durante todo el muestreo, por temporadas (lluvia y secas) y grupo faunístico, los cuales aportan información general de la distribución, riqueza y diversidad de los vertebrados terrestres en la superficie de estudio.

Estimación de índices de diversidad

En este apartado se presentan los índices estimados por grupo faunístico para el área del SA.

Anfibios

Como se aprecia en la siguiente tabla, se presentó una riqueza de 8 especies de anfibios y un Índice de Shannon-Wienner de 1.8962 que refiere una **diversidad baja**, mientras que la diversidad máxima esperada H´max fue de 2.0794, una diversidad media; en cuanto al valor de Equidad de Pielou (J) fue de 0.9119, que indica una buena distribución de las especies en el ecosistema.

Tabla *XCIII*. Índices de diversidad de anfibios registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Agalychnis taylori*	6	0.0968	-2.3354	-0.2260
2	*Eleutherodactylus planirostris*	3	0.0484	-3.0285	-0.1465
3	*Hypopachus variolosus*	17	0.2742	-1.2939	-0.3548
4	*Incilius valliceps*	10	0.1613	-1.8245	-0.2943
5	*Leptodactylus fragilis*	11	0.1774	-1.7292	-0.3068
6	*Lithobates brownorum**	2	0.0323	-3.4340	-0.1108
7	*Rhinella horribilis*	9	0.1452	-1.9299	-0.2801
8	*Smilisca baudinii*	4	0.0645	-2.7408	-0.1768

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
TOTAL		62	Riqueza		8
			H'		1.8962
			H' max		2.0794
			Equidad de Pielou (J')		0.9119

Reptiles

Como se aprecia en la siguiente tabla se presentó una riqueza de 11 especies de reptiles, y un índice de Shannon-Wienner de 2.2190 que refiere una **diversidad media**, mientras que la diversidad máxima esperada H´max fue de 2.3979, una diversidad media; en cuanto al valor de Equidad de Pielou (J) fue de 0.9254, que indica una buena distribución de las especies.

Tabla XCIV. Índices de diversidad de reptiles registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Anolis sagrei*	21	0.1603	-1.8307	-0.2935
2	*Basiliscus vittatus*	14	0.1069	-2.2361	-0.2390
3	*Boa imperator**	1	0.0076	-4.8752	-0.0372
4	*Ctenosaura similis**	12	0.0916	-2.3903	-0.2190
5	*Drymobius margaritiferus*	11	0.0840	-2.4773	-0.2080
6	*Holcosus undulatus*	13	0.0992	-2.3102	-0.2293
7	*Iguana iguana**	9	0.0687	-2.6780	-0.1840
8	*Lampropeltis abnorma*	8	0.0611	-2.7958	-0.1707
9	*Leptodeira annulata*	9	0.0687	-2.6780	-0.1840
10	*Mastigodryas melanolomus*	5	0.0382	-3.2658	-0.1246
11	*Sceloporus chrysostictus*	28	0.2137	-1.5430	-0.3298
TOTAL		131	Riqueza		11
			H'		2.2190
			H' max		2.3979
			Equidad de Pielou (J')		0.9254

Aves

Como se aprecia en la siguiente tabla se presentó una riqueza de 57 especies de reptiles y un índice de Shannon-Wienner de 3.7964 que refiere una diversidad alta, mientras que la diversidad máxima esperada H´max tuvo un valor de 4.0431, una diversidad alta, en cuanto al valor de Equidad de Pielou (J) fue de 0.9390, que indica una buena distribución de las especies.

Tabla XCV. Índices de diversidad de aves registradas.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Amazilia rutila*	6	0.0258	-3.6593	-0.0942
2	*Ardea alba*	7	0.0300	-3.5051	-0.1053
3	*Bubulcus ibis*	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
4	*Buteo albonotatus**	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
5	*Buteo plagiatus*	3	0.0129	-4.3524	-0.0560
6	*Butorides virescens*	6	0.0258	-3.6593	-0.0942
7	*Campephilus guatemalensis**	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
8	*Cardinalis cardinalis*	8	0.0343	-3.3716	-0.1158
9	*Cathartes aura*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
10	*Charadrius vociferus*	8	0.0343	-3.3716	-0.1158
11	*Chloroceryle americana*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
12	*Columbina passerina*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
13	*Coragyps atratus*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
14	*Crotophaga sulcirostris*	7	0.0300	-3.5051	-0.1053
15	*Cyanocorax yncas*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
16	*Dendrocygna autumnalis*	3	0.0129	-4.3524	-0.0560

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
17	*Dryobates scalaris*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
18	*Egretta thula*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
19	*Egretta tricolor*	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
20	*Empidonax minimus*	6	0.0258	-3.6593	-0.0942
21	*Eumomota superciliosa*	9	0.0386	-3.2538	-0.1257
22	*Eupsittula nana**	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
23	*Falco columbarius*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
24	*Fregata magnificens*	3	0.0129	-4.3524	-0.0560
25	*Herpetotheres cachinnans*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
26	*Hirundo rustica*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
27	*Icterus cucullatus*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
28	*Jacana spinosa*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
29	*Leptotila verreauxi*	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
30	*Melanoptila glabrirostris**	8	0.0343	-3.3716	-0.1158
31	*Meleagris ocellata**	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
32	*Mimus gilvus*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
33	*Myiozetetes similis*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
34	*Ortalis vetula*	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
35	*Pachyramphus aglaiae*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
36	*Passerina ciris**	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
37	*Patagioenas flavirostris*	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
38	*Piaya cayana*	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
39	*Piranga rubra*	7	0.0300	-3.5051	-0.1053
40	*Pitangus sulphuratus*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
41	*Polioptila caerulea*	2	0.0086	-4.7579	-0.0408
42	*Pyrocephalus rubinus*	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
43	*Quiscalus mexicanus*	10	0.0429	-3.1485	-0.1351
44	*Setophaga caerulescens*	7	0.0300	-3.5051	-0.1053
45	*Setophaga petechia*	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
46	*Spinus psaltria*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
47	*Stelgidopteryx serripennis*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
48	*Streptopelia decaocto*	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
49	*Tachybaptus dominicus**	7	0.0300	-3.5051	-0.1053
50	*Tigrisoma mexicanum**	3	0.0129	-4.3524	-0.0560
51	*Tringa solitaria*	9	0.0386	-3.2538	-0.1257
52	*Trogon caligatus*	12	0.0515	-2.9661	-0.1528
53	*Trogon melanocephalus*	4	0.0172	-4.0647	-0.0698
54	*Vireo flavifrons*	9	0.0386	-3.2538	-0.1257
55	*Vireo griseus*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
56	*Volatinia jacarina*	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
57	*Zenaida asiatica*	9	0.0386	-3.2538	-0.1257
TOTAL		**233**	**Riqueza**		57
			H'		3.7964
			H' max		4.0431
			Equidad de Pielou (J')		0.9390

Mamíferos

Como se aprecia en la siguiente tabla se presentó una riqueza en este grupo faunístico de 12 especies, y un índice de Shannon-Wienner de 2.3417 que refiere una diversidad media, mientras que el valor de la diversidad máxima esperada H´max fue de 2.4849, en cuanto a la Equidad de Pielou (J) el valor fue de 0.9423, que indica una buena distribución de las especies.

Tabla *XCVI.* Índices de diversidad de mamíferos registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Conepatus semistriatus*	4	0.0455	-3.0910	-0.1405

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
2	*Cuniculus paca*	12	0.1364	-1.9924	-0.2717
3	*Dasyprocta punctata*	5	0.0568	-2.8679	-0.1629
4	*Didelphis virginiana*	3	0.0341	-3.3787	-0.1152
5	*Nasua narica*	15	0.1705	-1.7693	-0.3016
6	*Odocoileus virginianus*	5	0.0568	-2.8679	-0.1629
7	*Philander vossi*	11	0.1250	-2.0794	-0.2599
8	*Procyon lotor*	6	0.0682	-2.6856	-0.1831
9	*Sciurus yucatanensis*	5	0.0568	-2.8679	-0.1629
10	*Tamandua mexicana**	3	0.0341	-3.3787	-0.1152
11	*Tayassu pecari*	13	0.1477	-1.9124	-0.2825
12	*Urocyon cinereoargenteus*	6	0.0682	-2.6856	-0.1831
TOTAL		**88**	**Riqueza**		12
			H'		2.3417
			H' max		2.4849
			Equidad de Pielou (J')		0.9423

En términos de diversidad, el índice de Shannon-Wiener determina que las aves presentan una diversidad alta, mientras que los mamíferos y reptiles presentan una diversidad media y por último los anfibios presentan una diversidad baja, es decir, que la composición en los ecosistemas se encuentra dentro de los parámetros considerados “normales”. El índice de equidad obtenido para cada grupo faunístico indica que los cuatro grupos faunísticos presentaron una buena distribución, los anfibios (J’= 0.9119), las aves (J’= 0.9390), mamíferos (J’= 0.9423) y reptiles (J’= 0.9254), presentan una adecuada equitatividad.

La diferencia existente entre el valor de H’ calculada (índice de Shannon-Wienner) con respecto a su H’ máxima (que es el valor máximo que puede alcanzar el índice de Shannon, cuando todas las especies se encuentran igualmente representadas, permite visualizar la equitatividad de las especies en los ecosistemas, entre mayor sea la diferencia denota más dominancia o equitatividad en la composición faunística (índice de Pielou). En este sentido, tales valores se presentan en el cuadro resumen de la siguiente tabla:

Tabla *XCVII*. Índices de diversidad por grupos de vertebrados terrestres.

GRUPOS	RIQUEZA (S)	ABUNDANCIA	SHANNON (H')	DIVERSIDAD MÁXIMA ESPERADA (H'MAX)	EQUIDAD (J')
Anfibios	8	62	1.8962	2.0794	0.9119
Aves	57	233	3.7964	4.0431	0.9390
Mamíferos	12	88	2.3417	2.4849	0.9423
Reptiles	11	131	2.2190	2.3979	0.9254

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III

En lo que respecta a las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, 14 especies registradas en el SA se encuentran bajo algún estatus de protección (un anfibio, ocho aves, un mamífero y cuatro reptiles) conforme a lo mostrado dentro de la siguiente tabla.

Tabla 98. Especies de fauna registradas en el SA de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III.

GRUPO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM059	Endemismo
Anfibios	Ranidae	*Lithobates brownorum*	Rana leopardo	Pr	-
Subtotal				**1**	**0**

GRUPO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM059	Endemismo
Reptiles	Boiidae	*Boa imperator*	Mazacuata	A	-
	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A	-
	Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Pr	-
	Colubridae	*Leptodeira annulata*	Culebra ojo de gato	Pr	-
Subtotal				**4**	**0**
Aves	Accipitridae	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	PR	-
	Picidae	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	PR	-
	Psittacidae	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	PR	-
	Mimidae	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	PR	E
	Phasianidae	*Meleagris ocellata*	Pavo o guajolote ocelado	A	E
	Cardinalidae	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	PR	-
	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	PR	-
	Ardeidae	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre mexicana	PR	-
Subtotal				**8**	**2**
Mamíferos	Mirmecophagidae	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	P	E
Subtotal				**1**	**1**
TOTAL				**14**	**3**

Especies incluidas en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)

En lo que respecta a las especies incluidas en los apéndices de las CITES, 16 especies registradas en el SA se encuentran dentro de alguno de los tres apéndices de las CITES (1 anfibio, 9 aves, 3 mamíferos y 3 reptiles). En particular, 11 dentro del apéndice II y 5 dentro del apéndice III. Dichas especies se encuentran dentro de estos apéndices derivado que se trata de animales de gran atractivo y, por ende, gran riesgo de ser extraídas de su hábitat para el comercio internacional.

Tabla *XCIX*. Especies de fauna registradas en el SA dentro de algún apéndice de las CITES.

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CITES
Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	II
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo	II
Aves	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	II
Aves	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	II
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	III
Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	II
Aves	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	II
Aves	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón guaco	II
Aves	*Meleagris ocellata*	Pavo o guajolote ocelado	III
Aves	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	III
Mammalia	*Cuniculus paca*	Tepezcuintle	III
Mammalia	*Nasua narica*	Coatí	III
Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	II
Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	II
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	II
Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	II

Especies incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

En lo que respecta a las especies incluidas en las listas rojas de la IUCN, todas las especies, excepto una especie que no tienen clasificación, se encuentran dentro de alguna categoría de protección de la IUCN, *Meleagris ocellata* está considerada como NT (casi amenazada), *Tayassu pecari* está considera como VU (vulnerable) y el resto de las especies registradas están consideradas como LC (preocupación menor).

Tabla C. Especies de fauna registradas en el SA dentro de las listas rojas de la IUCN.

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IUCN
Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	SR
Amphibia	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana chirriadora de invernadero	LC
Amphibia	*Hypopachus variolosus*	Rana termitera	LC
Amphibia	*Incilius valliceps*	Sapo costero	LC
Amphibia	*Leptodactylus fragilis*	Rana de bigotes	LC
Amphibia	*Lithobates brownorum*	Rana leopardo	LC
Amphibia	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	LC
Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	LC
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo	LC
Aves	*Ardea alba*	Garza blanca	LC
Aves	*Bubulcus ibis*	Garza Ganadera	LC
Aves	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	LC
Aves	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	LC
Aves	*Butorides virescens*	Garcita Verde	LC
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	LC
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	LC
Aves	*Cathartes aura*	Zopilote aura	LC
Aves	*Charadrius vociferus*	Chorlo gritón	LC
Aves	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	LC
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	LC
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	LC
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	LC
Aves	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	LC
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	LC
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	LC
Aves	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	LC
Aves	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor	LC
Aves	*Empidonax minimus*	Papamoscas Chico	LC
Aves	*Eumomota superciliosa*	Momoto Cejas Azules	LC
Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	LC
Aves	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	LC
Aves	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	LC
Aves	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón guaco	LC
Aves	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	LC
Aves	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	LC

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IUCN
Aves	*Jacana spinosa*	Tuqui tuqui	LC
Aves	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	LC
Aves	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	LC
Aves	*Meleagris ocellata*	Pavo o guajolote ocelado	NT
Aves	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	LC
Aves	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	LC
Aves	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	LC
Aves	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	LC
Aves	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	LC
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	LC
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	LC
Aves	*Piranga rubra*	Piranga roja	LC
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	LC
Aves	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	LC
Aves	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	LC
Aves	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	LC
Aves	*Setophaga caerulescens*	Chipe azulnegro	LC
Aves	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	LC
Aves	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	LC
Aves	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	LC
Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	LC
Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	LC
Aves	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre mexicana	LC
Aves	*Tringa solitaria*	Playero Solitario	LC
Aves	*Trogon caligatus*	Coa Violácea Norteña	SR
Aves	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	LC
Aves	*Vireo flavifrons*	Vireo Garganta Amarilla	LC
Aves	*Vireo griseus*	Vireo Ojos Blancos	LC
Aves	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	LC
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	LC
Mammalia	*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de espalda blanca sureño	LC
Mammalia	*Cuniculus paca*	Tepezcuintle	LC
Mammalia	*Dasyprocta punctata*	Guaqueque centroamericano	LC
Mammalia	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	LC
Mammalia	*Nasua narica*	Coatí	LC
Mammalia	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	LC
Mammalia	*Philander vossi*	Tlacuache cuatrojos gris	LC
Mammalia	*Procyon lotor*	Mapache	LC
Mammalia	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	LC
Mammalia	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	LC
Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	VU
Mammalia	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	LC

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IUCN
Reptilia	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	LC
Reptilia	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	LC
Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	LC
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	LC
Reptilia	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	LC
Reptilia	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoíris	LC
Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	LC
Reptilia	*Lampropeltis abnorma*	Falsa coralillo real centroamericana	LC
Reptilia	*Leptodeira annulata*	Culebra ojo de gato	LC
Reptilia	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común	LC
Reptilia	*Sceloporus chrysostictus*	Lagartija espinosa de puntos amarillos	LC

- ***Área de Proyecto (AP)***

Composición de grupos faunísticos

En el polígono del AP **se registró un total de 230 individuos y 39 especies faunísticas**, de las cuales el grupo más diverso y abundante fue el de aves con el 43.5897% de la riqueza específica, seguido por el grupo de los reptiles con 20.5128 %, mamíferos con 20.5128% y anfibios con el 15.3846%.

Riqueza faunística

De los datos obtenidos en campo para la superficie sujeta a AP se registró un total de **39 especies de vertebrados** terrestres, siendo el grupo de las aves de mayor riqueza con 17 especies con 111 individuos, seguida del grupo de reptiles y mamíferos con 8 especies cada uno de estos grupos (49 individuos de reptiles y 45 de mamíferos) y por último los anfibios con 6 especies y 25 individuos.

Tabla *CI.* Riqueza faunística dentro del AP.

GRUPOS	RIQUEZA (S)	ABUNDANCIA
Anfibios	6	25
Aves	17	111
Mamíferos	8	45
Reptiles	8	49

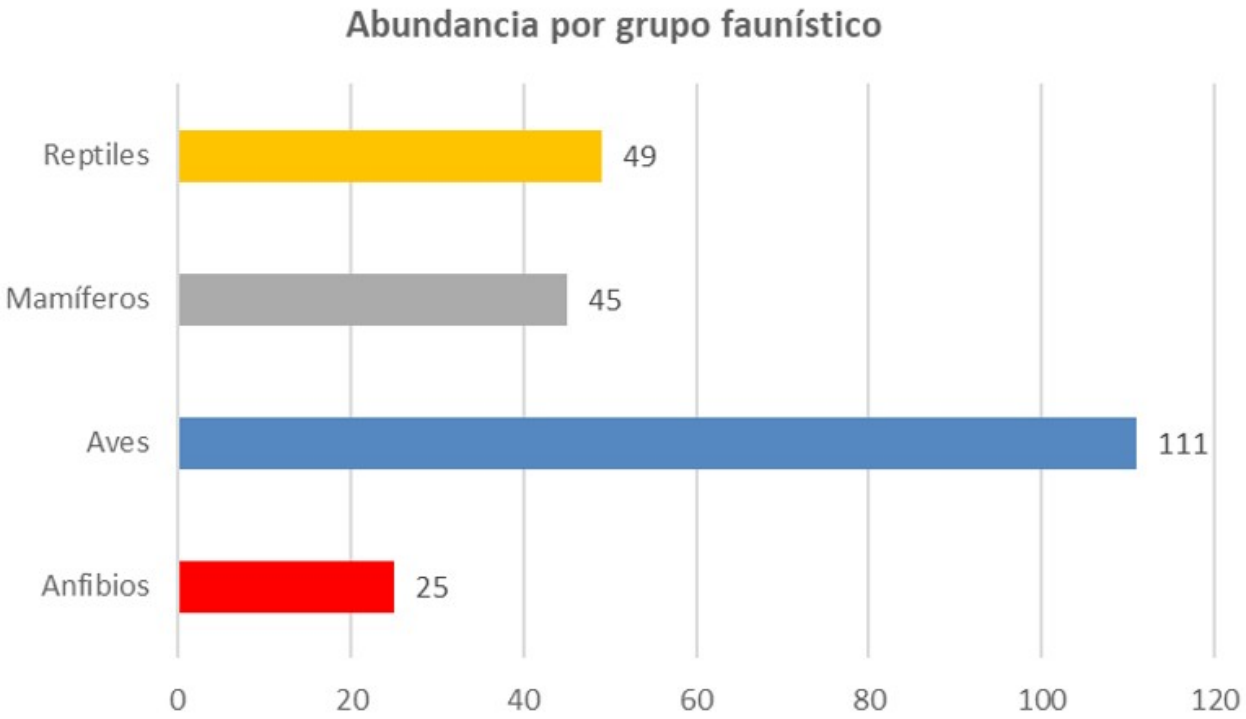


Figura *XCII*. Abundancia absoluta por grupos faunísticos.

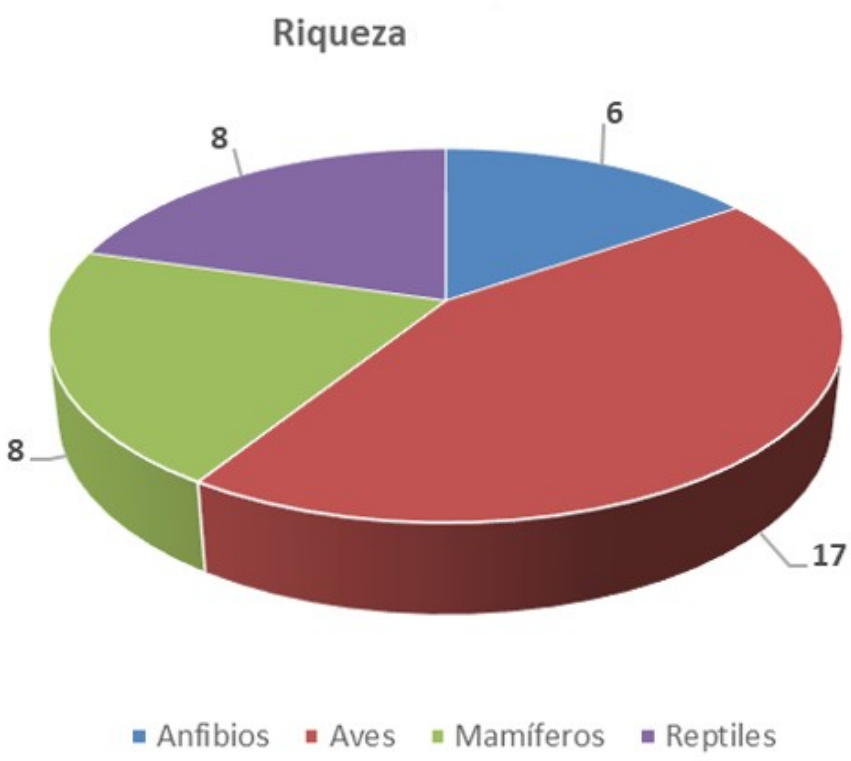


Figura 93. Riqueza por grupos faunísticos.

Tabla CII. Listado de especies de fauna registradas en el AP.

ID	GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	ENDEMISMO	NOM-059-SEMARNAT	CITES	IUCN
1	Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	N	NE	SR	II	LC
2	Amphibia	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana chirriadora de invernadero	E	NE	SR	SR	LC
3	Amphibia	*Leptodactylus fragilis*	Rana de bigotes	N	NE	SR	SR	LC
4	Amphibia	*Lithobates brownorum*	Rana leopardo	N	NE	PR	SR	LC
5	Amphibia	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	N	NE	SR	SR	LC
6	Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	N	NE	SR	SR	LC
7	Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	N	NE	PR	SR	LC
8	Aves	*Cathartes aura*	Zopilote aura	N	NE	SR	SR	LC
9	Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	N	NE	SR	SR	LC
10	Aves	*Eumomota superciliosa*	Momoto Cejas Azules	N	NE	SR	SR	LC
11	Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	N	NE	PR	II	LC
12	Aves	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	N	NE	SR	SR	LC
13	Aves	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	N	E	PR	SR	LC
14	Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	N	NE	SR	SR	LC
15	Aves	*Piranga rubra*	Piranga roja	N	NE	SR	SR	LC
16	Aves	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	N	NE	SR	SR	LC
17	Aves	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	N	NE	SR	SR	LC
18	Aves	*Setophaga caerulescens*	Chipe azulnegro	N	NE	SR	SR	LC
19	Aves	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	N	NE	SR	SR	LC
20	Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	E	NE	SR	SR	LC
21	Aves	*Trogon caligatus*	Coa Violácea Norteña	N	NE	SR	SR	LC
22	Aves	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	N	NE	SR	SR	LC
23	Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	N	NE	SR	SR	LC
24	Mammalia	*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de espalda blanca sureño	N	NE	SR	SR	LC
25	Mammalia	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	N	NE	SR	SR	LC
26	Mammalia	*Nasua narica*	Coatí	N	NE	SR	SR	LC
27	Mammalia	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	N	NE	SR	SR	LC
28	Mammalia	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	N	NE	SR	SR	LC
29	Mammalia	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	N	NE	P	SR	LC
30	Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	N	NE	SR	II	VU
31	Mammalia	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	N	NE	SR	SR	LC
32	Reptilia	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	E	NE	SR	SR	LC
33	Reptilia	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	N	NE	SR	SR	LC
34	Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	N	NE	A	II	LC
35	Reptilia	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	N	NE	SR	SR	LC
36	Reptilia	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoíris	N	NE	SR	SR	LC
37	Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	N	NE	PR	SR	LC
38	Reptilia	*Lampropeltis abnorma*	Falsa coralillo real centroamericana	N	NE	SR	SR	LC
39	Reptilia	*Sceloporus chrysostictus*	Lagartija espinosa de puntos amarillos	N	NE	SR	SR	LC

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en campo por cada grupo taxonómico.

Anfibios

Se registró un total de 25 individuos distribuidos en 6 especies, de las cuales la más abundante corresponde a *Lithobathes brownorum* y *Leptodactylus fragilis* con 5 individuos. Para este grupo solo se registró una especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación a su Anexo Normativo III, *Lithobates brownorum* bajo la categoría de protección especial (Pr). En cuanto a los apéndices de las CITES; solo *Agalychnis taylori* está dentro del apéndice II. Por último, todas las especies, excepto *Agalychnis taylori* la cual no tiene clasificación, están en la categoría de preocupación menor (LC), dentro de las listas rojas de la IUCN.

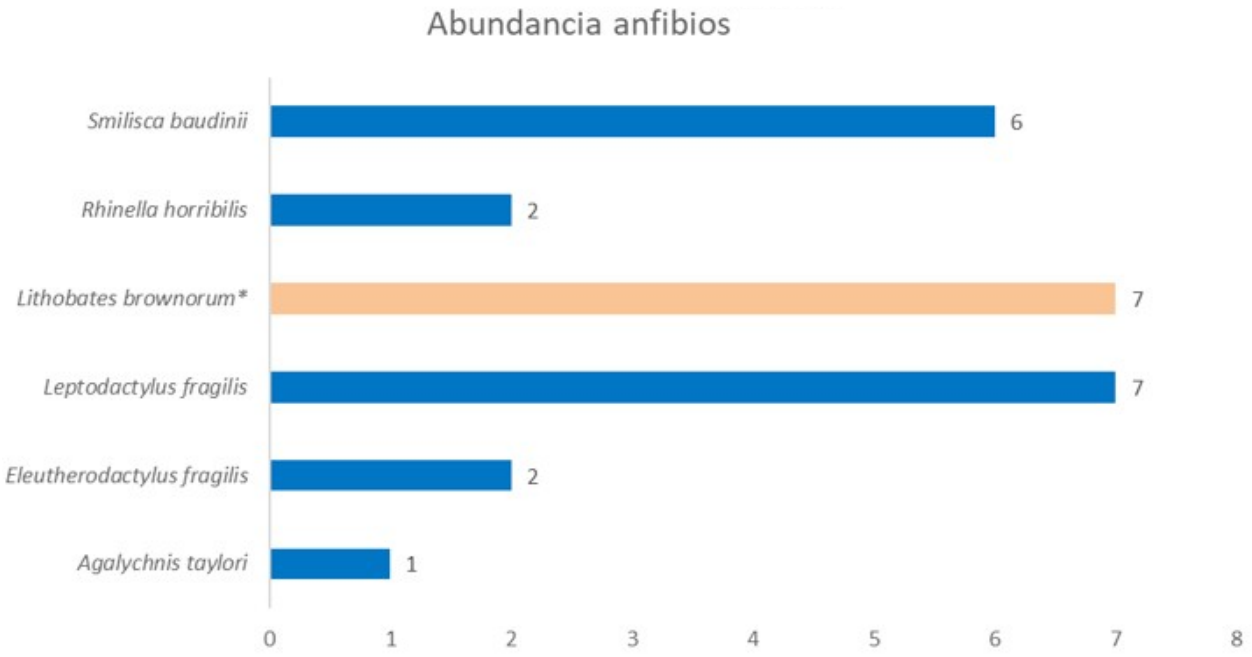


Figura XCIV. Riqueza y abundancia de los anfibios registrados.

Reptiles

Se registró un total de 49 individuos distribuidos en 8 especies, tal como se muestra en la siguiente figura, de las cuales las más abundantes corresponden a *Anolis sagrei* y *Ctenosaura* con 9 individuos. Por otro lado, se registraron dos especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III en la categoría de Amenazada (A) *Ctenosaura similis* e *Iguana iguana* en la categoría de Protección especial (Pr). En cuanto a los apéndices de las CITES, solo *Ctenosaura similis* está dentro del apéndice II. Por último, en cuanto a las listas rojas de la IUCN, todas las especies están dentro de la categoría de preocupación menor (LC).

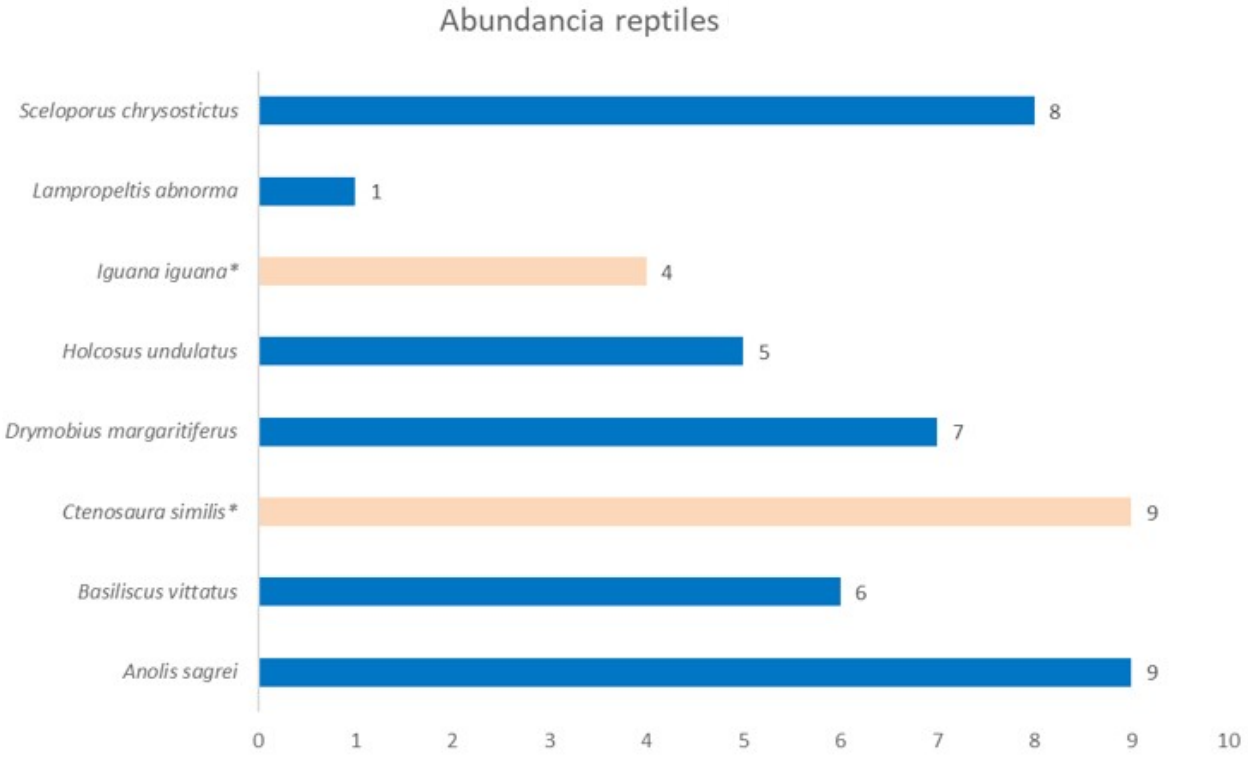


Figura *XCV*. Riqueza y abundancia de los reptiles registrados.

Aves

El grupo de aves presenta la mayor riqueza y abundancia a comparación de los grupos faunísticos presentes, se registró un total de 111 individuos distribuidos en 17 especies, como se muestra en la siguiente figura, de las cuales, las más abundantes corresponden a *Zenaida asiatica* con 13 individuos, y *Piaya cayana* con 10 individuos. Se registró un total de tres especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, correspondientes a *Campephilus guatemalensis, Eupsittula nana* y *Melanoptila glabrirostris* en protección especial (Pr). En cuanto a los apéndices de las CITES, solo *Eupsittula nana* está dentro del apéndice II. Por último, dentro de las listas rojas de la IUCN, todas las especies de aves están dentro de la categoría de preocupación menor (LC).

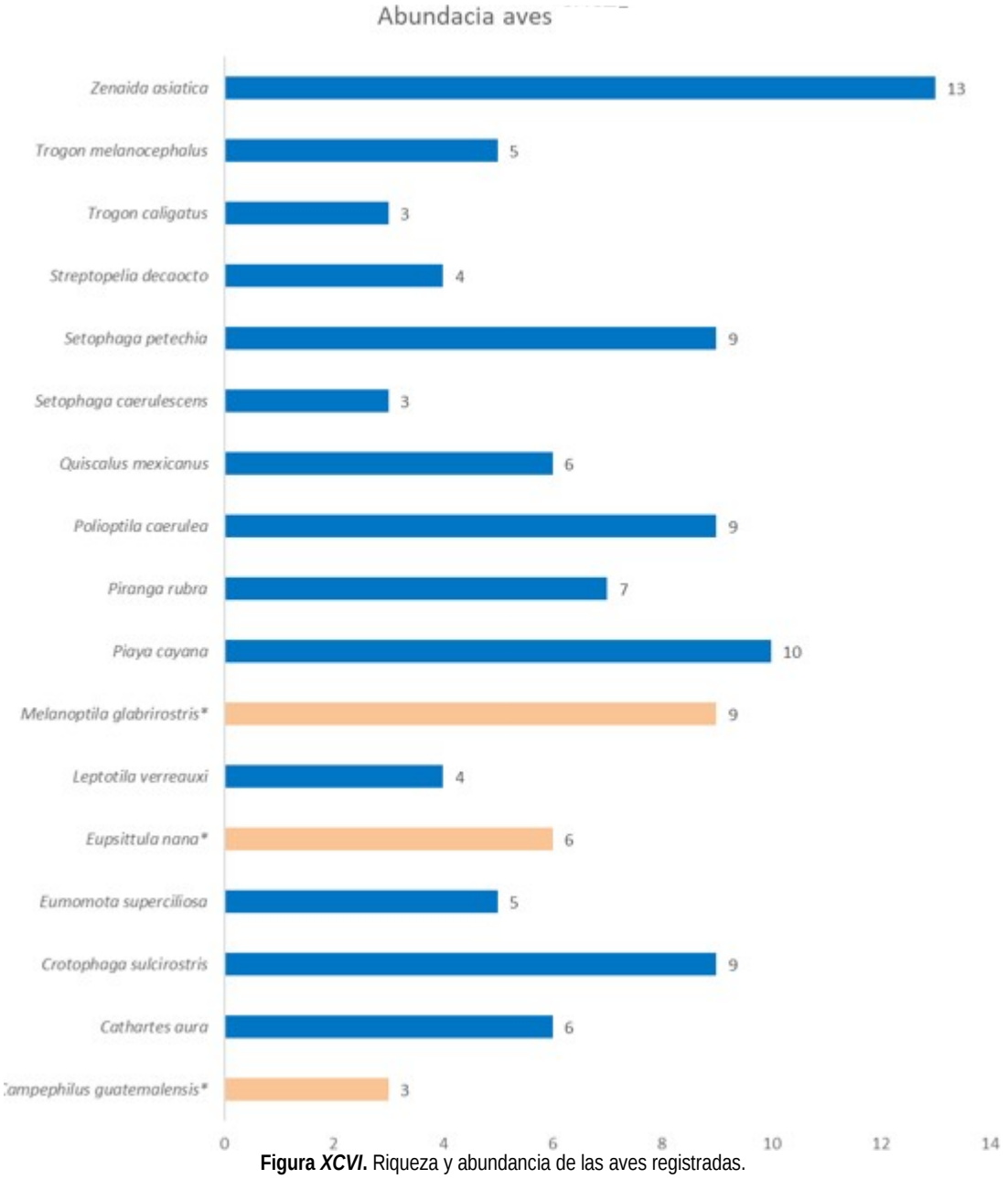


Figura *XCVI.* Riqueza y abundancia de las aves registradas.

Por otro lado, las especies de aves presentan patrones de estacionalidad marcados. Por ello, con base en la plataforma de avesmx de la CONABIO (2025), se determinó que, de las 17 especies, 13 de ellas (76.47 %) corresponden a aves residentes dentro del AP, mientras que 3 de ellas (17.65 %) son migratorias de inviernos que aún permanecen dentro del AP antes de regresar a sus hábitats de residencia. Sólo 1 (5.88 %) se considera exótica para el AP.

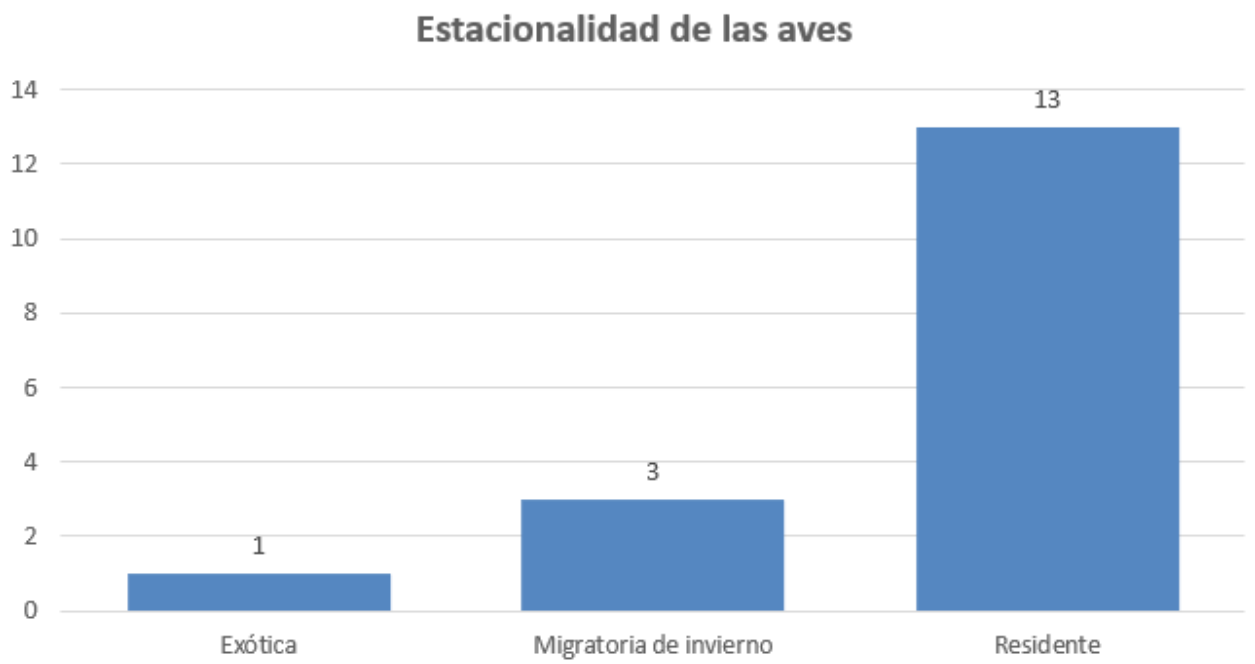


Figura *XCVII*. Estacionalidad de las aves.

Tabla *CIII*. Listado de las especies de aves y su estacionalidad.

Estacionalidad	Nombre científico
Exótica	*Streptopelia decaocto*
Migratoria de invierno	*Piranga rubra*
Migratoria de invierno	*Setophaga caerulescens*
Migratoria de invierno	*Setophaga petechia*
Residente	*Campephilus guatemalensis*
Residente	*Cathartes aura*
Residente	*Crotophaga sulcirostris*
Residente	*Eumomota superciliosa*
Residente	*Eupsittula nana*
Residente	*Leptotila verreauxi*
Residente	*Melanoptila glabrirostris*
Residente	*Piaya cayana*
Residente	*Polioptila caerulea*
Residente	*Quiscalus mexicanus*
Residente	*Trogon caligatus*
Residente	*Trogon melanocephalus*
Residente	*Zenaida asiatica*

Mamíferos

En el caso de los mamíferos se registró un total de 45 individuos distribuidos en 8 especies, como se observa en la siguiente figura, donde la especie más abundante corresponde a *Nasua narica* con 11 individuos; en cuanto a la especie con menos registros fue *Tamandua mexicana* con solo 1 individuo. Para este grupo se registró una especie listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, *Tamandua mexicana* en la categoría de En Peligro de Extinción (P). En cuanto a los apéndices de las CITES, solo *Tayassu pecari* está dentro del apéndice II. Por último, dentro de las listas rojas de la IUCN, todas las especies están dentro de la categoría de preocupación menor (LC), excepto *Tayassu pecari*, la cual está considerada como vulnerable (VU).

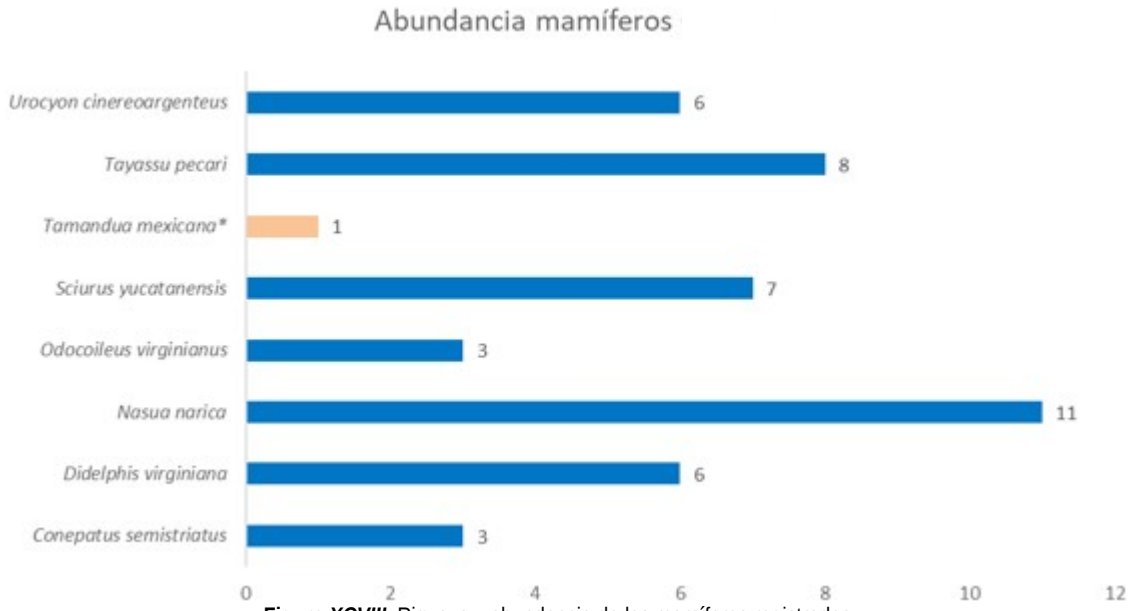


Figura *XCVIII*. Riqueza y abundancia de los mamíferos registrados.

De acuerdo con los listados presentados se puede evidenciar que, de acuerdo con la moderada ocurrencia de especies generalistas y oportunistas en diversos hábitats del AP, muestran el grado de perturbación medio a alto, como consecuencia del crecimiento y desarrollo antropogénico y con ello el aumento en la demanda de bienes y servicios, lo cual ha generado trasformación y pérdida de hábitat, los cuales son destinados comúnmente para el uso de sistemas agropecuarios y el desarrollo urbano-turístico. La estimación de los índices de diversidad se calculó para los datos obtenidos durante todo el muestreo, por temporadas (lluvia y secas) y grupo faunístico, los cuales aportan información general de la distribución, riqueza y diversidad de los vertebrados terrestres en la superficie de estudio.

Estimación de índices de diversidad

En este apartado se presentan los índices estimados por grupo faunístico para el área del AP.

Anfibios

El resultado del Índice de Shannon fue de 1.5882 lo cual indica una diversidad baja, la diversidad máxima esperada H´max fue de 1.7918, mientras que el valor de equidad es de 0.8864, que indica una buena distribución de las especies, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla *CIV*. Índices de diversidad de anfibios registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Agalychnis taylori*	1	0.0400	-3.2189	-0.1288
2	*Eleutherodactylus fragilis*	2	0.0800	-2.5257	-0.2021
3	*Leptodactylus fragilis*	7	0.2800	-1.2730	-0.3564
4	*Lithobates brownorum**	7	0.2800	-1.2730	-0.3564
5	*Rhinella horribilis*	2	0.0800	-2.5257	-0.2021
6	*Smilisca baudinii*	6	0.2400	-1.4271	-0.3425
TOTAL		**25**	**Riqueza**		**6**
			H'		1.5882
			H' max		1.7918
			Equidad de Pielou (J')		0.8864

Reptiles

El resultado del Índice de Shannon fue de 1.9704 lo cual indica una diversidad baja, la diversidad máxima esperada H´max fue de 2.0794, en cuanto al valor de equidad de Pielou de 0.9476 que refiere una buena distribución de las especies, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla CV. Índices de diversidad de reptiles registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Anolis sagrei*	9	0.1837	-1.6946	-0.3113
2	*Basiliscus vittatus*	6	0.1224	-2.1001	-0.2572
3	*Ctenosaura similis**	9	0.1837	-1.6946	-0.3113
4	*Drymobius margaritiferus*	7	0.1429	-1.9459	-0.2780
5	*Holcosus undulatus*	5	0.1020	-2.2824	-0.2329
6	*Iguana iguana**	4	0.0816	-2.5055	-0.2045
7	*Lampropeltis abnorma*	1	0.0204	-3.8918	-0.0794
8	*Sceloporus chrysostictus*	8	0.1633	-1.8124	-0.2959
TOTAL		**49**	**Riqueza**		**8**
			H'		1.9704
			H' max		2.0794
			Equidad de Pielou (J')		0.9476

Aves

El resultado del Índice de Shannon fue de 2.7418 lo cual indica una diversidad media, la diversidad máxima esperada H´max esperada fue de 2.8332 y un valor de equidad de Pielou de 0.9677, lo que indica una buena distribución entre las especies tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla CVI. Índices de diversidad de aves registradas.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Campephilus guatemalensis**	3	0.0270	-3.6109	-0.0976
2	*Cathartes aura*	6	0.0541	-2.9178	-0.1577
3	*Crotophaga sulcirostris*	9	0.0811	-2.5123	-0.2037
4	*Eumomota superciliosa*	5	0.0450	-3.1001	-0.1396
5	*Eupsittula nana**	6	0.0541	-2.9178	-0.1577
6	*Leptotila verreauxi*	4	0.0360	-3.3232	-0.1198
7	*Melanoptila glabrirostris**	9	0.0811	-2.5123	-0.2037
8	*Piaya cayana*	10	0.0901	-2.4069	-0.2168
9	*Piranga rubra*	7	0.0631	-2.7636	-0.1743
10	*Polioptila caerulea*	9	0.0811	-2.5123	-0.2037
11	*Quiscalus mexicanus*	6	0.0541	-2.9178	-0.1577
12	*Setophaga caerulescens*	3	0.0270	-3.6109	-0.0976
13	*Setophaga petechia*	9	0.0811	-2.5123	-0.2037
14	*Streptopelia decaocto*	4	0.0360	-3.3232	-0.1198
15	*Trogon caligatus*	3	0.0270	-3.6109	-0.0976
16	*Trogon melanocephalus*	5	0.0450	-3.1001	-0.1396
17	*Zenaida asiatica*	13	0.1171	-2.1446	-0.2512
TOTAL		**111**	**Riqueza**		**17**
			H'		2.7418
			H' max		2.8332
			Equidad de Pielou (J')		0.9677

Mamíferos

El resultado del Índice de Shannon fue de 1.9239 lo cual indica una diversidad baja, la diversidad máxima esperada H´max fue de 2.0794, mientras que en el valor de equidad de Pielou es de 0.9252, lo que indica una buena distribución de las especies en el AP, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla *CVII.* Índices de diversidad de mamíferos registrados.

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Conepatus semistriatus*	3	0.0667	-2.7081	-0.1805

2	*Didelphis virginiana*	6	0.1333	-2.0149	-0.2687
3	*Nasua narica*	11	0.2444	-1.4088	-0.3444
4	*Odocoileus virginianus*	3	0.0667	-2.7081	-0.1805
5	*Sciurus yucatanensis*	7	0.1556	-1.8608	-0.2895
6	*Tamandua mexicana**	1	0.0222	-3.8067	-0.0846
7	*Tayassu pecari*	8	0.1778	-1.7272	-0.3071
8	*Urocyon cinereoargenteus*	6	0.1333	-2.0149	-0.2687
TOTAL		**45**	**Riqueza**		**8**
			H'		1.9239
			H' max		2.0794
			Equidad de Pielou (J')		0.9252

Finalmente, para el índice de Pielou, el cual permite evaluar la equidad en la distribución de individuos entre las diferentes especies presentes en un ecosistema, indica que los cuatro grupos faunísticos presentaron una buena distribución, los anfibios (J'= 0.8864), las aves (J'= 0.9677), mamíferos (J'= 0.9252) y reptiles (J'= 0.9476), presentan una adecuada equitatividad.

En cuanto a los valores obtenidos del índice de Shannon (H') se indica que la diversidad de especies de los grupos faunísticos de reptiles, anfibios y mamíferos es baja, mientras que para el grupo faunístico de aves resultó media, además que como ya se mencionó antes, la distribución de individuos entre las diferentes especies es bastante equitativa. Es decir, aunque existen diferencias en la abundancia relativa de cada especie, ninguna de ellas domina completamente el ecosistema.

En la siguiente tabla se presenta la riqueza, abundancia e índices de diversidad de los cuatro grupos faunísticos, en la cual sobresale el grupo de las aves.

Tabla *CVIII*. Índices de diversidad por grupos de vertebrados terrestres.

GRUPO	RIQUEZA	ABUNDANCIA	SHANNON (H')	H' MAX	EQUIDAD (J')
Anfibios	6	25	1.5882	1.7918	0.8864
Aves	17	111	2.7418	2.8332	0.9677
Mamíferos	8	45	1.9239	2.0794	0.9252
Reptiles	8	49	1.9704	2.0794	0.9476

Especies de fauna registrada en el SA bajo algún régimen de protección

Se registró un total de 7 especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (las cuales fueron 1 anfibio, 3 aves, 1 mamífero y 2 reptiles) listadas bajo alguna categoría de riesgo en el NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, las cuales se indican en la siguiente tabla.

Tabla 109. Especies de fauna registradas en el AP de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III.

GRUPO FAUNÍSTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
Anfibios	Lithobates brownorum	Rana leopardo	Pr	-
Subtotales			1	0

GRUPO FAUNÍSTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
Aves	Campephilus guatemalensis	Carpintero pico plateado	Pr	-
	Eupsittula nana	Perico pecho sucio	Pr	-
	Melanoptila glabrirostris	Maullador negro	A	E
Subtotales			3	1
Reptiles	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A	-
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr	-
Subtotales			2	0
Mamíferos	*Tamandua mexicana*	Tamandua norteño	P	E
Subtotales			1	1
Total			7	2

En lo que respecta a las especies incluidas en los apéndices de las CITES, 4 especies registradas en el AP se encuentran dentro de alguno de los tres apéndices de las CITES (1 anfibio, 1 ave, 1 mamífero y 1 reptil).

Tabla 110. Especies de fauna en los apéndices de las CITES

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CITES
Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	II
Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	II
Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	II
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	II

En lo que respecta a las especies incluidas en las listas rojas de la IUCN, todas las especies están consideradas como LC (preocupación menor), excepto *Tayassu pecari*, la cual está considerara como VU (vulnerable).

Tabla 111. Especies de fauna en las listas rojas de la IUCN.

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IUCN
Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana de Árbol de ojos rojos	LC
Amphibia	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana chirriadora de invernadero	LC
Amphibia	*Leptodactylus fragilis*	Rana de bigotes	LC
Amphibia	*Lithobates brownorum*	Rana leopardo	LC
Amphibia	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	LC
Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	LC
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	LC
Aves	*Cathartes aura*	Zopilote aura	LC
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	LC
Aves	*Eumomota superciliosa*	Momoto Cejas Azules	LC
Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	LC
Aves	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	LC
Aves	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	LC

GRUPO FAUNISTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IUCN
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	LC
Aves	*Piranga rubra*	Piranga roja	LC
Aves	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	LC
Aves	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	LC
Aves	*Setophaga caerulescens*	Chipe azulnegro	LC
Aves	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	LC
Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	LC
Aves	*Trogon caligatus*	Coa Violácea Norteña	LC
Aves	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	LC
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	LC
Mammalia	*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de espalda blanca sureño	LC
Mammalia	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	LC
Mammalia	*Nasua narica*	Coatí	LC
Mammalia	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	LC
Mammalia	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	LC
Mammalia	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	LC
Mammalia	*Tayassu pecari*	Pecarí de labios blancos	VU
Mammalia	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	LC
Reptilia	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	LC
Reptilia	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	LC
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	LC
Reptilia	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	LC
Reptilia	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoíris	LC
Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	LC
Reptilia	*Lampropeltis abnorma*	Falsa coralillo real centroamericana	LC
Reptilia	*Oxybelis fulgidus*	Culebra bejuquilla verde	LC
Reptilia	*Sceloporus chrysostictus*	Lagartija espinosa de puntos amarillos	LC

b.5.3) Comparación de los registros biológicos del SA y el AP

- **<u>Análisis comparativo de la composición faunística entre SA y AP</u>**

En el presente apartado se realiza la comparación y el análisis de las comunidades faunísticas en relación con lo observado a nivel de SA y el polígono del AP. Primeramente, se efectúa la comparación de la composición faunística entre ambas áreas. En el siguiente cuadro se presenta el comparativo entre las unidades de análisis, referente a la abundancia por especie y grupo faunístico.

Tabla 112. Comparativo de abundancia por especie y por grupo faunístico entre la SA y el AP.

FAUNA			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
MAMÍFEROS			
1	*Conepatus semistriatus*	4	3
2	*Cuniculus paca*	12	-
3	*Dasyprocta punctata*	5	-
4	*Didelphis virginiana*	3	6
5	*Nasua narica*	15	11
6	*Odocoileus virginianus*	5	3
7	*Philander vossi*	11	-
8	*Procyon lotor*	6	-
9	*Sciurus yucatanensis*	5	7
10	*Tamandua mexicana**	3	1
11	*Tayassu pecari*	13	8
12	*Urocyon cinereoargenteus*	6	6
Totales		**88**	**45**
REPTILES			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
1	*Anolis sagrei*	21	9
2	*Basiliscus vittatus*	14	6
3	*Boa constrictor**	1	-
4	*Ctenosaura similis**	12	9
5	*Drymobius margaritiferus*	11	7
6	*Holcosus undulatus*	13	5
7	*Iguana iguana**	9	4
8	*Lampropeltis abnorma*	8	1
9	*Leptodeira annulata*	9	-
10	*Mastigodryas melanolomus*	5	-
11	*Sceloporus chrysostictus*	28	8
Totales		**131**	**49**
ANFIBIOS			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
1	*Agalychnis taylori*	6	1
2	*Eleutherodactylus planirostris*	3	2
3	*Hypopachus variolosus*	17	-
4	*Incilius valliceps*	10	-
5	*Leptodactylus fragilis*	11	7
6	*Lithobates brownorum**	2	7
7	*Rhinella horribilis*	9	2
8	*Smilisca baudinii*	4	6
Totales		**62**	**25**
AVES			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
1	*Amazilia rutila*	6	-
2	*Ardea alba*	7	-
3	*Bubulcus ibis*	5	-
4	*Buteo albonotatus**	2	-
5	*Buteo plagiatus*	3	-

FAUNA			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
6	*Butorides virescens*	6	-
7	*Campephilus guatemalensis**	1	3
8	*Cardinalis cardinalis*	8	-
9	*Cathartes aura*	1	6
10	*Charadrius vociferus*	8	-
11	*Chloroceryle americana*	2	-
12	*Columbina passerina*	1	-
13	*Coragyps atratus*	1	-
14	*Crotophaga sulcirostris*	7	9
15	*Cyanocorax yncas*	1	-
16	*Dendrocygna autumnalis*	3	-
17	*Dryobates scalaris*	2	-
18	*Egretta thula*	1	-
19	*Egretta tricolor*	5	-
20	*Empidonax minimus*	6	-
21	*Eumomota superciliosa*	9	5
22	*Eupsittula nana**	2	6
23	*Falco columbarius*	2	-
24	*Fregata magnificens*	3	-
25	*Herpetotheres cachinnans*	1	-
26	*Hirundo rustica*	2	-
27	*Icterus cucullatus*	2	-
28	*Jacana spinosa*	2	-
29	*Leptotila verreauxi*	4	4
30	*Melanoptila glabrirostris**	8	9
31	*Meleagris ocellata**	2	-
32	*Mimus gilvus*	2	-
33	*Myiozetetes similis*	2	-
34	*Ortalis vetula*	4	-
35	*Pachyramphus aglaiae*	1	-
36	*Passerina ciris**	4	-
37	*Patagioenas flavirostris*	5	-
38	*Piaya cayana*	4	10
39	*Piranga rubra*	7	7
40	*Pitangus sulphuratus*	1	-
41	*Polioptila caerulea*	2	9
42	*Pyrocephalus rubinus*	5	-
43	*Quiscalus mexicanus*	10	6
44	*Setophaga caerulescens*	7	3
45	*Setophaga petechia*	4	9
46	*Spinus psaltria*	1	-
47	*Stelgidopteryx serripennis*	1	-
48	*Streptopelia decaocto*	5	4
49	*Tachybaptus dominicus**	7	-
50	*Tigrisoma mexicanum**	3	-
51	*Tringa solitaria*	9	-
52	*Trogon caligatus*	12	3

FAUNA			
NO.	**ESPECIE**	**SA**	**AP**
53	*Trogon melanocephalus*	4	5
54	*Vireo flavifrons*	9	-
55	*Vireo griseus*	1	-
56	*Volatinia jacarina*	1	-
57	*Zenaida asiatica*	9	13
Totales		**233**	**111**

Derivado de los muestreos realizados en campo, la composición faunística en el SA está integrada por 88 especies con una abundancia de 514 individuos, mientras que, para la superficie del AP se obtuvo un total de 39 especies con una abundancia de 230 individuos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 113. Comparativo entre la riqueza y abundancia entre la SA y el AP.

GRUPO	RIQUEZA		ABUNDANCIA	
	SA	AP	SA	AP
Anfibios	8	6	62	25
Reptiles	57	17	233	111
Aves	12	8	88	45
Mamíferos	11	8	131	49
Total	88	39	514	230

Como se puede apreciar, con relación a la composición por grupo faunístico se observa que todas las especies registradas en el área del AP están presentes en el SA además en todos los casos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) el número de especies reportadas es mayor en la SA a comparación con en el AP, dicha diferencia es más evidente en el caso de aves.

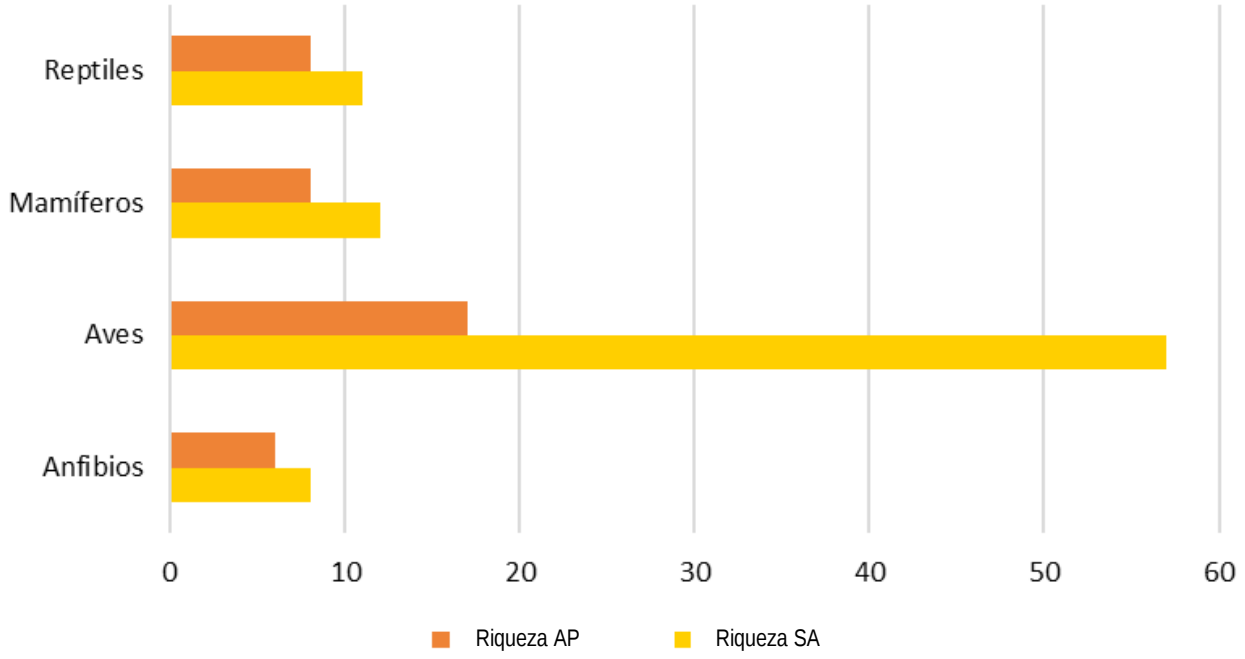


Figura 99. Comparativo de la riqueza de especies registradas en el SA y en el AP.

En particular, el componente avifauna representa el mayor porcentaje de individuos tanto en SA como en el polígono de AP.

En lo que respecta a las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación de su Anexo Normativo III, se contabilizaron registros de especies tanto en el SA como en el AP derivado de los muestreos realizados, se identificaron en el SA 14 especies (un anfibio, ocho aves, un mamífero y cuatro reptiles) y 7 especies en el AP (un anfibio, cuatro aves y dos reptiles). De acuerdo con el endemismo de la NOM-059-SEMARNAT, y la modificación en su Anexo Normativo dentro de ambas superficies no se registraron especies endémicas, mientras que para CONABIO la mayoría de las especies presentes en la tabla siguiente son nativas; en el SA registraron tres especies Exótico-invasoras: *Eleutherodactylus planirostris*, *Streptopelia decaocto* y *Anolis sagrei* y en el AP se registraron dos de las tres anteriores: *Streptopelia decaocto* y *Anolis sagrei.*

En lo que respecta al listado de especies amenazadas IUCN la mayor parte de los individuos registrados dentro del SA, así como en la superficie del AP se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC), con excepción de *Meleagris ocellata* la cual se encuentran listadas en la categoría de casi amenazadas (NT), *Tayassu pecari* la cual se encuentran listadas en la categoría de casi amenazadas (VU) para el SA, mientras que para el AP solo *Tayassu pecari* se encuentra listada como una especie vulnerable (VU).

Según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2024), dentro del AP se registraron un total de 16 especies, de los cuales once se encuentran en el apéndice II (*Agalychnis taylori, Amazilia rutila, Buteo albonotatus, Buteo plagiatus, Eupsittula nana, Falco columbarius, Herpetotheres cachinnans, Tayassu pecari, Boa imperator, Ctenosaura similis e Iguana iguana*) y cinco en el apéndice III (*Dendrocygna autumnalis, Meleagris ocellata, Ortalis vetula y Nasua narica)*. En el área de AP se registraron un total de 5 especies, todas ellas en el apéndice II (*Agalychnis taylori, Eupsittula nana, Tayassu pecari, Ctenosaura similis*).

Tabla 114. Especies registradas en el SA y en el AP en categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES y Prioritarias para la CONABIO.

GRUPO FAUNÍSTICO	NOMBRE CIENTÍFICO	DISTRIBUCIÓN	NO 059-	CITES	IUCN	SA	AP
Amphibia	*Lithobates brownorum*	N	PR	SR	LC	Registrada	Registrada
Aves	*Buteo albonotatus*	N	PR	II	LC	Registrada	
Aves	*Campephilus guatemalensis*	N	PR	SR	LC	Registrada	Registrada
Aves	*Eupsittula nana*	N	PR	II	LC	Registrada	Registrada
Aves	*Melanoptila glabrirostris*	N	PR	SR	LC	Registrada	Registrada
Aves	*Meleagris ocellata*	N	A	III	NT	Registrada	-
Aves	*Passerina ciris*	N	PR	SR	LC	Registrada	-
Aves	*Tachybaptus dominicus*	N	PR	SR	LC	Registrada	-
Aves	*Tigrisoma mexicanum*	N	PR	SR	LC	Registrada	-
Mammalia	*Tamandua mexicana*	N	P	SR	LC	Registrada	Registrada
Reptilia	*Boa constrictor*	N	A	II	LC	Registrada	-
Reptilia	*Ctenosaura similis*	N	A	II	LC	Registrada	Registrada
Reptilia	*Iguana iguana*	N	Pr	II	LC	Registrada	Registrada
Reptilia	*Leptodeira annulata*	N	Pr	SR	LC	Registrada	-

Sin embargo, para contrarrestar cualquier posible efecto de la remoción de vegetación sobre los ejemplares de las especies registradas, en particular de los grupos de anfibios, reptiles y mamíferos en AP, se implementará un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre***, el cual se enfocará en especies de fauna de lento desplazamiento y que se encuentren catalogadas bajo algún estatus de protección dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su Anexo Normativo III.

Para demostrar que la remoción de la vegetación en el AP no compromete la diversidad, se compararon los valores de diversidad obtenidos de cada especie para el SA y el AP, que se desarrolla en el apartado siguiente.

Índice de diversidad de especies

De forma general se puede observar que el SA mantiene valores en los índices calculados que van de bajo y alto, tanto en la riqueza como en diversidad, mientras que en el AP va de bajo a medio.

Es evidente que esta riqueza y diversidad es notablemente mayor a nivel de SA, en comparación con el área de AP. Respecto al índice de equitatividad de Pielou (J'), resulto ser más cercano a la unidad, es decir con una mayor uniformidad, entre las especies en el SA. Esto se entiende porque el SA incluye vegetación en su condición primaria hasta ambientes altamente transformados lo que provee una mayor heterogeneidad ambiental y una diversidad de refugios y sitios de alimentación que pueden ser aprovechados por un mayor número de especies.

Anfibios

Para el SA se identificaron 8 especies y un total de 62 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 6 especies y un total de 25 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al índice de Shannon se obtuvieron valores poco similares tanto en el SA (H'= 1.8962) como en el área de AP (H'= 1.5882).

Asimismo, en la tabla comparativa de abundancias se puede observar que solamente las especies *Agalychnis taylori*, *Eleutherodactylus planirostris*, *Leptodactylus fragilis*, *Lithobates brownorum* y *Smilisca baudinii* se encuentran compartidas entre el área del SA y el del AP. La especie más abundante en el área del AP con respecto a la cuenca fue *Lithobates brownorum*.

En lo que refiere a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación al Anexo Normativo III, tanto en el área de AP como en el SA se registró a *Lithobates brownorum* en la categoría de Sujeta a protección especial (Pr).

Tabla 115. Diversidad entre las especies de anfibios registrados en el SA y en el área de AP.

RIQUEZA Y BIODIVERSIDAD	SA	AP
Riqueza	8	6
Abundancia	62	25
Shannon H'	1.8962	1.5882
H' max	2.0794	1.7918
Equidad de Pielou (J')	0.9119	0.8864

Reptiles

Para el SA se identificaron 11 especies y un total de 131 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 8 especies y un total de 49 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al índice de Shannon se obtuvieron valores de diversidad medios y bajos, en el SA el índice fue H'= 2.2190, mientras que en el área de AP fue de H'= 1.9704. Asimismo, que todas las especies del AP se encuentran también presentes en el SA.

Las especies más abundantes en el área del AP con respecto a la cuenca fueron las siguientes: *Anolis sagrei* con 18 individuos en el área de AP y 20 individuos en el SA.

En lo que refiere a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III, en el área de AP se registraron 2 especies *Ctenosaura similis* en categoría de riesgo A (Amenazada) e *Iguana iguana* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a protección especial) y en el SA además de las dos anteriores, también se registró a *Boa constrictor* en la categoría de Amenazada (A) y *Leptodeira annulata* en la categoría de Pr (Sujeta a protección especial).

Tabla 116. Diversidad entre las especies de reptiles registrados en el SA y en el área de AP.

RIQUEZA Y BIODIVERSIDAD	SA	AP
Riqueza	11	8
Abundancia	131	49
Shannon H'	2.2190	1.9704
H' max	2.3979	2.0794
Equidad de Pielou (J')	0.9254	0.9476

Aves

Para el SA se identificaron 57 especies y un total de 233 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 17 especies y un total de 111 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al índice de Shannon se obtuvieron valores de diversidad similares, en el SA (H'= 3.7964) considerado alto, mientras en el área de AP (H'= 2.7418) considerado como diversidad media.

Asimismo, en la tabla comparativa de abundancias se puede observar que todas las especies del AP están presentes en el área del SA. Las especies más abundantes en el AP fueron las siguientes: *Zenaida asiatica* y *Piaya cayana* con 13 y 10 individuos, en la CH con 9 y 4 registros, respectivamente.

En lo que refiere a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación al Anexo Normativo III, en el AP se registraron a *Campephilus guatemalensis, Eupsittula nana* y *Melanoptila glabrirostris* como Sujetas a protección especial (Pr); en el SA aparte de las anteriores también se registró a *Cathartes Buteo albonotatus, Passerina ciris, Tachybaptus dominicus y Tigrisoma mexicanum* en la categoría de Sujeta a protección especial (Pr), así como *Meleagris ocellata* en la categoría de amenazada (A).

Tabla 117. Diversidad entre las especies de aves registradas en el SA y en el AP.

RIQUEZA Y BIODIVERSIDAD	SA	AP
Riqueza	57	17
Abundancia	233	111
Shannon H'	3.7964	2.7418
H' max	4.0431	2.8332
Equidad de Pielou (J')	0.9390	0.9677

Mamíferos

Para este grupo faunístico se identificaron 12 especies en el SA y un total de 88 individuos, mientras que en el AP se identificaron 8 especies y un total de 45 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al índice de Shannon se obtuvieron valores de diversidad media en el SA (H'= 2.3417) y baja en el AP (H'= 1.9239). Asimismo, en la tabla comparativa de abundancias se puede observar que todas las especies del AP están presentes en el área del SA.

La especie más abundante en el AP con respecto a la cuenca fue *Nasua narica* con 11 individuos y en el SA con 15 individuos. En lo que refiere a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III, en el AP se registró a *Tamandua mexicana* bajo la categoría de Peligro de extinción (P), al igual que en el SA.

Tabla 118. Diversidad entre las especies de mamíferos registrados en el SA y en el AP.

RIQUEZA Y BIODIVERSIDAD	SA	AP
Riqueza	12	8
Abundancia	88	45
Shannon H'	2.3417	1.9239
H' max	2.4849	2.0794
Equidad de Pielou (J')	0.9423	0.9252

b.6.) Conclusiones

Con base en los registros históricos del periodo comprendido entre 1991 y 2023 (32 años de registro), se determinó la presencia potencial de 701 especies distribuidas en 128 familias y 383 géneros, resultando en 13 especies exóticas y 688 nativas, de las cuales 21 son endémicas, 16 cuasiendémicas y 2 semiendémicas. Por otro lado, gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 108 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 20 especies se encuentran dentro en apéndice III, 81 en el apéndice II y solamente 7 en el apéndice I.

Dentro de IUCN se registraron un total de 654 especies bajo alguna categoría de riesgo de este organismo, donde 609 se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 28 como Casi amenazadas (NT), 11 en la categoríam de Vulnerable (V) y 6 en Peligro (EN) siendo estas *Abronia graminea, Alouatta villosa, Ateles geoffroyi, Ateles geoffroyi vellerosus, Ateles geoffroyi yucatanensis y Chelonia mydas*.

Finalmente, de las 150 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059 y su modificación en su anexo normativo III (2019), 86 de ellas se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 46 se encuentran como Amenazadas (A) y finalmente 18 especies se categorizan en el estatus de Peligro de extinción (P). Para el caso de anfibios se registraron 7 especies bajo NOM-059, todas sujetas a protección especial (Pr), siendo *Bolitoglossa yucatana, Craugastor yucatanensis, Lithobates berlandieri, Lithobates brownorum, Lithobates pustulosus, Rhinophrynus dorsalis* y *Triprion petasatus*.

Para el caso de anfibios se registraron 7 especies bajo NOM-059, todas sujetas a protección especial (Pr), siendo *Bolitoglossa yucatana, Craugastor yucatanensis, Lithobates berlandieri, Lithobates brownorum, Lithobates pustulosus, Rhinophrynus dorsalis* y *Triprion petasatus*. En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 35 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro del SAR, se distribuyeron dentro de 3 categorías de riesgo, siendo *Accipiter cooperii, Accipiter striatus, Amazona albifrons, Asio flammeus, Buteo albonotatus, Buteo lineatus, Buteo platypterus, Buteo swainsoni, Chondrohierax uncinatus, Cyrtonyx montezumae, Eupsittula canicularis, Falco peregrinus, Geranoaetus albicaudatus, Ixobrychus exilis, Myadestes occidentalis, Parabuteo unicinctus, Passerina ciris, Rallus tenuirostris* y *Tachybaptus dominicus* aquellas especies que están bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr), mientras que para las que se encuentran amenazadas (A) se encuentran *Amazona autumnalis, Anas diazi, Aquila chrysaetos, Botaurus lentiginosus, Calidris mauri, Catharus frantzii, Charadrius nivosus, Geothlypis tolmiei, Rallus limícola, Ramphastos sulfuratus* y *Tilmatura dupontii*. Finalmente se encontró que *Cairina moschata, Haliaeetus leucocephalus, Rallus tenuirostris* y *Vireo atricapilla* se encuentran en peligro de extinción (P). En cuanto al grupo de los mamíferos se registraron 20 especies bajo NOM-059, en donde 5 de ellas se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 7 como amenazadas y finalmente 8 en peligro de extinción (P).

Conforme a los muestreos biológicos del SA, la fauna presente se agrupa en un total de 88 especies de vertebrados terrestres (8 anfibios, 11 reptiles, 57 aves y 12 mamíferos). De acuerdo con lo obtenido en campo, para el SA se obtiene que el 64.7727% de las especies faunísticas pertenece a la avifauna, los mamíferos representan el 13.6364%, mientras que la herpetofauna representa el 21.5909% (12.5000% pertenecen a reptiles y 9.0909% a anfibios). se reporta un total de 514 individuos, distribuidos en 88 especies de vertebrados; el grupo más diverso y abundante es aves con 57 especies y 233 organismos, seguido de los mamíferos con 12 especies y 88 individuos, los reptiles muestran 11 especies y 131 individuos y los anfibios se representan con 8 especies y 62 individuos.

Para los anfibios, como especies más abundantes se determinó a *Hypopachus variolosus* y *Leptodactylus fragilis* con 17 y 11 individuos respectivamente, mientras que las especies menos abundantes fueron *Eleutherodactylus planirostris* con 3 individuos y *Lithobates brownorum* con 2 individuos; en los muestreos en el SA; se hace la aclaración que la única especie enlistada en la Modificación de su Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el presente grupo faunístico resultó *Lithobates brownorum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Agalychnis taylori* dentro del apéndice II. Y las especies incluidas dentro de las listas rojas de la IUCN, tenemos a *Agalychnis taylori, Eleutherodactylus planirostris, Hypopachus variolosus, Incilius valliceps, Leptodactylus fragilis*, *Lithobates brownorum*, *Smilisca baudinii* y *Rhinella horribilis* e la categoría de preocupación menor (LC).

Para los reptiles, como especies más abundantes fueron *Sceloporus chrysostictus* con 28 individuos y *Anolis sagrei* con 21 individuos; las especies menos abundantes fueron *Mastigodryas melanolomus* con 5 individuos y *Boa imperator* con 1 individuo. En los muestreos del SA, se identificaron 4 especies que se encuentran en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, siendo *Ctenosarua similis* y *Boa imperator* en categoría de riesgo A (Amenazada) e *Iguana iguana* y *Leptodeira annulata* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Boa imperator, Iguana iguana* y *Ctenosaura similis*. Por último, dentro de las listas rojas de la IUCN, todas las especies están consideradas como preocupación menor (LC).

Para las aves, se observa que las especies *Trogon caligatus* y *Quiscalus mexicanus* fueron las especies más abundantes con 12 y 10 individuos respectivamente. Adicional a esto en el SA se identificaron 8 especies que se encuentran bajo algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, las cuales son: *Buteo albononatus*, *Campechilus guatemalensis*, *Eupsittula nana*, *Melanoptila glabirostris*, *Passerina ciris*, *Tachybaptus dominicus* y *Tigrisoma mexicanum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial) y *Meleagris ocellata* en categoría de riesgo A (Amenazada). En cuanto a especies dentro de los apéndices de CITES tenemos una especie en el apéndice III y dos especies dentro del apéndice II. En cuanto a las especies dentro de las listas rojas de la IUCN tenemos a *Meleagris ocellata* en la categoría de casi amenazada (NT) y el resto de las aves como preocupación menor (LC).

Por último, para los mamíferos, de las especies registradas, sobresalen *Nausa narica*, *Tayassu pecari* y *Cuniculus paca* y con 15, 13 y 12 individuos respectivamente, el resto de las especies presentaron abundancias menores. Es preciso aclarar que en los muestreos realizados se identificó una especie dentro del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, *Tamandua mexicana* en categoría de riesgo P (En Peligro). En cuanto a las especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Cuniculus paca* y *Nasua narica* dentro del apéndice III y a *Tayassu pecari* en el apéndice II. En cuanto a las listas rojas de la IUCN, esta *Tayassu pecari* en la categoría de vulnerable (VU) y el resto de los mamíferos se consideran de preocupación menor (LC).

Atendiendo a los numerales anteriores se determinó que la SA presentó las mejores condiciones para albergar a las especies identificadas dentro de este estudio, incluyendo a todas las especies que se determinaron dentro del AP, el cual se describió como con comunidad forestal de peor calidad para el establecimiento de la fauna. No obstante, este proyecto contempla la elaboración y aplicación de un ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre***, explicado en numerales posteriores. Con ello, se concluye que la ejecución de este proyecto no comprometerá ni afectará a la biodiversidad del Sistema Ambiental (SA) siempre y cuando se ejecuten las medidas de mitigación propuestas para este estudio.

c. Análisis respecto a la incidencia del Sistema Ambiental con Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), Áreas Naturales Protegidas, Manglares, Sitios Ramsar, Región Hidrológica Prioritarias, Región Marítima Prioritaria, entre otras

A continuación, se presenta un análisis de la incidencia en áreas de importancia para la conservación a través del portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) y el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

c.1) Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

El SA incide dentro de la AICA 177, Corredor Central Vallarta-Punta Laguna:

Tabla 119. Incidencia del SA respecto a la AICA.

Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)	Superficie de incidencia (m^2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna	653370068	45.20	100.00

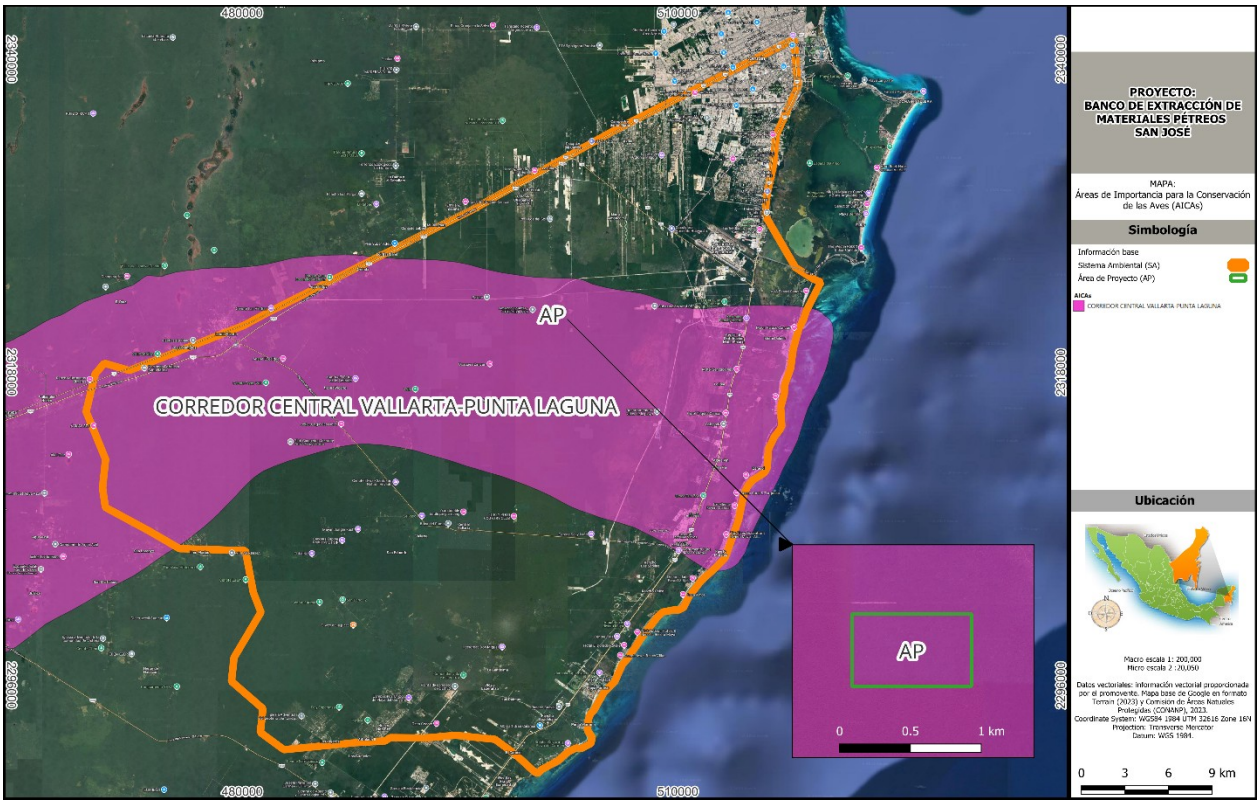


Figura 100. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA's) con incidencia en el SA.

c.2) Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal

El SA incide en las Áreas Naturales Protegidas: “Arrecife de Puerto Morelos”, “Caribe Mexicano”, “Costa Occ. De I. Mujeres, Pta. Cancún y Pta. Nizuc”, “Manglares de Nichupté” y “Manglares de Puerto Morelos”, con las siguientes superficies de incidencias.

Tabla 120. Incidencia del SA respecto a ANP federal.

Área Natural Protegida (ANP) Federal	Zonificación	Superficie de incidencia (m^2)	% de ocupación en el SA	% de ocupación en el AP
Arrecife de Puerto Morelos	Uso recreativo	5732230.43	0.40	0.00
Caribe Mexicano	Zona de influencia	781750.774	100.00	100.00
Costa Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Pta. Nizuc	Otros	1114278.35	0.08	0.00
Manglares de Nichupté	Zona de Amortiguamiento	5855696.73	0.41	0.00
Manglares de Puerto Morelos	Otros	11030035.3	0.76	0.00

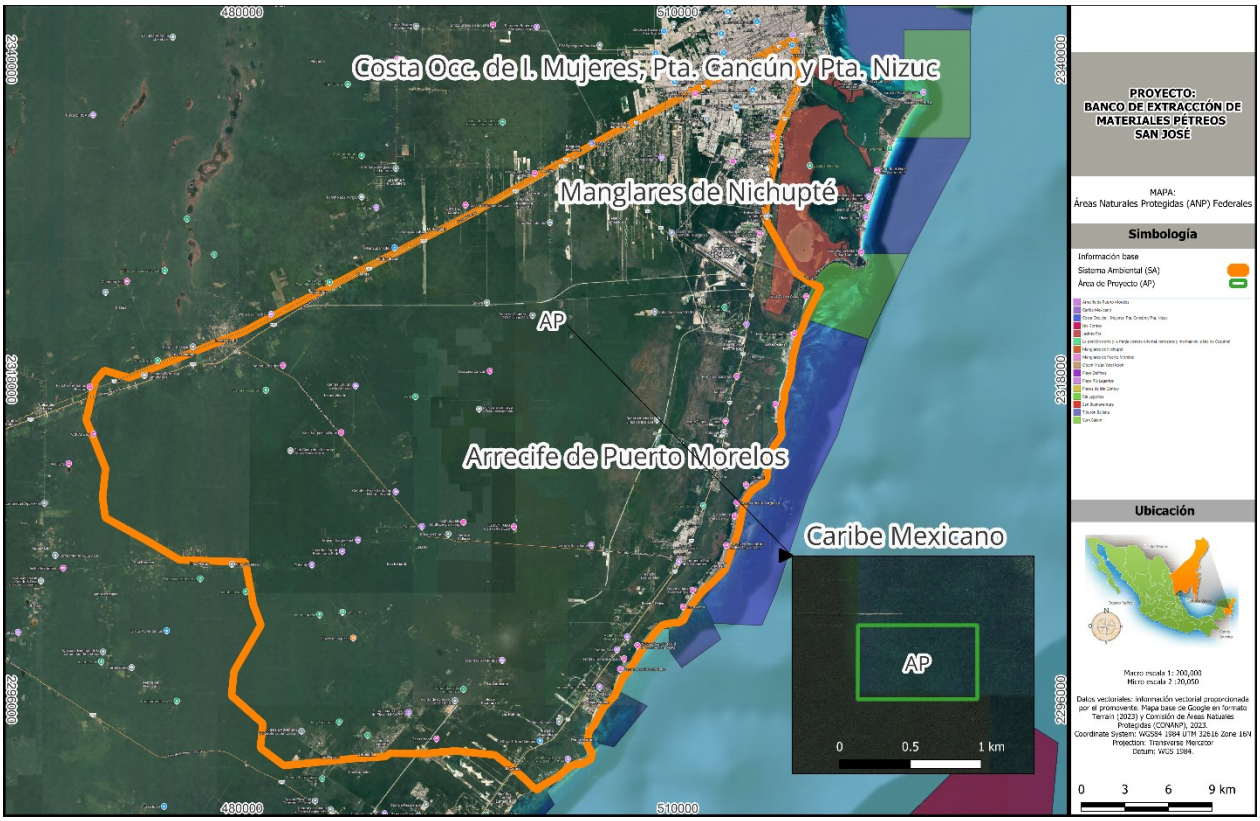


Figura 101. Áreas naturales Protegidas (ANP) con incidencia en el SA.

c.3) Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter estatal

El SA incide en el Área Natural Protegida Estatal llamada “Kabah” en una superficie de 416269.782 m2, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 121. Incidencia del SA respecto a ANP estatal.

Área Natural Protegida (ANP) Estatal	Superficie de la geometría (m2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
Kabah	1445522384	0.03	0.00

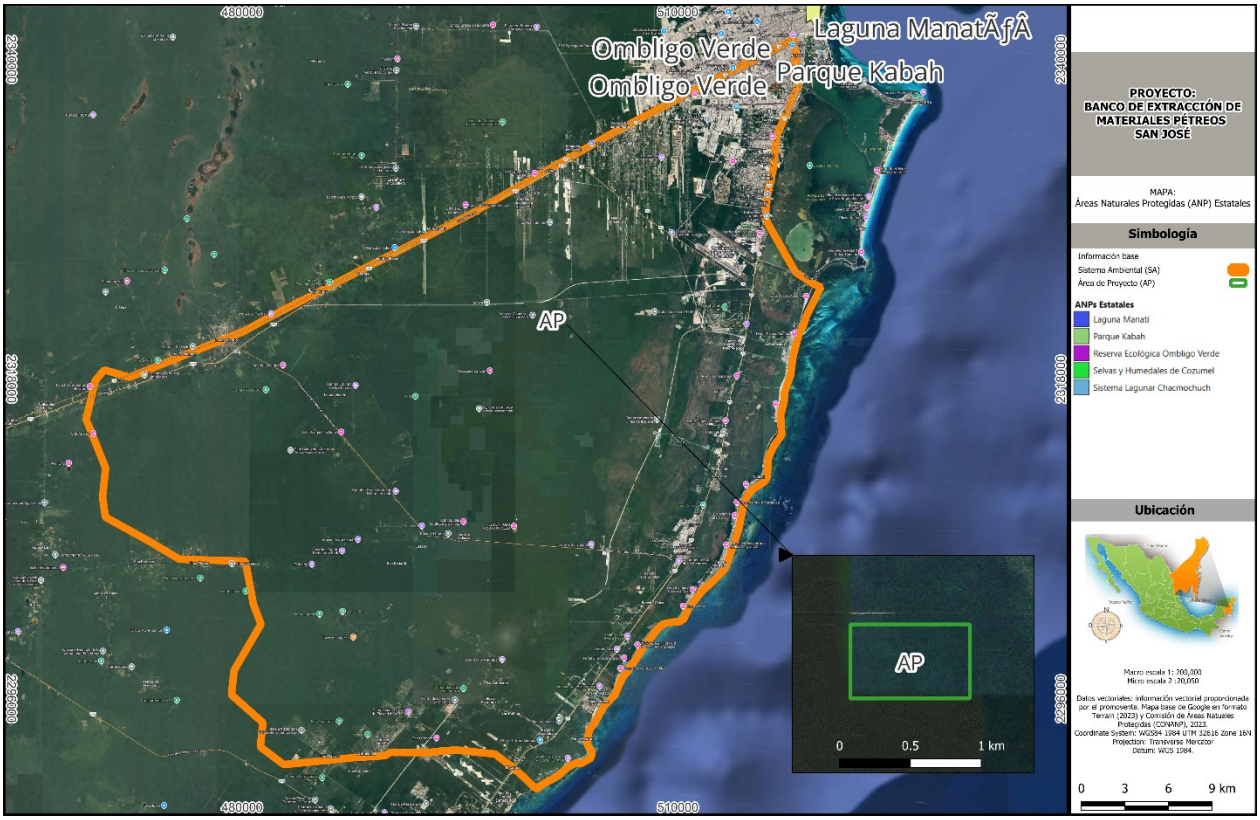


Figura 102. Áreas naturales Protegidas (ANP) con incidencia en el SA.

c.4) Manglares

El SA incide en una superficie de 48403144.7 m^2 con respecto a manglares, como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 122. Incidencia del SA respecto a Manglares.

Clase	Superficie de la geometría (m^2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
Manglar	1445522384	3.35	0.00

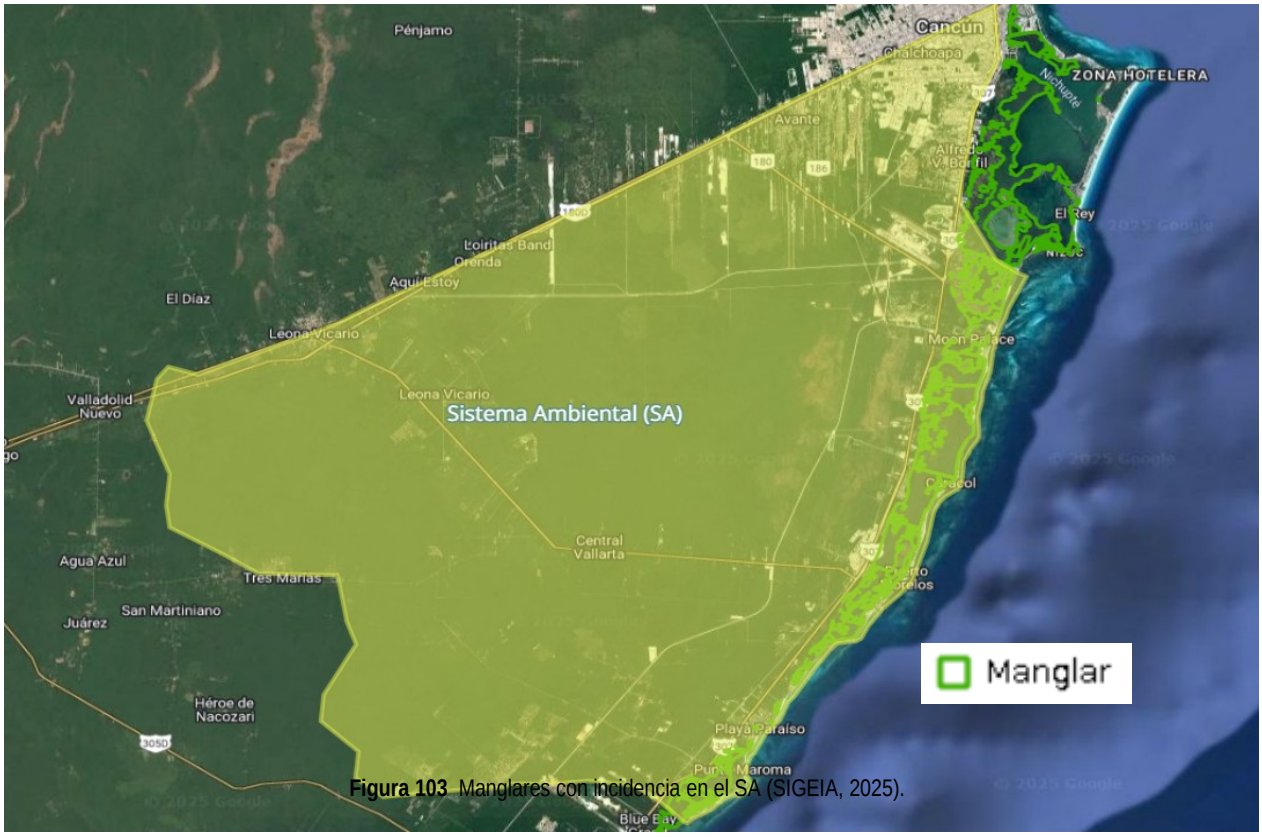


Figura 103 Manglares con incidencia en el SA (SIGEIA, 2025).

En lo que respecta a las áreas de manglar, cabe mencionar que el manglar más cercano al área del proyecto AP, se encuentra a una distancia de aproximadamente 12.5 km.

c.5) Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

Se identificaron 110 RHP en el territorio nacional, por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad.

El SA incide dentro de **la RHP-103 Contoy** y **RHP-105-Corredor Cancún-Tulum.**

Tabla 123. Incidencia del SA respecto a la RHP.

Región Hidrológica Prioritaria (RHP)	Superficie de incidencia (m^2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
103- Contoy	486841042	39.68	100.00
105- Corredor Cancún-Tulum	755599383	52.27	0.00

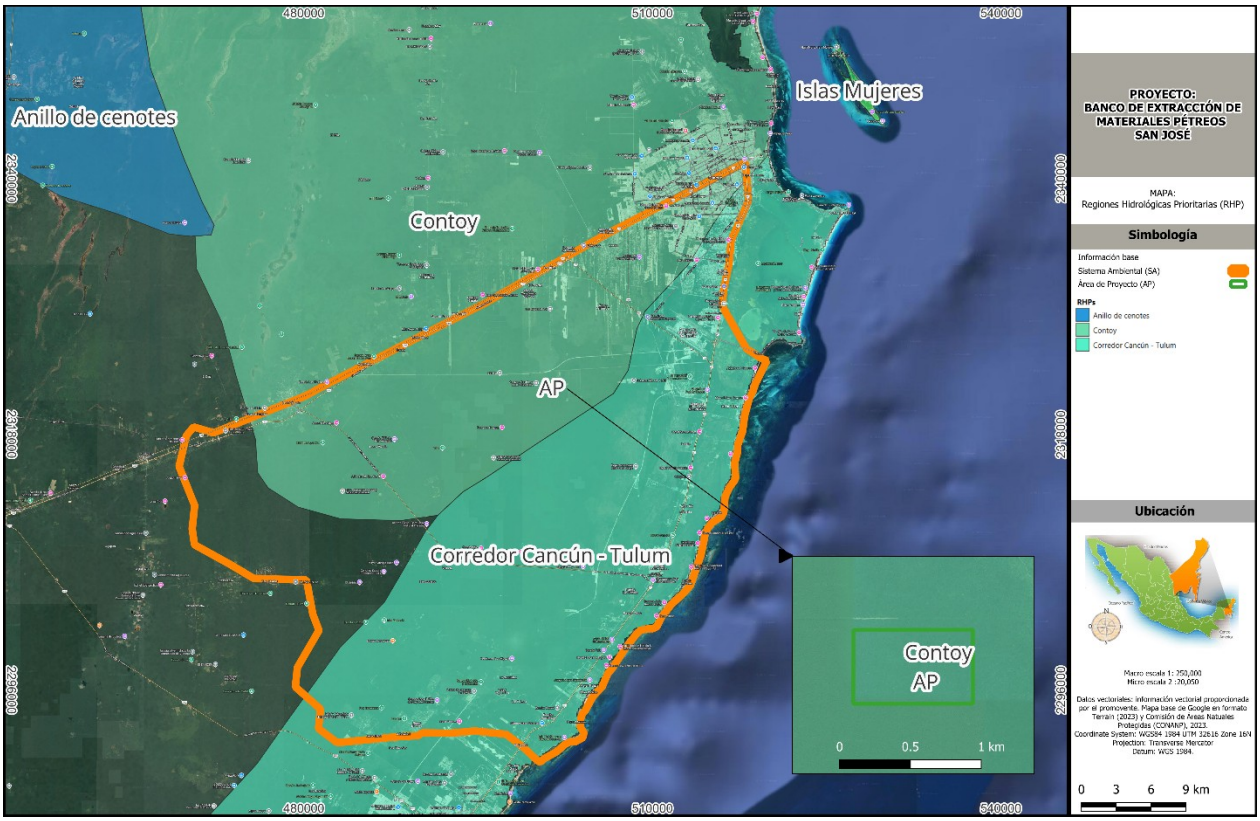


Figura 104. RHP con incidencia en el SA.

c.6) Regiones Marinas Prioritarias (RMP)

El SA incide en dos Regiones Marinas Prioritarias (RMP): “62. Dzilam-Contoy” y “63. Punta Maroma Nizuc” con una superficie de incidencia total de 335305600 m^2.

Tabla 124. Incidencia del SA respecto a RMP.

Región Marina Prioritaria	Superficie de incidencia (m^2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
62. Dzilam-Contoy	54076167.8	3.74	0.00
63. Punta Maroma-Nizuc	281229433	19.46	0.00

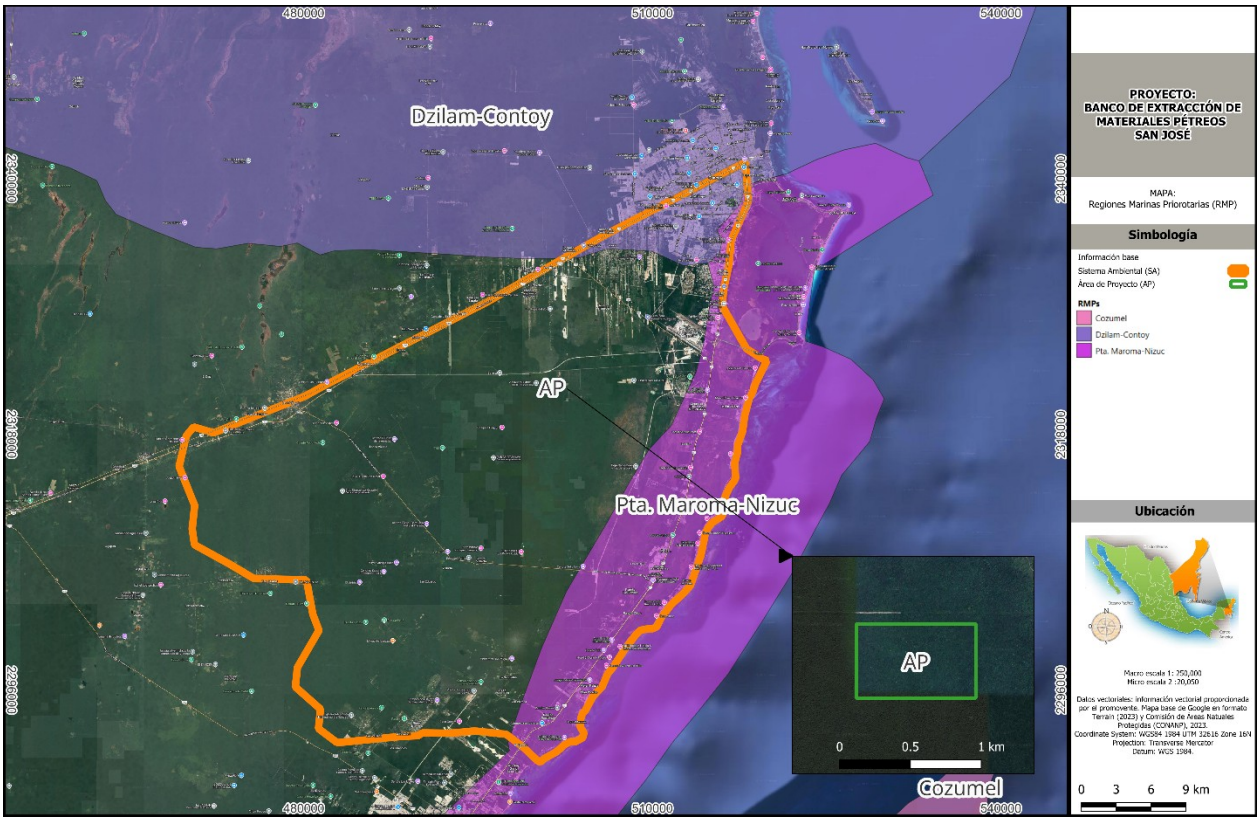


Figura 105. RMP con incidencia en el SA.

c.7) Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

No se presentó incidencia dentro del SA ni del AP de esta MIA-P.

c.8) Sitios RAMSAR

El SA incide con los siguientes sitios Ramsar: "Manglares de Nichupté" y "Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos" con una superficie de incidencia total de 11587927.1 m^2.

Tabla 125. Incidencia del SA respecto a sitios Ramsar.

Nombre del Sitio Ramsar	Superficie de incidencia (m^2)	% de ocupación dentro del SA	% de ocupación dentro del AP
Manglares de Nichupté	5855696.72	0.41	0.00
Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos	5732230.41	0.40	0.00

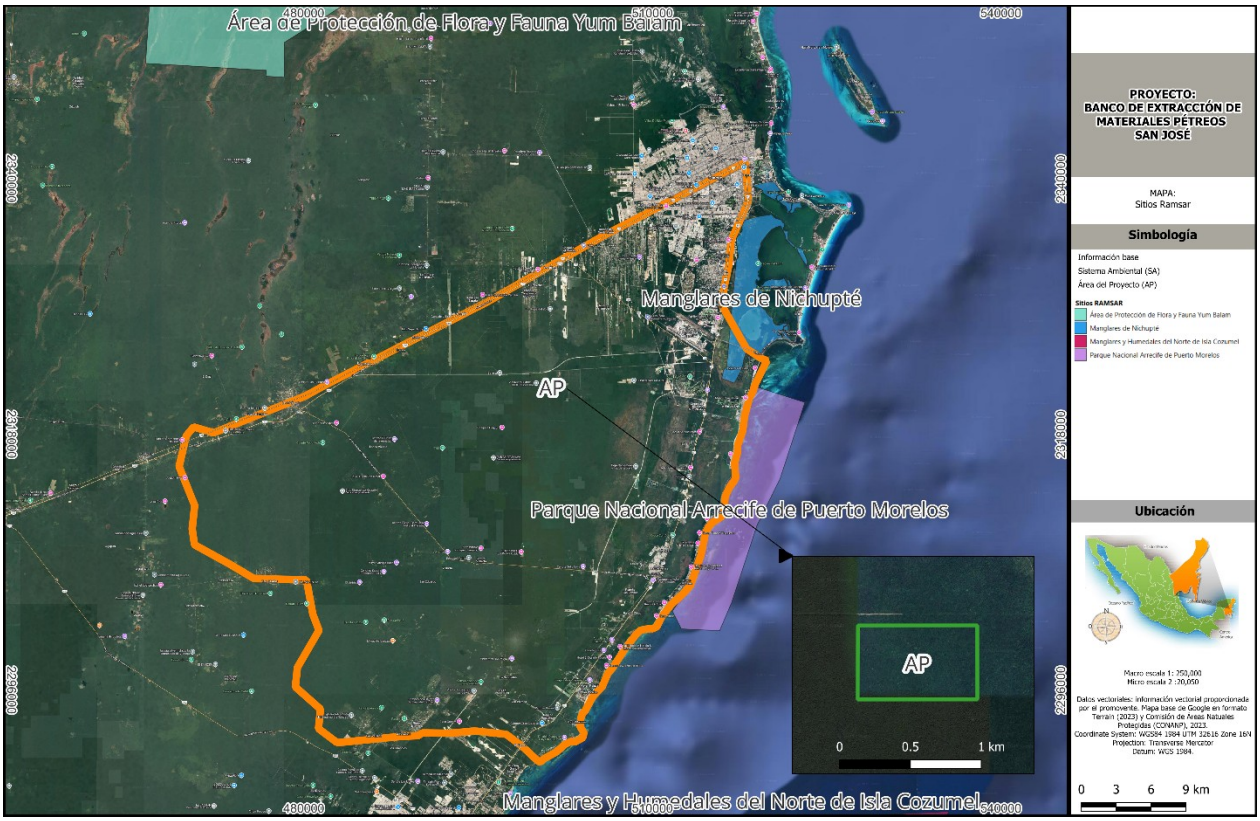


Figura 106. Sitios RAMSAR con incidencia en el SA.

c.8) Sitios RAMSAR

c.8) Sitios RAMSAR

c.8) Sitios RAMSAR

4.3. PAISAJE

El paisaje se puede entender como el espacio ya sea natural, rural o urbano que se caracteriza por su belleza o particularidad. La palabra paisaje puede ser empleada en las más diversas disciplinas de conocimiento, desde la ambiental, geográfica, hasta la arquitectura, el urbanismo y la música.

La homogeneidad de las unidades del paisaje se basa en la repetición de formas o en la combinación de algunos rasgos parecidos, no necesariamente idénticos, en un área determinada que se establecen con base en factores medibles considerados como definitorios del paisaje.

La explicación e interpretación del paisaje requiere del conocimiento de su condición ecológica y el contexto social en la región, dicho de otro modo, para el estudio de las transformaciones socio-naturales expuestas en el presente estudio ambiental sobre el paisaje del área del proyecto, se debe reconocer la composición y estructuración del ambiente actual en los componentes que conforman el SA a través del proceso histórico de ocupación humana y los usos del territorio generados.

La inclusión del componente paisaje en un estudio de impacto ambiental alcanza importancia sustantiva en aquellas áreas donde la calidad escénica pudiera alterarse de manera significativa con el desarrollo del proyecto. En este sentido el paisaje es tomado en cuenta como un componente ambiental sujeto de recibir alguna alteración de una acción u obra del proyecto, y su valoración se sustenta en dos aspectos fundamentales:

1. El concepto paisaje como elemento perceptual, aglutinador de toda una serie de características del medio físico y natural,
2. Efecto adverso o beneficio en la percepción del escenario producto del desarrollo del proyecto en su contexto determinado.

En el caso del proyecto, se tiene como principal elemento el considerar que se trata de un proyecto lineal, las dimensiones que lo conforman y los elementos antrópicos nuevos que generará en el entorno físico actual y durante la operación de este. Si bien se encontrará en medio de áreas agrícolas-urbanas y su entorno, en el corto plazo se tendrán elementos que podrían modificar favorablemente la conectividad a los caminos existentes, y la dinámica local a lo largo del trayecto que considera a los municipios dentro del SA.

Es importante señalar que el paisaje está en permanente cambio como consecuencia principalmente de procesos dinámicos antropogénicos y, en menor medida, naturales del medio biótico (evolución de la vegetación, colonización, sustitución, etc.) y del medio abiótico como son los procesos erosivos o sedimentarios, transformaciones de los cursos fluviales y otro tipo de procesos que infieren en la región, entre los que se encuentran los procesos antrópicos: roturaciones, talas, transformación de usos de suelo, instalación de infraestructuras, aperturas de vías, etc.
La descripción del paisaje encierra la dificultad de identificar y aplicar un sistema efectivo para medirlo, puesto que en los métodos propuestos en la bibliografía se presentan con componente subjetivo y de enfoque conceptual, ya sea al considerar al paisaje como ensamblaje de elementos y procesos naturales como pueden ser áreas naturales específicas (ANP, AICAS, RHP, regionalización territorial de conservación o preservación, etc.), o como el resultado de la interacción de las actividades humanas con el ambiente como las extensiones intervenidas de selva para cultivo, infraestructura, asentamientos humanos, zonas hoteleras y turísticas, etc.

El conjunto de estos elementos conforman diferente niveles de presencia antrópica, natural (física o biológica), que son determinantes en el tipo de paisaje y su visualización como escenarios percibidos con cierta calidad paisajística, con su capacidad intrínseca de soportar cambios y mantenerse, que nos indica su estado de fragilidad, así como los sitios que permiten o dan oportunidades de apreciar el paisaje desde los diferentes puntos espaciales que denotan sus atributos que le distinguen, y que son preferidos por la población como parte de su cotidianidad y cultura, por otro lado se encuentran consideradas las actividades relacionadas al sector turismo ya que la región es reconocida

por su alta belleza natural, que la diferencian de otras como destino preferente a visitar por su naturalidad dentro del SAR.

Existen diferentes metodologías, pero en su mayoría coinciden en utilizar tres componentes importantes para su análisis: **la visibilidad, la fragilidad del paisaje y la calidad paisajística**.

1. La visibilidad se entiende como el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada.

2. La fragilidad del paisaje (relacionado a la resiliencia) es la capacidad de este para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos. Los elementos que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura, y los elementos antrópicos presentes que participan del escenario.

3. La calidad paisajística incluye tres aspectos de percepción:

- Características intrínsecas del sitio,
- Calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia corta y,
- Calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto que llega al horizonte. Incluye parámetros como: intervisibilidad, altitud, formaciones vegetales, su diversidad y geomorfológicos.

Estos aspectos son importantes en el entendimiento del paisaje, pero parten de un sitio reconocible en campo, siendo algo tangible que puede ser identificado en espacio y tiempo y que pueda ser valuado su cambio en el tiempo, y de ahí su importancia en los estudios de evaluación de impacto ambiental.

El paisaje inicia en la escala humana en los primeros planos, para posteriormente reconocerse grandes áreas que conforman unidades paisajísticas a escala de parajes o topoformas. Es importante mencionar que el paisaje es parte de la experiencia humana en un espacio dado, con atributos propios culturales y estéticos.

4.3.1. Calidad paisajística

Por lo que el primer paso para analizar el paisaje es realizar el reconocimiento de unidades de paisaje a partir de espacios naturales tanto físicos como biológicos, donde la componente antrópica conforme un elemento directriz por estar asociado a la condición de apreciación estética. Además de considerar que existen paisajes que por sí solos tienen su valor, aunque no sean visitados o sean poco frecuentados por las personas para apreciarlos, es decir, tienen un valor intrínseco fuera de la percepción humana, y que por su naturalidad son importantes.

Las unidades de paisaje se construyeron a partir del análisis y sobreposición de diferentes mapas temáticos que condicionan las vistas y las unidades reconocibles que son un conjunto de características del medio abiótico, biótico y antrópico, esta regionalización se realizó a partir de los siguientes criterios:

Unidades Geomorfológicas (topoformas). Estas son la síntesis de unidades de relieve y de materiales y suelos geológicos, debido a que estas están relacionadas a la topografía pendiente y materiales sobre los cuales se establecen y procesos edáficos que soportan las comunidades de vegetación, conforma la base estructural de las unidades.

Unidades de vegetación. Los tipos de vegetación y sus diferentes estatus de conservación o de sucesión reconocibles como versiones de vegetación secundaria del tipo de vegetación principal, alimentan la capa visible al espectador, la homogeneidad, rareza, disposición y especies de los diferentes tipos de vegetación y son identificable en la carta de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI Serie VII.

Unidades de uso de suelo y actividades humanas. Un aspecto esencial para el reconocimiento de miradores o puntos de apreciación del paisaje, son los espacios que a escala humana pueden ser usados para tal fin.

Unidades de hidrología superficial. Los cuerpos de agua en muchas de sus formas ya sean ríos, arroyos, lagunas, lagos, estanques, canales, etc., son generalmente un atractivo turístico agradable a la vista, son en cierta forma sinónimos de vida. Pero en los aspectos estructurales del paisaje, son los que definen la vida y los tipos que pueden habitarlos.

Una vez definidas y caracterizadas las unidades paisajísticas (UP) visibles, para el análisis de la calidad y la fragilidad se siguió el siguiente procedimiento.

Se consideraron los atributos paisajísticos (AP) dentro del SA y la escala de calidad visual o escénica propuesta por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA 1974; citado en Canter 1998). Los atributos, se adecuaron al tipo de proyecto y área de estudio a través de **álgebra de mapas mediante el SIG QGis®.** El USDA define tres clases de variedad o de calidad escénica según los atributos biofísicos de un territorio, para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes: morfología o topografía, vegetación, fauna, hidrología, urbanización. A continuación, se presentan los calificadores y posibles clases de calidad paisajística:

Clase muy alta: valores superiores a 6.
Clase alta: valores entre 5 y 6.
Clase media: valores de 4.
Clase baja: valores de 3.
Clase muy baja: valores inferiores a 2.

Para fines del proyecto, se utilizó la siguiente nomenclatura para los atributos de paisaje, los siguientes: (AP1) morfología o topografía, (AP2) vegetación, (AP3) uso de suelo agrícola, (AP4) presencia de agua y (AP5) grado de urbanización, este último constituye un factor extrínseco, pero se consideró para determinar en qué grado el factor humano afecta las características del paisaje. De esta forma se evalúan los elementos que intervienen en la formación del paisaje, es decir, aquellos que definen su calidad visual intrínseca. La asignación de los valores a los atributos paisajísticos (AP) se hizo mediante juicios subjetivos del equipo de especialistas que elaboró el estudio de impacto ambiental, para lo cual se consideró la información que se recabó durante los recorridos de campo. Se enfatiza que la valoración de paisaje corresponde al área circundante al proyecto.

Como parte de este análisis, se generaron **5 unidades paisajísticas** conformada por **49 subunidades paisajísticas.**

Tabla 126. Clases y descripción de las unidades paisajísticas.

Nombre de la unidad paisajística	Calificador de la unidad paisajística	No. de subunidades paisajísticas	Superficie (m^2) y porcentaje de cobertura	Descripción	Área del proyecto	Área de Influencia
Plataformas terrestres conformadas principalmente por llanuras y playas asociadas a ecosistemas de humedal (manglar y tulares)	Muy alta	4	25481889.9007 (1.76 %)	Paisajes dominados por playas y llanuras asociadas a ecosistemas de humedales como manglares y tulares puesto que las condiciones de sucuesión ecológica promueven el establecimiento de otras comunidades vegetales.		
Plataformas terrestres conformadas por llanuras y playas en su mayoría asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en esta sucesional primario y secundario, y en menor medida de ecosistemas de humedal	Alta	23	1242739343.3407 (85.97 %)	Paisajes dominados por llanuras y playas asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en estado sucesional tanto primario como secundario, y en donde los ecosistemas asociados a humedales casi no están presentes.	X	X
Plataformas terrestres conformadas por llanuras, y en menor medida cuerpos de agua, asociadas a en mayor medida a vegetación secundaria y áreas desprovistas de vegetación, así como asentamientos humanos y áreas de cultivo	Media	12	27172887.5329 (1.88 %)	Paisajes dominados por llanuras y cuerpos de agua tierra adentro. Aquí se presentan ecosistemas en estado sucesional secundario, así como áreas desprovistas de vegetación, las cuales han perdido calidad paisajística y ecológica, así como asentamientos humanos y áreas de cultivo.		
Áreas de tierra continental en donde predominan las áreas de cultivo, las zonas desprovistas de vegetación y los núcleos urbanos, y en menor medida vegetación secundaria	Baja	8	150128831.0081 (10.39 %)	Paisajes altamente transformados por núcleos poblacionales y actividades relacionadas con el desarrollo humano. Imperan los paisajes con cultivos y desprovistos de vegetación, así como casas y desarrollos inmobiliarios, y en menor medida, áreas con vegetación secundaria.		
Áreas totalmente transformadas con la única presencia de asentamientos humanos y zonas de cultivo	Muy baja	2	980.8252 (0.001 %)	Paisajes en donde sólo se presentan asentamientos humanos y cultivos, los cuales no albergan a ninguna comunidad vegetal		

Tabla 127. Subunidades paisajísticas identificadas.

SUBP	Subunidad paisajística	Clase	Superficie en m^2	Superficie en %
1	Manglar	Muy alta	34091.5572	0.002
2	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a manglar	Muy alta	25376006.9	1.755
3	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a tular	Muy alta	71364.0015	0.005
4	Playa o barra inundable y salina asociada a manglar	Muy alta	427.443812	0.0001
5	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a cuerpos de agua	Alta	150406.559	0.010
6	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a manglar	Alta	20848882.7	1.442
7	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a selva mediana subperennifolia	Alta	625392057	43.264
8	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a tular	Alta	2766013.65	0.191
9	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbórea de manglar	Alta	7809200.28	0.540
10	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	Alta	236417305	16.355
11	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbustiva de manglar	Alta	1073649.35	0.074
12	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	Alta	307858345	21.297
13	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salido asociada a selva mediana subperennifolia	Alta	196616.667	0.014
14	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salido asociada a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	Alta	836356.584	0.058
15	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salido asociada a vegetación secundaria arbustiva	Alta	272138.028	0.019

SUBP	Subunidad paisajística	Clase	Superficie en m^2	Superficie en %
	de selva baja espinosa subperennifolia			
16	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salido asociada a vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	Alta	3605392.93	0.249
17	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a cuerpo de agua	Alta	115091.856	0.008
18	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a selva mediana subperennifolia	Alta	18071690.5	1.250
19	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	Alta	4112548.86	0.285
20	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	Alta	337668.622	0.023
21	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	Alta	1569589.88	0.109
22	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a tular	Alta	1585442.07	0.110
23	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	Alta	2609811.31	0.181
24	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a vegetación secundaria arbustiva de manglar	Alta	7091732.47	0.491
25	Playa o barra inundable y salina asociada a vegetación secundaria arbustiva de manglar	Alta	9556.9989	0.001
26	Vegetación secundaria arbórea de manglar	Alta	9834.30796	0.001
27	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	Alta	12.8000348	0.0001
28	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a asentamientos humanos	Baja	130023309	8.995
29	Asentamientos humanos	Media	46275.767	0.003
30	Cuerpo de agua	Media	8922327.95	0.617
31	Desprovista de vegetación	Media	8524.581	0.001
32	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a agricultura de temporal anual	Media	937201.628	0.065
33	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a pastizal cultivado	Media	5795280.76	0.401
34	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado asociada a pastizal cultivado	Media	823399.537	0.057
35	Playa o barra de piso rocoso o cementado	Media	35397.4072	0.002
36	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a asentamientos humanos	Media	10256571.3	0.710
37	Playa o barra de piso rocoso o cementado asociada a desprovista de vegetación	Media	339077.727	0.023
38	Playa o barra inundable y salina	Media	0.0967308	0.0001
39	Playa o barra inundable y salina asociada a asentamientos humanos	Media	8828.04114	0.001
40	Selva mediana subperennifolia	Media	2.76533788	0.0001
41	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado asociada a desprovisto de vegetación	Baja	19341895.1	1.338
42	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salido asociado a asentamientos humanos	Baja	506070.236	0.035
43	Llanura rocosa de piso rocoso o cementado y salino	Baja	257271.12	0.018
44	Llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado	Baja	0.77964521	0.0001
45	Vegetación secundaria arbustiva de manglar	Baja	0.67586242	0.0001
46	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	Baja	276.532856	0.0001
47	Vegetación secundaria de selva baja espinosa subperennifolia	Baja	7.40065556	0.0001
48	Asentamientos humanos	Muy baja	917.615061	0.0001
19	Pastizal cultivado	Muy baja	63.2101509	0.0001

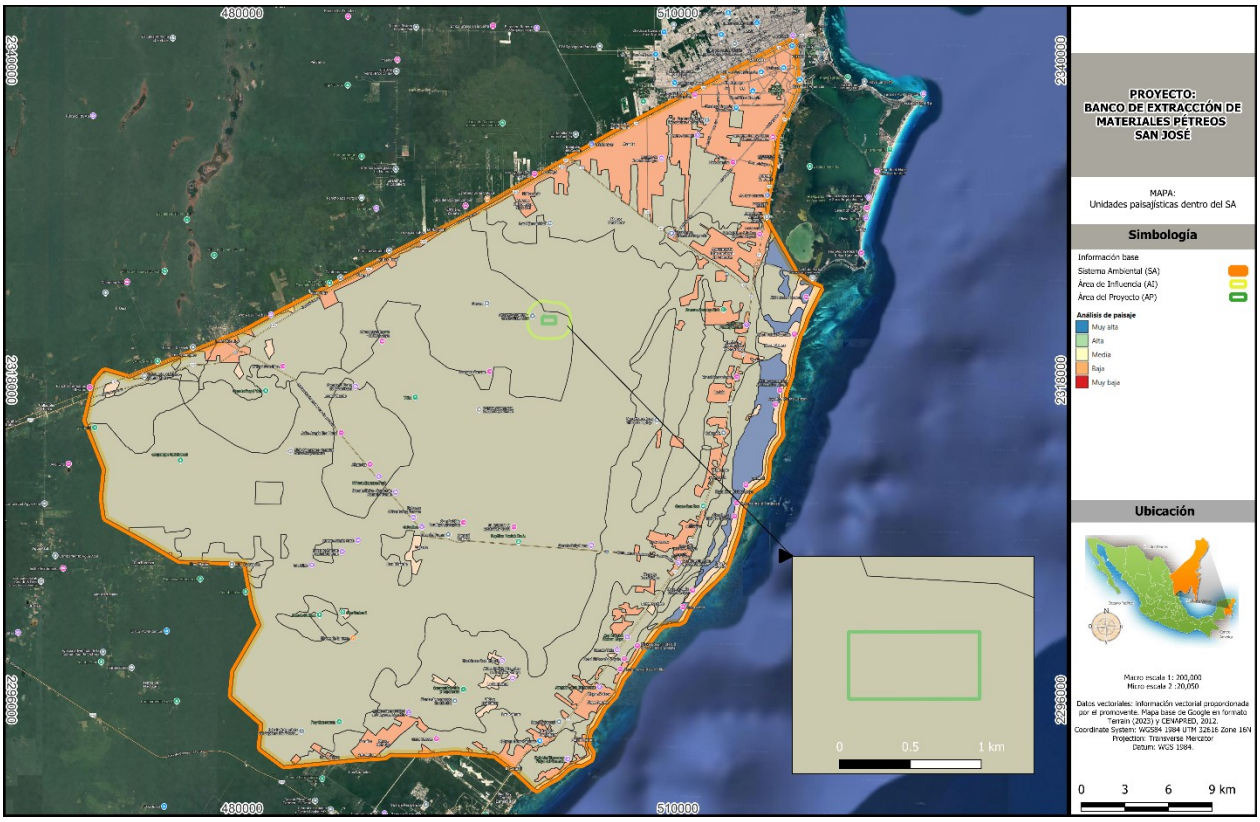


Figura 107. Calidad y unidades paisajísticas del Sistema Ambiental (SA).

4.3.2. Visibilidad

El análisis del Sistema Ambiental (SA) y la zona del proyecto se encuentra orientado a establecer las valoraciones de fragilidad considerando diversos aspectos del paisaje y los elementos que lo conforman entre el núcleo urbano de Cancún, el resto de los poblados y los ecosistemas nativos.

El impacto visual está relacionado con los cambios que sufren las posibles vistas del paisaje, y los efectos que estos cambios ejercen en las personas y los elementos naturales que conforman dicho paisaje. Este criterio se basa en el o los posibles impactos visual que pueden producir el proyecto propuesto.

La valoración depende de tres factores fundamentales:

- Los impactos directos, derivados del proyecto sobre vistas del paisaje.
- La reacción de los observadores que pudieran verse afectados.
- Impacto sobre la calidad visual, la cual puede variar desde la degradación hasta una mejora de la visión.

En el presente estudio se han analizado a lo largo de sus ocho capítulos la contaminación del entorno, la proximidad a lugares frecuentados y, la existencia de un amplio campo visual en sitios como cuerpos de agua y parches de vegetación.

La gestión sostenible del paisaje ha considerado mediante la propuesta de medidas preventivas, de mitigación y en su caso de compensación, la presentación de un proyecto que contemple el uso racional y sostenible de los recursos naturales de la región para, como se ha planteado dentro de este proyecto, aumentar el bienestar de la población procurando que mediante éste se generen recursos económicos en la región pero con la premisa de cuidar sin agotar los recursos naturales, y en especial de la región comprendida dentro del SA de este proyecto.

El paisaje como recurso natural y cuyo valor económico está más relacionado con su abundancia o escasez, más que con otros parámetros, como es el coste de su aprovechamiento. Los impactos producidos sobre el paisaje inciden principalmente sobre la calidad visual.

Las dinámicas evolutivas de los procesos se desarrollan según escalas temporales muy diferentes. La dinámica de ciclo largo se puede asimilar a una sucesión ecológica (primaria o secundaria), mientras que las dinámicas de ciclo corto están dadas por perturbaciones localizadas, tales como las transformaciones que pudieran derivarse en las escasas corrientes superficiales en la porción sur del SA y que se hacen evidentes en época de lluvias o subterráneas derivadas del trazo de un proyecto lineal, además de las que se pudieran presentar sobre el medio natural (flora y fauna), análisis que se ha llevado a cabo con y sin proyecto, con medidas preventivas y de mitigación y sin aplicación de éstas en el proyecto.

Las intervenciones antrópicas de los pobladores, turistas y en este caso de proyectos de obra y/o actividad como el que aquí se evalúa suelen derivar en cambios positivos o negativos a corto, mediano y largo plazo. Es importante señalar que las alteraciones generan por fuerza procesos de adaptación y reorganización del medio natural, en la mayor parte de los casos de ciclo largo entre las que podemos citar a la regeneración natural de la vegetación vegetal en zonas quemadas, progresiva invasión al medio natural por actividades antropogénicas legales e ilegales sobre la vegetación, materiales depositados, etc. Los procesos, tanto de ciclo largo como corto, de los medios abiótico, biótico y las intervenciones antrópicas, interrelacionan fuertemente entre sí.

El paisaje es, en definitiva, una entidad dinámica que evoluciona temporalmente como consecuencia de unos procesos naturales y unas intervenciones antrópicas o por el cese de éstas. Por ello, no ha de considerarse un fenómeno estático susceptible de ser encerrado en una imagen momentánea, sino como algo en permanente evolución. Nos permite analizar objetivos deseables tales como la conservación de la integridad funcional de los ecosistemas, la permanencia de la funcionalidad ecológica (ciclos productivos y regulativos), el control de tasas de erodabilidad (edáfica, genética y ecológica), la continuidad en la aportación de bienes y servicios ecosistémicos (agua, suelo, aire).

De esta forma, a continuación, se describe la información del área circundante a la trayectoria del Área del proyecto por medio de unidades de paisaje que representan los componentes principales del SA como: de los usos de suelo y características bióticas y abióticas, esto nos sirve de base para contar con una apreciación general de las características visibles del paisaje a afectar por la construcción de la obra y sus cambios con la construcción. La evaluación se realizó de acuerdo con la información obtenida en campo del SA y el área del proyecto, imágenes satelitales de alta resolución y el análisis multidisciplinario de los especialistas.

Bajo este contexto, se definieron un total de **5 unidades paisajísticas** dentro de **49 subunidades paisajísticas.**

- **Plataformas terrestres conformadas principalmente por llanuras y playas asociadas a ecosistemas de humedal (manglar y tulares)– Calidad Muy Alta:** Paisajes dominados por playas y llanuras asociadas a ecosistemas de humedales como manglares y tulares puesto que las condiciones de sucuesión ecológica promueven el establecimiento de otras comunidades vegetales.

  Conta de 4 subunidades que abarcan el 1.76 %, las cuales se focalizan en la parte este del SA, asociada a ecosistemas de humedal de la playa. Se destaca que el **área del proyecto (AP) ni el área de influencia (AI) no atraviesan por esta unidad paisajística.**

- **Plataformas terrestres conformadas por llanuras y playas en su mayoría asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en esta sucesional primario y secundario, y en menor medida de ecosistemas de humedal – Calidad Alta:** Paisajes dominados por llanuras y playas asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en estado sucesional tanto primario como secundario, y en donde los ecosistemas asociados a humedales casi no están presentes.

  Cuenta con 23 subunidades paisajísticas que abarcan el 85.97 % de la superficie del SA y se extienden a lo largo de todo el Sistema Ambiental debido a su gran ocupación dentro de este. Se destaca que el **área del proyecto (AP) y su área de influencia (AI) se ubican exclusivamente dentro de esta calidad paisajística.**

- **Plataformas terrestres conformadas por llanuras y playas en su mayoría asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en esta sucesional primario y secundario, y en menor medida de ecosistemas de humedal – Calidad Media:** Plataformas terrestres conformadas por llanuras, y en menor medida cuerpos de agua, asociadas a en mayor medida a vegetación secundaria y áreas desprovistas de vegetación, así como asentamientos humanos y áreas de cultivo.

  Aquí se identificaron 12 subunidades que abarcan el 1.88 % del SA, ubicadas principalmente en la parte este del SA. Se destaca que tanto el **área del proyecto (AP) como el Área de Influencia (AI) no atraviesan a esta unidad paisajística.**

- **Áreas de tierra continental en donde predominan las áreas de cultivo, las zonas desprovistas de vegetación y los núcleos urbanos, y en menor medida vegetación secundaria – Calidad Baja:** Paisajes altamente transformados por núcleos poblacionales y actividades relacionadas con el desarrollo humano. Imperan los paisajes con cultivos y desprovistos de vegetación, así como casas y desarrollos inmobiliarios, y en menor medida, áreas con vegetación secundaria.

  Se extiende principalmente en el norte del SA y en manchones coincidentes con los núcleos poblacionales a lo largo de la costa este de SA. Consta de 8 subunidades paisajísticas abarcando el 10.39 % del SA. Se destaca que tanto el **área del proyecto (AP) como el Área de Influencia (AI) no atraviesan a esta unidad paisajística.**

- **Áreas totalmente transformadas con la única presencia de asentamientos humanos y zonas de cultivo - Calidad Muy Baja:** Paisajes en donde sólo se presentan asentamientos humanos y cultivos, los cuales no albergan a ninguna comunidad vegetal

  Conta de 2 subunidades paisajísticas que representan el 0.001 % del SA, y se presenta en las áreas urbanas y zonas destinadas a la agricultura, así como sitios con alto grado de degradación. El **área del proyecto (AP) como el Área de Influencia (AI) no atraviesan a esta unidad paisajística.**

4.3.3. Fragilidad

La fragilidad ambiental o del paisaje considera la susceptibilidad del ambiente a ser afectado en su funcionamiento y/o condiciones intrínsecas por la localización y desarrollo de cualquier proyecto y sus áreas de influencia, valorando la susceptibilidad y resiliencia de las diferentes características del ambiente, por efecto de las acciones previstas en el proyecto.

Como fragilidad ambiental se entiende a la capacidad del medio para asimilar las alteraciones de un proyecto y en el componente físico está referido principalmente a la relación indirecta con la estabilidad del suelo. En ese sentido, la sensibilidad o fragilidad del espacio geográfico es determinada por la extensión, intensidad y frecuencia de procesos geomorfológicos activos que modelan el paisaje y por su potencial erosivo condicionado por las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y vegetales del medio, que propician el desarrollo de estos procesos para un determinado espacio y momento. A continuación, se clasifican las unidades paisajísticas por nivel de fragilidad en el marco del presente proyecto y factores de presión actuales que pudieran provocar y/o coadyuvar a una alteración dentro de estas.

Tabla 128. Unidades paisajísticas y su fragilidad en el marco del proyecto.

Nombre de la unidad paisajística	Calificador de la unidad paisajística	Fragilidad ante la ejecución del proyecto	Fragilidad ante otros factores de presión no relacionados con el proyecto
Plataformas terrestres conformadas principalmente por llanuras y playas asociadas a ecosistemas de humedal (manglar y tulares)	Muy alta	**BAJA.** El proyecto no ejerce presión dentro de esta unidad paisajística puesto que este no atravesará sobre ella, además de que tampoco se distribuye dentro del Área de Influencia. Se destaca que dentro de estas unidades no se prevé la afectación por la ejecución del proyecto, además de que se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico por la ejecución del mismo.	**ALTA.** La creciente expansión de actividades humanas y cercanas con un factor de presión importante para los ecosistemas frágiles como los manglares y tulares, así como las selvas en estado sucesional primario, en los cuales el cambio climático juega un papel importante puesto que dichos hábitats son muy susceptibles para ser afectados por cambio en los patrones del clima.
Plataformas terrestres conformadas por llanuras y playas en su mayoría asociadas a ecosistemas terrestres como selvas en esta sucesional primario y secundario, y en menor medida de ecosistemas de humedal	Alta	**ALTA.** El proyecto ejerce su mayor presión dentro de esta unidad paisajística puesto que puesto que se encuentra inmerso exclusivamente dentro de esta. Se destaca que estas áreas serán clave para la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación como el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, y restauración ecológica enfocada en aquellas áreas detectadas como de importancia para la restauración con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico en el marco de este proyecto.	**ALTA.** La creciente expansión de actividades humanas y cercanas con un factor de presión importante para los ecosistemas frágiles como los manglares y tulares, así como las selvas en estado sucesional primario, en los cuales el cambio climático juega un papel importante puesto que dichos hábitats son muy susceptibles para ser afectados por cambio en los patrones del clima.
Plataformas terrestres conformadas por llanuras, y en menor medida cuerpos de agua, asociadas a en mayor medida a vegetación secundaria y áreas desprovistas de vegetación, así como asentamientos humanos y áreas de cultivo	Media	**BAJA.** El proyecto ejerce una presión baja puesto que no atraviesa a esa unidad paisajística. No obstante, es en ellas donde se focalizarán la implementación de las acciones activas de rescate de flora y fauna.	**MEDIA.** El desarrollo de las actividades agropecuarias y el cambio de uso de suelo son factores de presión antes esta unidad paisajística. No obstante, se parte de esta se ubica dentro de una ANP Federal en donde las actividades están reguladas. Asimismo, estas áreas son primordiales para la implementación de acciones activas de rescate y reubicación de flora y fauna, así como de compensación ambiental.
Áreas de tierra continental en donde predominan las áreas de cultivo, las zonas desprovistas de vegetación y los núcleos urbanos, y en menor medida vegetación secundaria	Baja	**BAJA.** El proyecto no atraviesa a esta unidad paisajística. No obstante, los procesos de degradación por cambio de uso de suelo, principalmente la agricultura, ya han generado un impacto considerable sobre esta.	**BAJA.** Estas unidades paisajísticas han presentado cambio sobre sus usos de suelo originales, además de que ya hay extensiones agrícolas y poblacionales que han deteriorado el paisaje.
Áreas totalmente transformadas con la única presencia de asentamientos humanos y zonas de cultivo	Muy baja	**BAJA.** El proyecto no atraviesa a esta unidad paisajística. No obstante, los procesos de degradación por cambio de uso de suelo, principalmente la urbanización, ya han generado un impacto considerable sobre esta. Se considera que estos mismos posibles impactos no ejerzan una mayor afectación a la que existe actualmente.	**BAJA.** Estas unidades paisajísticas han presentado cambio sobre sus usos de suelo originales principalmente por el establecimiento de núcleos poblacionales, por lo que su fragilidad paisajística es baja.

4.4. MEDIO SOCIOECONÓMICO

4.1.1. Municipio de Benito Juárez (Quintana Roo)

- **Demografía**

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda 2022, el municipio de Benito Juárez tiene una población total de 19,205 habitantes, de los cuales 9,793 son hombres y 9,412 mujeres.

Tabla 129. Demografía del Municipio Benito Juárez.

Censo	No. Habitantes	Resto De Quintana Roo	Tcma (%)	Resto De Quintana Roo	Incremento Neto (No. Habitantes)	Resto De Quintana Roo
	Benito Juárez		Benito Juárez		Benito Juárez	
1970*	6,867	81,283				
1980	37,190	188,795	18.4%	8.8%	30,323	107,512
1990	176,765	316,512	16.9%	5.3%	139,575	127,717
2000	419,815	455,148	9.0%	3.7%	243,050	138,636
2010	659,311	660,174	4.6%	3.8%	239,496	205,026
2020**	911,503	946,482	3.3%	3.7%	252,192	286,308

Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal.

El fortalecimiento de la actividad turística en Cancún constituye el origen para el impulso y consolidación de la actividad en todo Quintana Roo; que en la actualidad significa con respecto a la entidad: el de mayor participación de unidades económicas turísticas (27.8%), mayor personal ocupado en la actividad turística (56.1%) y Valor Agregado Censal Bruto turístico (56.1%).

La estructura de la población en el municipio muestra una proporción de mujeres y hombres de prácticamente 1:1 (452,178 mujeres y 459,325 hombres) y en la pirámide de edades se identifican tres intervalos: una base entre 0 a 24 años; un intervalo intermedio entre 25 a 39 años; el tercero que contiene las restantes clases de mayor edad.

El primer intervalo que contiene 40.6% de la población que es la más joven y muestra un patrón piramidal irregular, donde el menor número de habitantes está en la clase de menor edad (0 – 4 años); mientras que las siguientes, que cuentan con más personas, alternan clases con más y menos pobladores.

- **Marginación y desarrollo social**

El municipio de Benito Juárez tiene un grado de marginación **Bajo**.

La población de personas que no saben leer y escribir se consideran a partir de los 8 años y de acuerdo con la información de INEGI (2020), en el municipio se tiene que 4.3% de los habitantes en esa clase de edad se encuentran en esta condición; con porcentajes más elevados fuera del CPC.

Tabla 130. Demografía del Municipio Benito Juárez.

Clase De Edad	Centro de Población	Resto del Municipio	Municipio

	Población municipal	AN	%	Población municipal	AN	%	Población municipal	AN	%
8 - 14 años	102,347	2,469	2.4%	192	15	7.8%	102,539	2,484	2.4%
15 años en adelante	687,642	12,717	1.8%	805	80	9.9%	688,447	12,797	1.9%

El analfabetismo se relaciona con las posibilidades de acceso a la educación y de acuerdo a la información censal, la población en edad preescolar que no asiste a la escuela representa 49% de la población en la clase de edad de 3 – 5 años, en la clase de edad de 6 – 11 años que corresponde a la de instrucción primaria es de 6% y de 9% en la de 12 – 14 años que corresponde a la instrucción secundaria; con porcentajes más elevados en todos los casos fuera del CPC.

- **Servicios de Salud**

La migración es uno de los tres fenómenos demográficos determinantes del volumen, composición y evolución de la población. Sus efectos se expresan en el crecimiento de la población para el total del país, para cada entidad, municipio y localidad; por lo que incide directamente en la forma en que la población se distribuye en el territorio nacional.

En el aspecto de accesibilidad universal a la salud, en el Municipio sólo 72.6% de la población cuenta con alguna afiliación a algún servicio de salud y el resto se atiende en instituciones privadas o en las instituciones de carácter público. De las instituciones de salud que conforman el sector salud gubernamental, corresponde al IMSS otorgar la mayor cobertura con 55.3% y posteriormente al Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI) CON 11.4%; siendo menos importantes el resto de las instituciones.

Tabla 131**.** Servicios de salud**.**

Atención A La Salud	Centro de Población			Resto del Municipio		Municipio	
	Población municipal	Población	%	Población	%	Población	%
Afiliada a algún servicio de salud	911,503	660,605	72.5%	717	0.079%	661,322	72.6%
Afiliada al IMSS	911,503	503,573	55.2%	248	0.027%	503,821	55.3%
Afiliada al ISSSTE	911,503	31,667	3.5%	14	0.002%	31,681	3.5%
Afiliada al ISSSTE estatal	911,503	1,032	0.1%	4	0.000%	1,036	0.1%
Afiliada a PEMEX, DEFENSA o MARINA	911,503	1,867	0.2%	2	0.000%	1,869	0.2%
Afiliada al Instituto de Salud para el Bienestar	911,503	103,767	11.4%	432	0.047%	104,199	11.4%
Afiliada al IMSS Bienestar	911,503	3,513	0.4%	0	0.000%	3,513	0.4%
Afiliada a institución privada	911,503	19,742	2.2%	11	0.001%	19,753	2.2%
Afiliada a servicios de salud en otra institución	911,503	4,763	0.5%	9	0.001%	4,772	0.5%

- **Características económicas de la Población**

La población económicamente activa (PEA) se conforma por personas desde 12 años que tienen capacidad de trabajar y asciende al 68.8% de los habitantes que están en esa clase de edad, siendo más los hombres que las mujeres; mientras que la población ocupada (PO) es de 98.2% de la PEA donde también se observa una mayor participación masculina. Esta información indica que en la localidad existe oferta de empleo ya que sólo 1.8% de la PEA no cuenta con ocupación laboral.

Tabla 132. Estructura económica de la población en el Municipio de Benito Juárez.

Parámetros Económicos	Centro de Población			Resto del Municipio		Municipio	
	Población municipal 12 años en adelante	Población	%	Población	%	Población	%
Población Económicamente Activa (PEA)	730,670	501,939	68.7%	583	0.1%	502,522	68.8%
PEA femenina	730,670	203,813	27.9%	183	0.0%	203,996	27.9%
PEA masculina	730,670	298,126	40.8%	400	0.1%	298,526	40.9%
Población no Económicamente Activa (PNEA)	730,670	226,475	31.0%	294	0.0%	226,769	31.0%
PNEA Femenina	730,670	158,761	21.7%	227	0.0%	158,988	21.8%
PNEA Masculina	730,670	67,714	9.3%	67	0.0%	67,781	9.3%
Población Ocupada (PO)	502,522*	492,771	98.1%	573	0.1%	493,344	98.2%
PO Femenina	203,996*	200,799	98.4%	182	0.1%	200,981	98.5%
PO Masculina	298,526*	291,972	97.8%	391	0.1%	292,363	97.9%
Población Desocupada (PD)	502,522*	9,168	1.8%	10	0.0%	9,178	1.8%
PD Femenina	203,996*	3,014	1.5%	1	0.0%	3,015	1.5%
PD Masculina	298,526*	6,154	2.1%	9	0.0%	6,163	2.1%

- **Consideraciones finales**

La información sociodemográfica anterior permite llegar a las siguientes consideraciones:

- La estructura de la población descansa en los adultos en etapa productiva, con una baja proporción de la clase de edad más joven y una proporción creciente de pobladores que pertenecen a las clases de mayor edad.

- El porcentaje de etnicidad es casi 9% de la población, predominando la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español.

- La población con discapacidad o disminución de capacidad se asocia a la estructura de edades de la población, ya que las mayores proporciones corresponde a las categorías motora y visual que se asocian a una condición de mayor edad.

- La condición de analfabetismo es ligeramente superior al 4% de la población y su mayor porcentaje está en la población de 8 a 14 años; que se asocia a personas de elevada marginación.

- El acceso a la educación básica indica casi la mitad de la población infantil no accede a la educación preescolar; porcentaje que se reduce significativamente en la educación primaria y secundaria. En el caso de la educación media y superior se observa una disminución significativa de asistentes a las escuelas, que se asocia al abandono de estudios para participar en el mercado laboral.

- La institución de salud que brinda la mayor cobertura es el IMSS seguido del INSABI que atiende a la mayor parte de la población que cuenta con servicios institucionales. Sin embargo, existe una población superior a 25% que no cuenta con servicios de salud y se asocia a la población carente de empleos o actividad laboral que cuenten con dicha prestación.

- La PEA resulta significativa debido a la estructura de edades de la población y es importante la participación femenina que significa las dos quintas partes del total. La Población Ocupada representa casi 70% de la PEA y en ella existe son similares los porcentajes de participación femenina y masculina. En ambos casos, resulta importante la participación del trabajo femenino en la economía de Cancún.

4.5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En los apartados anteriores se describieron diferentes rasgos distintivos del Sistema Ambiental (SA) del proyecto que permiten caracterizarlo y con ello, definir el contexto en el que se insertará el proyecto. A partir de esa caracterización se define a continuación, la situación actual del SA:

El SA del presente proyecto tiene una superficie de 144,552.2384 ha. Se ubica dentro de la Provincia Península de Yucatán dentro de la provincia de Carso Yucateco. El análisis del presente proyecto en el contexto dentro del Sistema Ambiental (SA), es de resaltar que a pesar de que se pudieran presentar impactos ambientales para su ejecución, brindará una gran cantidad de bienes y externalidades positivas que promoverán el desarrollo socioeconómico dentro de las poblaciones dentro del sistema. No obstante, es imperativo realizar un diagnóstico

ambiental sobre los componentes que fueron analizados en el marco de este proyecto. A continuación, se presentan los componentes bióticos y abióticos analizados en numerales anteriores.

- **Clima y fenómenos meteorológicos**

Los climas dominantes dentro del SA son **cálidos subhúmedos** de los tipos $Aw_1(x')$ y $Aw_0(x')$, los cuales se caracterizan por presentar una temperatura media anual de entre 22.0°C y 26.0°C, y una temperatura media del mes más frío mayor de 18.0°C. Con base en la información meteorológica histórica, la temperatura media anual misma que corresponde a 27.6°C que a lo largo del año puede incrementar a un máximo de 29.9°C en junio y disminuir a 24.4°C en enero. El mes con menor precipitación media promedio de es el mes de marzo con 38.7 mm, el mes con mayor precipitación es octubre con 277.1 mm, la precipitación anual es de 1,317.3 mm durante todo el año.

Por otra parte, se detectaron riesgos climatológicos y eventos extremos en donde se calificó riesgo bajo y peligro alto por sequía, riesgo y peligro muy bajo por bajas temperaturas (heladas), riesgo muy alto y peligro alto por ciclones tropicales, riesgo bajo y peligro muy bajo por tormentas eléctricas, así como vulnerabilidad de primer nivel dentro del sistema ambiental.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: El clima como factor dentro del SA ha sido promotor de los ecosistemas que actualmente se presentan, principalmente en lo que refiere a las selvas medianas, además de que estas mismas condiciones han promovido el establecimiento de agricultura en su mayoría de temporal y el establecimiento de núcleos poblacionales. No obstante, a pesar de que actualmente los patrones climáticos pueden calificarse como estables, los riesgos y peligros que se identificaron son atenuados por la presencia de las selvas y humedales.

Es por eso por lo que, al mediano y largo plazo, se pudiera provocar un desequilibrio climático por las tasas de cambio de uso de suelo en las que se reemplazan los ecosistemas originales por asentamientos humanos y agricultura, perdiendo su función reguladora del clima, haciendo más tangible los incrementos en la temperatura y cambios negativos en los ciclos hidrológicos, así como los efectos proyectores que ofrecen ante los ciclones tropicales.

Tendencia dentro del SA: Debido al cambio de uso de suelo, específicamente por la pérdida de los ecosistemas originales, provocará que los patrones climatológicos actuales remarquen el incremento de la temperatura e irregularicen los ciclos hidrológicos, además de que los riesgos y peligros por eventos extremos presenten un mayor impacto.

Tendencias por la ejecución del proyecto: El presente proyecto requerirá el desmonte y despalme de 44.1027 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) en donde los ecosistemas originales se encuentran en un estado secundario por la presión agrícola y humano, por lo que se prevé que su ejecución pudiera acelerar los patrones de cambio negativo dentro del SA. Por ello, al implementarse medidas de prevención, mitigación y compensación, específicamente al reestablecer una cobertura forestal a través de una reforestación, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre los patrones climáticos** puesto que se establecerán medidas de compensación como la reubicación de flora silvestre y la reforestación**.**

- **Geología y geomorfología**

Este SA se establece sobre la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán y la subprovincia de Carso Yucateco, por lo que la mayoría de su superficie corresponde a superficies planas, en donde la topoforma con mayor ocupación porcentual de superficie es la llanura rocosa de piso rocoso o cementado con un 93.57 %, y seguida de la llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado con una ocupación del 1.75 %. La mayor parte de la geología dentro del SA tiene su origen del material geológico proviene de origen caliza sedimentaria del tipo Ts(cz) con un 66.50 %, seguida de origen sedimentaria del tipo Tpl(cz) con un 19.41 % en donde el aporte geológico proviene del cenozoico.

Respecto a los riesgos geológicos, uno de los principales rasgos estructurales identificados son sistemas de fracturamiento (5 fracturas o fallas) ubicadas en la parte sur del SA, además de 4 dolinas en la parte este de éste. Sobre el riesgo de hundimiento, de acuerdo con el SIGEIA, se cuenta con una superficie al este que corresponde al 2.98 % y que se cataloga como con "riesgo por colapso o asentamiento superficial del terreno". Referente al riesgo por subsidencia, dentro del SA se identificaron 4 zonas de riesgo concentradas en la parte noreste asociadas a los asentamientos humanos, así como 4 zonas de riesgo por agrietamiento agrupadas también de hacia la parte noreste. Por último, el riesgo por disolución kárstica en su mayoría corresponde a entre bajo y muy bajo.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: Si bien dentro del SA, en general las actividades antrópicos y naturales no suelen modificar su geomorfología ya que, en esencia, es plana, se presenta una serie de riesgos asociados a la karstisidad de la zona puesto que los hundimientos, las subsidencias y los agrietamientos están presentes y han sido detectados por la CENAPRED a lo largo de su extensión. Además, este SA incide sobre áreas de peligro por karstisidad. Relacionado a ello, se detectaron múltiples fracturas focalizadas principalmente en la parte sur del SA.

En el contexto de este proyecto, si bien se solicita una superficie de CUSTF de 44.1027 ha, dichas acciones se enfocarán al desmonte y despalme sin modificar la topografía del lugar, además de que conforme a los riesgos mencionados el AP no se establece en zonas de riesgo, y respecto a la karstisidad se ubica en zona de peligro bajo. Asimismo, su ejecución será supervisado de tal manera que se ejecuten de manera efectiva las medidas de prevención adecuados y así **no provocará un incremento en la problemática asociada a la karstisidad ni sobre geomorfología del SA.**

Tendencia dentro del SA: Se determinó que el riesgo y peligro kárstico, los hundimientos, las subsidencias y los agrietamientos están directamente relacionados con el incremente de los asentamientos humanos puesto que la construcción de casas, edificios y otras infraestructuras sobre una superficie reducida son promotores del incremento de este tipo de accidentes geológicos. Por ello, al incrementar estos núcleos, al media y largo plazo los riesgos serán mayores.

Tendencias por la ejecución del proyecto: El presente proyecto se establecerá en una superficie que no incide en zonas de riesgo por hundimiento, agrietamiento ni subsidencias, además de que las actividades de éste no provocarán un colapso de las estructuras kársticas (a pesar de que el riesgo es bajo) puesto que se implementarán las medidas de prevención desarrolladas dentro del capítulo VI. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre los riesgos y peligros asociados a la karstisidad ni afectará a las estructuras de esta naturaleza, ni tampoco a la geomorfología del SA.**

- **Suelo**

En el área de la SA se establecen 4 unidades de tipos de suelo que en orden de porcentaje de ocupación encontramos que el Leptosol (LP) fue el más extendido con un 88.04 %, seguido del Arenosol (AR) con un 11.82 %, el Luvisol (LV) con un 10.94 %, el Solonchak (SC) con un 8.17 %, el Hiptosol (HS) con un 4.20 %, el Solonchak (SC) con un 9.16 %, el Histosol (HS) con un 0.37 % y finalmente, el Arenosol (AR) con valores menores a 0.66 %. Por otro lado, el 0.92 % de la superficie del SA no presentó suelo puesto que correspondió a mar.

Respecto a la degradación de su suelo, se determinó que los procesos de degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica (0.19 %) suelen ser calificados como ligeros a razón de las actividades agrícolas y tanto la deforestación como la remoción de la vegetación, y extremos aquellos considerados de degradación física por pérdida de la función productiva (1.38 %) por el establecimiento de núcleos humanos con sellamiento del suelo. No obstante, estos alcanzan apenas un porcentaje de cobertura del 1.57 %, por lo que esto nos indica que la degradación del suelo dentro del SA es de ligera a extrema, pero de poca extensión. Mientras que,

para la erosión del suelo, se determinó que el tipo de erosión es laminar que fue de grado leve abarcando un ínfimo porcentaje del 0.04 %.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: Con base en lo anterior, si bien los procesos actuales de degradación y erosión del suelo del SA son considerados ligeros y de poca preocupación, se identificó que los principales factores que provocan su deterioro son la pérdida de cobertura vegetal para el establecimiento de áreas agrícolas y asentamientos humanos, los cuales están en constante expansión. En ese sentido, se destaca que este proyecto si bien requerirá el desmonte y despalme del suelo en donde pudiera quedar expuesto a los procesos erosivos dentro del SA, se implementarán medidas de mitigación y compensación como el establecimiento de una reforestación que ayudará a la recuperación del componente suelo de algún sitio que requiera acciones de restauración asistida. Por ello, **este proyecto no provocará ni incrementará la problemática asociada a la pérdida y erosión del suelo.**

Tendencia dentro del SA: Estos resultados nos indican que dentro de este SA en realidad no se presenta un estado de degradación y erosión del suelo que represente un riesgo para un desequilibrio ecológico futuro. Sin embargo, sin una buena planeación territorial en donde no se restrinja la frontera agrícola y de asentamientos humanos, en un mediano y largo plazo los suelos de este SA pudieran quedar desnudos o ser sometidos a procesos que provoquen la pérdida de la cobertura orgánica y cambio de su estructura, resultando en una degradación y erosión futura.

Tendencias por la ejecución del proyecto: El presente proyecto requerirá el desmonte y despalme del suelo en una superficie de 44.1027 ha en donde pudiera quedar expuesto a los procesos erosivos dentro del SA. No obstante, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación enfocadas en la protección del suelo. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre los procesos de degradación y erosión del suelo.**

- **Agua**

El SA del proyecto se ubica en la Región Hidrológica No. 32 Yucatán-Norte (RH32), dentro de la Cuenca A Quintana Roo y Cuenca B Yucatán, subcuenca Menda y en las microcuencas tanto Cancún como Joaquín Zetina Gasca. En cuanto a corrientes intermitentes, no se identificaron arroyos ni ríos, pero sí 5 cuerpos de agua superficiales (arrecifes y bajos con un 0.89 % de incidencia, un cenote con un 0.004 %, un claro con un 0.02 %, un cuerpo de agua permanente con un 0.02 % y una zona sujeta a inundación con un 4.71 %, que en su conjunto acumulan alrededor de un 6 %). Este SA se inserta en el acuífero Península de Yucatán que comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y el estado de Campeche exceptuando el municipio de Palizada, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 18 de mayo de 1998 y modificado el 18 de enero de 1999, en los cuales se listan los municipios de la circunscripción territorial de la Gerencia Regional de la Península de Yucatán, lo que le asigna una superficie total de 139,451.30 km^2. Cuenta con una recarga total de 14,931.8 (hm^3/año) con una descarga anual comprometida DNC de 7,686.8 (hm^3/año), presentado un Volumen de extracción de aguas subterráneas VEAS 5,185.36 (hm^3/año), teniendo una Disponibilidad media anual de agua subterránea positiva DMA de 2,059.63 (hm^3/año).

Respecto a eventos extremos por inundaciones, el riesgo varía de muy bajo en la mayoría de la extensión del SA a muy alto en una pequeña fracción, mientras que el peligro oscila entre alto y muy alto. Referente a la calidad del agua superficial, los parámetros sobre demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales se califican como aceptables y excelentes, respectivamente, por lo que se considera en el semáforo verde que indica que no está contaminada. Una situación similar se presentó para el agua subterránea que indicaron que los sólidos disueltos totales para riego y dureza señalaron que el agua se encuentra en semáforo amarillo con contaminación específicamente por alcalinidad por la naturaleza kárstica misma del SA y no por procesos antrópicos como la agricultura o por aguas sanitarias o industriales.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: Fue tangible que, dentro de la dinámica hidrológica dentro del SA, existe un riesgo y peligro por inundaciones, en donde los ecosistemas originales fungen como los principales puntos

de sumidero para su infiltración. Asimismo, han sido fundamentales para mantener en buena calidad el agua superficial y subterránea. No obstante, el cambio de uso de suelo para el establecimiento de asentamientos humanos, agricultura e industria son promotores para interrumpir los patrones de infiltración e incrementar de manera desfavorable los parámetros que indican contaminación.

El presente proyecto, como se ha mencionado antes, consiste en el desmonte y despalme de 44.1027 ha de VSA/SMQ, por lo que se identificó que su ejecución podría repercutir en la hidrología del SA, por lo que implementarán medidas de mitigación y compensación como el establecimiento de una reforestación y obras de conservación de suelo que promuevan y recuperen la infiltración del suelo. Por ello, **este proyecto no provocará ni incrementará la problemática asociada a la interrupción de los ciclos hidrológicos ni inundaciones.**

Tendencia dentro del SA: Con base en los análisis expuestos, el SA es una zona con riesgo y peligro de inundación derivado de los ciclos hidrológicos y la naturaleza plana de este sistema, por lo que las asociaciones vegetales como infiltradoras del agua son fundamentales para disminuir los daños provocados por las mismas. Por ello, el aumento del cambio de uso de suelo para establecimiento de núcleos urbanos y agricultura promoverán el aumento y peligrosidad de las inundaciones. Asimismo, si en la actualidad se considera como buena la calidad del agua, el aumento de las aguas sanitarias, industriales y contaminadas por agroquímicos se podrían convertir en promotores de un aumento de la contaminación y pérdida de la calidad del agua.

Tendencias por la ejecución del proyecto: El presente proyecto consiste en el desmonte y despalme de 44.1027 ha de VSA/SMQ que podría que interrumpir los flujos hidrológicos ya modificados y calidad del agua. Adicionalmente, se destaca que se implementarán medidas prevención para evitar una contaminación del agua, así como el establecimiento de una reforestación y obras de conservación de suelo que promoverán la infiltración de agua de las zonas de inundación que inciden dentro del AP y en la interfaz del SA. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre la contaminación del agua superficial ni subterránea, así como en los patrones del flujo del agua e inundaciones.**

- **Aire**

Los vientos predominantes provienen del sur al norte entre los 130 y 175o (en casi el 70 % de la dirección de los vientos) con una velocidad predominante de 11.4 a 17.1 km/h, y con vientos secundarios en dirección de los 100 o con menos del 10 % de total de los vientos, y con velocidades similares a las antes expuestas. No se identificó una presencia significante de vientos que provengan del norte, por lo que se asume que el movimiento del aire proviene principalmente de mar a la zona continental.

Por ello, conforme al desplazamiento de los vientos graficados dentro del apartado anterior, se observa que los aquellos predominantes provienen del sur, por lo que su dispersión dentro del SA correría de sur a norte, depositándose principalmente en los grandes sumideros de carbono que son las selvas medianas subperennifolias dentro del SA. Es por ello por lo que, puede considerarse que la calidad del aire es relativamente BUENA por los grandes sumideros de carbono representados por las grandes extensiones de vegetación.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: En el caso de este componente, la velocidad de los vientos no se encuentra asociada a procesos de deterioro dentro del SA puesto que estos no son muy fuertes lo cual es congruente con que no se presente erosión eólica, además de que las grandes coberturas vegetales ayudar a cubrir el suelo y evitar la disgregación de las partículas del suelo. Por otra parte, se identificó que dentro de los contaminantes como PM10, PM2.5, SO2, CO, NOX, COV, NH3 y CH4 teniendo como principales fuentes de emisión la industria de los alimentos y bebidas, la quema de los residuos de la caña del ingenio azucarero, el manejo y distribución de combustibles, así como el empleo desmedido de solventes y productos domésticos, los cuales ya sea por quema o volatilización, se integran a la atmósfera dando origen a los contaminantes. Cabe resaltar que, en específico para los COVs, estos si bien parte tiene su origen a través de las fuentes antes expuestas, estos también son generados a partir de los metabolitos secundarios y compuestos volátiles de los macizos forestales y vegetación presente, y que su vez, gracias a estas grandes extensiones, también fungen que sumideros para su captura (y del

resto de contaminantes) quedando atrapados en sus estructuras leñosas. No obstante, el presente proyecto no se encuentra involucrado en procesos que liberen de manera significativa contaminantes. Por ello, **este proyecto no provocará ni incrementará la problemática asociada a los contaminantes de la atmósfera.**

Tendencia dentro del SA: La contaminación del aire no es un problema que actualmente sea de relevancia puesto que la concentración de los contaminantes no ha generado una problemática a la salud y los ecosistemas. No obstante, la pérdida de cobertura vegetal que funge como sumidero y captura de los contaminantes, por lo que la tendencia al mediano y largo plazo del cambio de uso de suelo podría acelerar la concentración de estos contaminantes, además de que el establecimiento de más núcleos urbanos, industrias y áreas agrícolas aportarían una mayor liberación de estos mismos a la atmósfera.

Tendencias por la ejecución del proyecto: En el marco de este proyecto se emplearán fuentes móviles que tendrán un correcto mantenimiento y revisión previo a su operación, además de que funcionarán bajo los límites permisibles que establece la normatividad vigente, esto como medida de prevención de la liberación de contaminantes. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre la contaminación de la atmósfera.**

- **Flora y vegetación**

Dentro del SA, se determinó que el uso de suelo principal del suelo corresponde al Tipo Ecológico-Florístico-Fisonómico y el uso de suelo y vegetación de selva mediana subperennifolia (SMQ) con un 44.53 %, seguido de la vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ) con un 21.83 % y la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) con un 16.70 %. En tanto, ecosistemas de alta relevancia ecológica como los manglares (VM) y los tulares (VT) ocuparon muy poca superficie dentro del SA con 3.20 y 0.31 %, respectivamente.

Para el caso del AP, el tipo de uso fue Ecológico-Florístico-Fisonómico y del uso de suelo correspondió sólo a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) en su totalidad (100.00 % de ocupación), lo cual fue corroborado a través de los recorridos en campo y los muestreos biológicos.

Dentro de la flora potencial, se registraron un total de 1079 especies distribuidas en 130 familias y 603 géneros, resultando en 114 especies exóticas, 1 criptogénica y 964 nativas, de las cuales 44 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 68 especies en apéndices CITES, todas dentro de la categoría del apéndice II.

Por otro lado, dentro de IUCN se registraron un total de 470 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo, siendo estas: sin Datos insuficientes (DD) con 7 registros; Preocupación menor (LC) con 427; Casi Amenazada (NT) con 9 especies; Vulnerable (V) con 15, en Peligro (EN) con 11 siendo *Bakeridesia yucatana, Citharexylum crassifolium, Damburneya leucocome, Esenbeckia berlandieri, Esenbeckia berlandieri berlandieri, Jatropha galvanii, Mosiera contrerasii, Sarcomphalus yucatanensis, Swietenia macrophylla, Vanilla insignis* y *Vanilla planifolia*; y finalmente en Peligro Crítico (CR) con 1 especie: *Guettarda elliptica*. Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 26 especies en alguna categoría de riesgo.

A través de los muestreos biológicos del SA, se registraron un total de 61 especies y 58 géneros pertenecientes a 33 familias botánicas, en ellas se pueden diferenciar las cinco formas de vida las cuales se presentan en la siguiente figura. Por estrato, la riqueza de los árboles fue de 39 especies, de los arbustos fue de 7 spp., de las epífitas y/o cactáceas fue de 7 spp., de las palmas fue de 2 spp. y de las hierbas fue de 6 spp. De acuerdo con la NOM-059-

SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, se registró únicamente 1 especies en la categoría de Amenazada (A): *Thrinax radiata*; en lo que respecta al CITES se encontraron 4 especies en el apéndice II de esta lista (*Catasetum integerrimum, Rhyncholaelia digbyana, Trichocentrum ascendens y Trichocentrum oerstedii*). Para la lista roja de la IUCN 50 especies se encuentran en preocupación menor (LC).

Para los muestreos efectuados dentro del AP, se registraron 42 especies pertenecientes a 27 familias botánicas y 41 géneros. De estas especies 29 pertenecen a la forma de vida arbórea, 6 especies a la forma de vida arbustiva, 3 especies a la forma de vida Epifito y/o Cactáceas, y 4 especies de la forma de vida herbácea las cuales se presentan en las siguientes figuras. Se destaca que para este AP no se registraron especies de la forma de vida de palmas. Es importante mencionar que, del total de especies, ninguna es endémica según (CONABIO, 2024), 41 especies son nativas y 1 es exótica-invasora; donde se pueden diferenciar cuatro formas de vida (Arbóreo, Arbustivo, Epifito y/o Cactáceas y Herbáceo) que fueron las registradas en campo. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, no se registró ninguna especie con estatus de protección. Para el CITES se registraron dos especies que se encuentran en el apéndice II (*Catasetum integerrimum* y *Trichocentrum oerstedii*); mientras que, para el IUCN, se registraron *37* especies enlistadas en categoría de preocupación menor (LC).

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: El cambio de uso de suelo es uno de los principales motores de deterioro en donde los ecosistemas originales que albergan a la flora. En ese sentido, dentro del SA, si bien aún se conservan grandes extensiones de selvas y humedales, el reemplazo de estos por núcleos humanos, agricultura e industria son el mayor peligro para la permanencia de los ecosistemas. Asimismo, el delicado equilibrio que presentan las especies de flora asociadas al agua dulce de los cuerpos superficiales presenta una tendencia hacia el deterioro por el mismo cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Tendencia dentro del SA: La pérdida de ecosistemas terrestres en donde se reemplaza a la cobertura de selvas y humedales por núcleos humanos, áreas agrícolas e industriales, aparentemente no se ha consolidado como un problema al corto plazo dentro de este SA. Sin embargo, la industrial, los asentamientos humanos, así como otro tipo de obras e infraestructuras son un factor de cambio sobre los ecosistemas originales, a pesar de que se presenten dentro de ordenamientos con políticas públicas que pudieran protegerlos sobre los cambios de uso de suelo mismos.

Tendencias por la ejecución del proyecto: En el marco de este proyecto, como se ha comentado antes, el presente proyecto consiste en el desmonte y despalme del 44.1027 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) por lo que se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación, que en este caso la ejecución del *Programa de Rescate y Reubicación de flora y el Programa de Compensación Ambiental* serán las medidas principales para no provocar un desequilibrio ecológico en el componente flora y vegetación. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA a la pérdida de cobertura vegetal, de la riqueza y abundancia de flora.**

- **Fauna**

Con base en los registros históricos del periodo comprendido entre 1991 y 2023 (32 años de registro), se determinó la presencia potencial de 701 especies distribuidas en 128 familias y 383 géneros, resultando en 13 especies exóticas y 688 nativas, de las cuales 21 son endémicas, 16 cuasiendémicas y 2 semiendémicas. Por otro lado, gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 108 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 20 especies se encuentran dentro en apéndice III, 81 en el apéndice II y solamente 7 en el apéndice I.

Dentro de IUCN se registraron un total de 654 especies bajo alguna categoría de riesgo de este organismo, donde 609 se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 28 como Casi amenazadas (NT), 11 en la categoríam de Vulnerable (V) y 6 en Peligro (EN) siendo estas *Abronia graminea, Alouatta villosa, Ateles geoffroyi, Ateles geoffroyi vellerosus, Ateles geoffroyi yucatanensis y Chelonia mydas*.

Finalmente, de las 150 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059 y su modificación en su anexo normativo III (2019), 86 de ellas se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 46 se encuentran como Amenazadas (A) y finalmente 18 especies se categorizan en el estatus de Peligro de extinción (P). Para el caso de anfibios se registraron 7 especies bajo NOM-059, todas sujetas a protección especial (Pr), siendo *Bolitoglossa yucatana, Craugastor yucatanensis, Lithobates berlandieri, Lithobates brownorum, Lithobates pustulosus, Rhinophrynus dorsalis* y *Triprion petasatus*.

Para el caso de anfibios se registraron 7 especies bajo NOM-059, todas sujetas a protección especial (Pr), siendo *Bolitoglossa yucatana, Craugastor yucatanensis, Lithobates berlandieri, Lithobates brownorum, Lithobates pustulosus, Rhinophrynus dorsalis* y *Triprion petasatus*. En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 35 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro del SAR, se distribuyeron dentro de 3 categorías de riesgo, siendo *Accipiter cooperii, Accipiter striatus, Amazona albifrons, Asio flammeus, Buteo albonotatus, Buteo lineatus, Buteo platypterus, Buteo swainsoni, Chondrohierax uncinatus, Cyrtonyx montezumae, Eupsittula canicularis, Falco peregrinus, Geranoaetus albicaudatus, Ixobrychus exilis, Myadestes occidentalis, Parabuteo unicinctus, Passerina ciris, Rallus tenuirostris* y *Tachybaptus dominicus* aquellas especies que están bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr), mientras que para las que se encuentran amenazadas (A) se encuentran *Amazona autumnalis, Anas diazi, Aquila chrysaetos, Botaurus lentiginosus, Calidris mauri, Catharus frantzii, Charadrius nivosus, Geothlypis tolmiei, Rallus limícola, Ramphastos sulfuratus* y *Tilmatura dupontii*. Finalmente se encontró que *Cairina moschata, Haliaeetus leucocephalus, Rallus tenuirostris* y *Vireo atricapilla* se encuentran en peligro de extinción (P). En cuanto al grupo de los mamíferos se registraron 20 especies bajo NOM-059, en donde 5 de ellas se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 7 como amenazadas y finalmente 8 en peligro de extinción (P).

Conforme a los muestreos biológicos del SA, la fauna presente se agrupa en un total de 88 especies de vertebrados terrestres (8 anfibios, 11 reptiles, 57 aves y 12 mamíferos). De acuerdo con lo obtenido en campo, para el SA se obtiene que el 64.7727% de las especies faunísticas pertenece a la avifauna, los mamíferos representan el 13.6364%, mientras que la herpetofauna representa el 21.5909% (12.5000% pertenecen a reptiles y 9.0909% a anfibios). se reporta un total de 514 individuos, distribuidos en 88 especies de vertebrados; el grupo más diverso y abundante es aves con 57 especies y 233 organismos, seguido de los mamíferos con 12 especies y 88 individuos, los reptiles muestran 11 especies y 131 individuos y los anfibios se representan con 8 especies y 62 individuos.

Para los anfibios, como especies más abundantes se determinó a *Hypopachus variolosus* y *Leptodactylus fragilis* con 17 y 11 individuos respectivamente, mientras que las especies menos abundantes fueron *Eleutherodactylus planirostris* con 3 individuos y *Lithobates brownorum* con 2 individuos; en los muestreos en el SA; se hace la aclaración que la única especie enlistada en la Modificación de su Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el presente grupo faunístico resultó *Lithobates brownorum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Agalychnis taylori* dentro del apéndice II. Y las especies incluidas dentro de las listas rojas de la IUCN, tenemos a *Agalychnis taylori, Eleutherodactylus planirostris, Hypopachus variolosus, Incilius valliceps, Leptodactylus fragilis*, *Lithobates brownorum*, *Smilisca baudinii* y *Rhinella horribilis* e la categoría de preocupación menor (LC).

Para los reptiles, como especies más abundantes fueron *Sceloporus chrysostictus* con 28 individuos y *Anolis sagrei* con 21 individuos; las especies menos abundantes fueron *Mastigodryas melanolomus* con 5 individuos y *Boa imperator* con 1 individuo. En los muestreos del SA, se identificaron 4 especies que se encuentran en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, siendo *Ctenosarua similis* y *Boa imperator* en categoría de riesgo A (Amenazada) e *Iguana iguana* y *Leptodeira annulata* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial). En cuanto a especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Boa imperator, Iguana iguana* y *Ctenosaura similis*. Por último, dentro de las listas rojas de la IUCN, todas las especies están consideradas como preocupación menor (LC).

Para las aves, se observa que las especies *Trogon caligatus* y *Quiscalus mexicanus* fueron las especies más abundantes con 12 y 10 individuos respectivamente. Adicional a esto en el SA se identificaron 8 especies que se

encuentran bajo algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, las cuales son: *Buteo albononatus*, *Campechilus guatemalensis*, *Eupsittula nana*, *Melanoptila glabirostris*, *Passerina ciris*, *Tachybaptus dominicus* y *Tigrisoma mexicanum* en categoría de riesgo Pr (Sujeta a Protección Especial) y *Meleagris ocellata* en categoría de riesgo A (Amenazada). En cuanto a especies dentro de los apéndices de CITES tenemos una especie en el apéndice III y dos especies dentro del apéndice II. En cuanto a las especies dentro de las listas rojas de la IUCN tenemos a *Meleagris ocellata* en la categoría de casi amenazada (NT) y el resto de las aves como preocupación menor (LC).

Por último, para los mamíferos, de las especies registradas, sobresalen *Nausa narica*, *Tayassu pecari* y *Cuniculus paca* y con 15, 13 y 12 individuos respectivamente, el resto de las especies presentaron abundancias menores. Es preciso aclarar que en los muestreos realizados se identificó una especie dentro del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III, *Tamandua mexicana* en categoría de riesgo P (En Peligro). En cuanto a las especies dentro de los apéndices de las CITES, tenemos a *Cuniculus paca* y *Nasua narica* dentro del apéndice III y a *Tayassu pecari* en el apéndice II. En cuanto a las listas rojas de la IUCN, esta *Tayassu pecari* en la categoría de vulnerable (VU) y el resto de los mamíferos se consideran de preocupación menor (LC).

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO: Para la fauna, es de notar que este componente biótico está estrechamente relacionado con la flora y vegetación presente dentro del SA. En ese sentido, los procesos de pérdida de cobertura vegetal influyen directamente en la calidad de hábitat que tienen los animales para permanecer dentro del ecosistema. En ese sentido, uno de los principales procesos de deterioro es el cambio de uso de suelo para fines agrícolas, industria o asentamientos humanos, pues se reemplaza a la vegetación por áreas que no cuentan con la calidad ecosistémica para que esta pueda permanecer. Si bien se practica la cacería, en general es por subsistencia y sólo la practican los pobladores locales que dependen de ellos. Otra problemática es el tráfico de especies, el cual cada vez es más común a pesar de las sanciones legales de esta actividad.

Tendencia dentro del SA: Aparentemente, la pérdida de hábitats que promueve una afectación directamente a la fauna no es un problema tan grave como en otras partes de la península puesto que los ecosistemas vegetales se han mantenido relativamente estables. No obstante, al largo plazo, por el cambio de uso de suelo para el establecimiento de núcleos agrícolas, industriales o humanos podrían cambiar este panorama, en donde la fauna pudiera presentar una mayor presión para sobrevivir, intentando alcanzar otros sitios con mejor calidad ecosistémica, disminuyendo la riqueza y biodiversidad de animales dentro del SA.

Tendencias por la ejecución del proyecto: En el marco de este proyecto, se requiere el retiro de 44.1027 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), por lo que se reconoce que la ejecución del proyecto pudiera provocar una afectación si no se implementan medidas de prevención, mitigación y compensación, que en este caso la ejecución del *Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre* será la medida principal para no provocar un desequilibrio ecológico en el componente fauna. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA a la pérdida de riqueza y abundancia de fauna, así como sus patrones de desplazamiento.**

4.5.1) Análisis satelital de la calidad ecosistémica

Para realizar una síntesis del estado actual del SA. Para realizar una síntesis del estado actual del Sistema Ambiental, se procedió a regionalizarlo a partir de sus elementos ambientales y antrópicos, con base en la delimitación de unidades biofísicas o unidades ambientales.

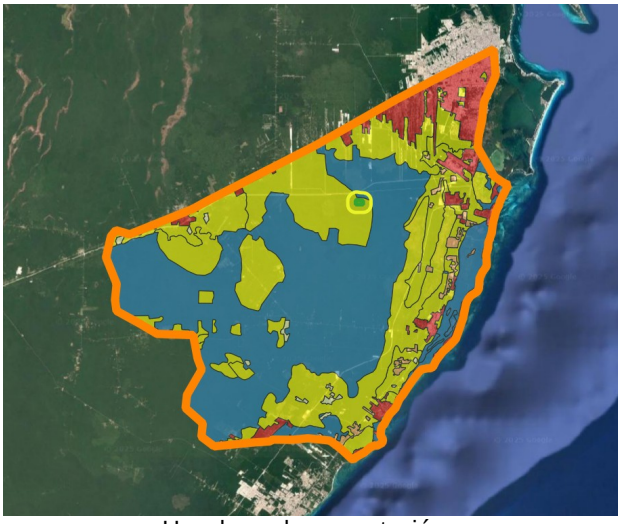
Se superpusieron mapas y se delimitaron polígonos o áreas con características físicas y biológicas similares, que definen las características propias de cada unidad. La información base y los criterios utilizados en la delimitación fueron:

- Se utilizaron las cartas temáticas de INEGI, a escala 1:250,000. En algunos casos se tomaron imágenes que fueron posteriormente georreferenciadas en el SIG del proyecto.
- Se descartaron las áreas que no cumplen con la superficie mínima cartografiable a escala 1:250,000, que es de 1,000,000 m^2 (1 km^2).
- Debido a que se busca reflejar las condiciones naturales, la información de rasgos antropogénicos no se tomó en cuenta para delimitar las unidades, pero si jugaron un papel primordial para la realización del análisis y calificación como agente de cambio.

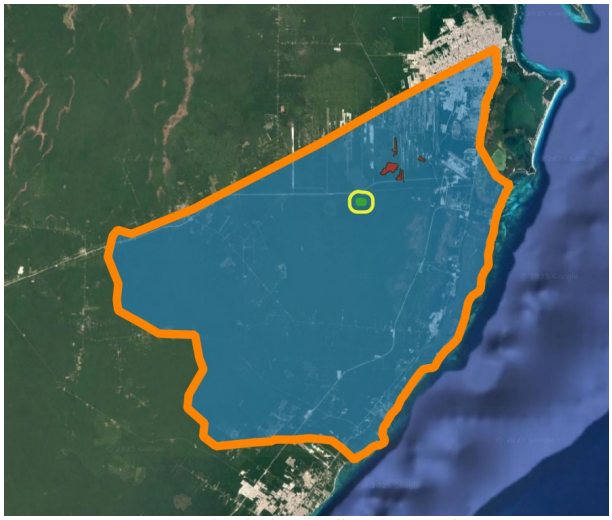
Las cartas temáticas utilizadas como base para realizar la regionalización son las siguientes:

Tabla 133. Información temática para la regionalización de la calidad ecosistémica.

Información temática	Factor	Indicador	Valor
Uso de suelo y vegetación	Eficiencia ecosistémica	Tipo de uso	(0) Ecosistemas totalmente modificados por asentamientos humanos (1) Ecosistemas altamente modificados por eliminación de cobertura vegetal sin presentar otro tipo de cobertura. (2) Ecosistemas altamente modificados por actividades agrícolas o pecuarias. (3) Ecosistemas parcialmente modificados en donde impera la vegetación en estado sucesional secundario, así como aquellos que por proceso de sucesión se conforman como pastizales. (4) Ecosistemas sin modificación significativa en donde las condiciones primarias prevalecen y no se ha efectuado una alteración ecosistémica, así como cuerpos de agua.
Incendios forestales	Afectación de vegetación y suelo por incendios	presencia	(0) Ecosistemas forestales sin presencia de incendios en los últimos 3 años. (2) Ecosistemas forestales con presencia de incendios en los últimos 3 años.
Áreas naturales protegidas federales	Protección a los ecosistemas	Conservación por instrumentos de políticas públicas a nivel federal	(6) Áreas con un gran interés para la conservación por su valor ecológico, cultural, patrimonial o arqueológico, en donde los esfuerzos políticos son enfocados para su conservación.
Carreteras y vías de comunicación	Conectividad entre hábitats	Grado de fragmentación	(0) Áreas desprovistas de vegetación y que ahora son caminos pavimentados o brechas, en los cuales se realiza mantenimiento constante y no se permite la recuperación de la vegetación. 3) Áreas que aún conservan su estado original, o que no se han convertido en vías de comunicación, ocupadas principalmente por ecosistemas primarios y secundarios.



Uso de suelo y vegetación



Presencia de incendios forestales



Vías de comunicación o carreteras



Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Figura 108. Información temática para el cálculo de la calidad ecosistémica.

Como resultado del análisis anterior, se identificaron **5 clases de calidad ecosistémica** conforme a los valores obtenidos a través del análisis de álgebra de mapas:

Tabla 134. Clases de calidad ecosistémica determinadas para el Sistema Ambiental (SA).

Clase	Calificación	Descripción	Estrategias para su restauración y/o conservación	Cobertura dentro del SA	Tendencia corto plazo	Tendencia mediano plazo	Tendencia a largo plazo
(1) Muy baja	**2**	Ecosistemas completamente transformados en donde se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo por los asentamientos humanos y caminaos, así como áreas desprovistas completamente de vegetación nativa en el suelo está completamente degradado.	Al tratarse en su mayoría de áreas urbanas, la ruta sería establecer programas de arborización con especies nativas y resilientes a los núcleos urbanos que permitan generar un punto de conectividad biológica entre los parches de hábitat colindantes. Se considera casi imposible la recuperación de la cobertura vegetal original.	**7525408.7424 m²** **(0.52 %)**	Clase muy baja Expansión de áreas urbanas y agrícolas.	Clase muy baja Expansión de áreas urbanas y agrícolas	Clase muy baja Expansión de áreas urbanas y agrícolas
(2) Baja	**3-4**	Ecosistemas completamente degradados en donde la cobertura vegetal original ha sido removida y el suelo se encuentra muy degradado, además de que proporciona un hábitat en mal estado para la fauna. A pesar de que en su mayoría no se presenta sellamiento de suelo por los asentamientos humanos, otro tipo de infraestructura como la delimitación agrícola y el cambio de uso de suelo por la misma agricultura, se considera muy difícil la recuperación de los ecosistemas originales.	Al tratarse de áreas en su mayoría agrícolas con alto grado de degradación, así como tendencias hacia este uso, las rutas de restauración posibles serían el establecimiento de cercos vivos para promover la conectividad biológica, así como cambiar el esquema productiva a prácticas más amigables con el medio ambiente, principalmente dejando en descanso las tierras para la recuperación del suelo, así como la disminución de agroquímica.	**530113.9896 m²** **(0.04 %)**	Clase baja Expansión de áreas agrícolas	Clase muy baja Expansión de áreas e infraestructura agrícolas, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**	Clase muy baja Expansión de áreas e infraestructura agrícolas, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**
(3) Media	**5-7**	Ecosistemas parciamente degradados por la agricultura y el cambio de uso de suelo. Existen manchones con cobertura vegetal en estado sucesional secundario con tendencias a su declive, además de que se presentan suelos erosionados y degradados, también cuerpos de agua contaminados. En muchos de los casos, se tratan de áreas agrícolas en descanso o desuso por la pérdida de fertilidad del suelo o su proyección para la infraestructura.	Al tratarse en su mayoría de áreas agrícolas en desuso o manchones de vegetación en estado sucesional secundario, así como cuerpos de agua contaminados, a través de acciones de restauración como enriquecimiento de ecosistemas, manejo del suelo para recuperar su fertilidad, y acciones de restauración de ecosistemas forestales serían las estrategias principales para su recuperación. En tanto, la implementación de políticas públicas como los ordenamientos y áreas naturales protegidas son útiles para evitar el cambio de uso de suelo y coadyuvar al proceso de sucesión forestal.	**169862118.8780 m²** **(11.75 %)**	Clase media Expansión y activación de áreas agrícolas en desuso	Clase baja Expansión de áreas e infraestructura agrícolas, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**	Clase baja Clase muy baja Expansión de áreas agrícolas núcleos urbanos, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**
(4) Alta	**8**	Ecosistemas poco degradados en donde aún impera vegetación tanto primaria como secundaria, así como cuerpos de agua con algún grado de contaminación. Los suelos aún conservan su fertilidad debido a las coberturas existentes.	Al tratarse de áreas cubiertas con comunidades vegetales tanto primarias como secundarias, así como cuerpos de agua, las estrategias de conservación ecológica como el enriquecimiento de ecosistemas, reforestaciones, manejo de especies exóticas, restauración de ecosistemas forestales.	**566216114.1655 m²** **(39.17 %)**	Clase alta Permanencia de comunidades vegetales y humedales, **permanencia de los ecosistemas existentes**	Clase alta Permanencia de las comunidades vegetales existentes, pero con presión por la expansión agrícola	Clase alta Clase media Expansión de áreas agrícolas en zonas fuera de áreas naturales protegidas, **cambio de uso de suelo**
(5) Muy alta	**9 en adelante**	Ecosistemas con en buen estado de conservación donde la cobertura vegetación conserva un estado sucesional primario por lo que el suelo aún conserva sus propiedades fisicoquímicas. Asimismo, los humedales y ecosistemas forestales presentes también presentan un buen estado de conservación. Por estos motivos, alberga hábitats ideales para la fauna y flora silvestre. Además, están dentro de áreas naturales protegidas.	Al tratarse de cubiertas por ecosistemas en buen estado de conservación, se pueden identificar zonas que requieran intervención activa para su restauración, pero la mejor estrategia consiste en seguir los lineamientos de sus políticas públicas de protección.	**701390172.4497 m²** **(48.52 %)**	Clase muy alta **Permanencia y conservación de ecosistemas**	Clase muy alta Clase alta **Permanencia y conservación de ecosistemas**	Clase muy alta Clase alta Permanencia de las comunidades vegetales existentes, pero con presión por la expansión agrícola

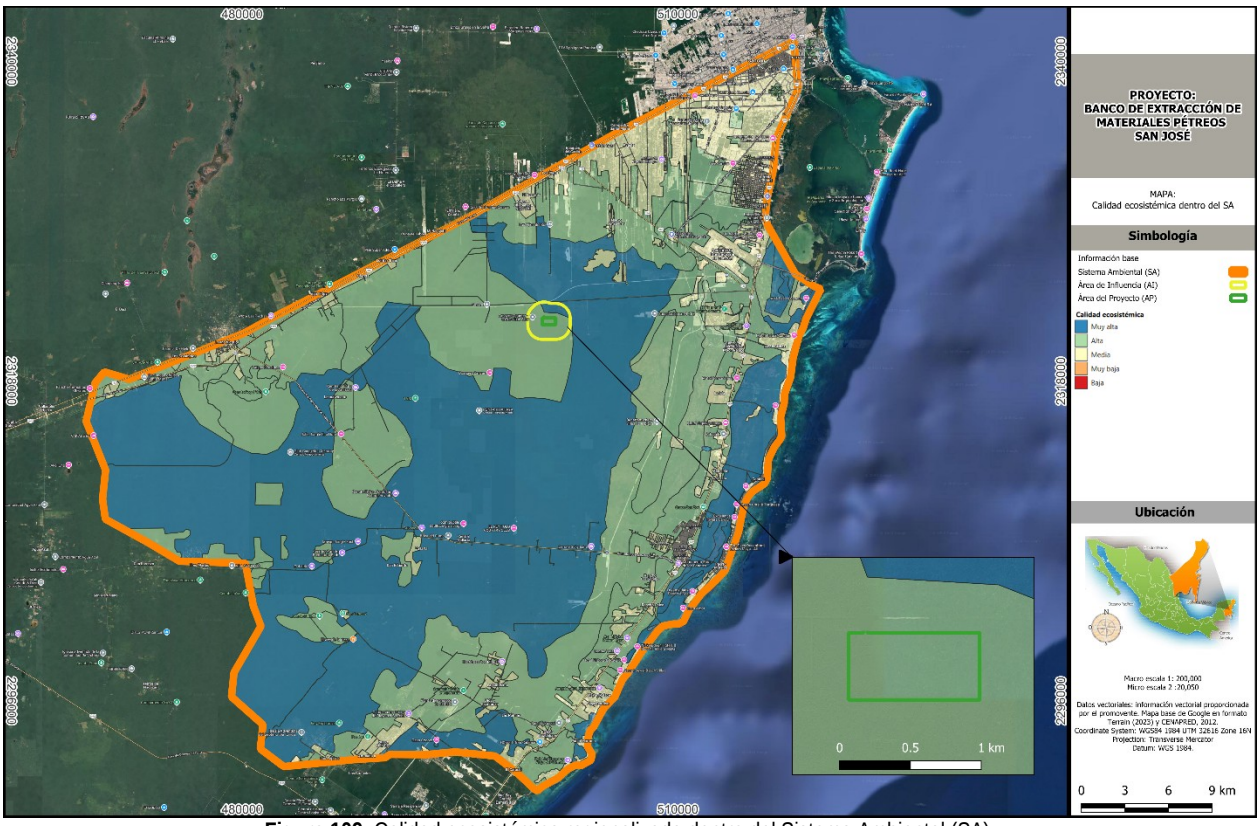


Figura 109. Calidad ecosistémica regionalizada dentro del Sistema Ambiental (SA).

A continuación, se presenta la intersección del proyecto sobre las clases de calidad ecosistémica, destacando que el área del proyecto se inserta dentro de la calidad ecosistémica **ALTA** puesto que en el sitio específico donde se manifiesta su ejecución, los ecosistemas que allí imperan, a pesar de que cuentan con la presión por la agricultura y los crecientes núcleos urbanos, aún conservan estados sucesionales primarios y en buen estado de conservación. Por ello, a través de este diagnóstico ambiental se determinó que la ejecución del proyecto es factible siempre y cuando se implementan medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de mitigar los posibles impactos ambientales que pudieran provocarse por la ejecución del proyecto y evitar así un desequilibrio ecológico. Por ello, para lograr este objetivo, se deberán ejecutar líneas de acción enfocadas en:

- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.
- Programa de Compensación Ambiental.
- Programa de Integral de Manejo de Residuos.
- Programa de Protección y Conservación de Suelos.
- Medidas generales de prevención, mitigación y compensación ambiental.

4.6. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Velázquez, Mirurgia. (2022). Estimación del riesgo por hundimientos en terrenos cársicos. Contexto universitario en función del desarrollo local. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 10(3), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322022000300028&lng=pt&tlng=es.

Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo Ecológico de la Vegetación. https://www.researchgate.net/publication/343137042_Muestreo_Ecologico_de_la_vegetacion.

Arellano, A., R. Robles, F. Aguilar (coords). (2009). Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales, Administrativos y Legales para la Atención Inmediata a los Arrecifes por Encallamientos. SEMARNAT, SEMAR, SCT, PGR, Gobierno Federal.

Arita, H. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Fauna y la conformación de la Provincia Biótica Yucateca: biogeografía y macroecología. In Naturaleza y sociedad en el área Maya, pasado, presente y futuro. P. Colunga-García y A. Larqué-Saavedra (eds.). Academia Mexicana de Ciencias, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, Mérida. P.60-80.

Armstead, J., Ayala-Varela, F., Torres-Carvajal, O., Mason, R. y Poe, S. (2017). Systematics and ecology of Anolis biporcatus (Squamata: Iguanidae). Salamandra, 53(2): Pp. 285-293.

Caballero-Aragón, H., S. Perera- Val derrama, S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L.O. Rosi que-de la Cruz, E. Vera-Vázquez, H. Marcos-Benítez, R. Ressl, B. I. van Tussenbroek. (2021). Tarjeta de Reporte del estado de los Pastizales Marinos. Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, México, 2019. Sistema de alerta de la condición ecológica de los ecosistemas marino-costeros (EcoSAT), del Sistema de Información y Análisis Marino y Costero (SIMAR), Conabio, México.

Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín e Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología 9:21-71.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Atlas de Riesgo. http://atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad (Marco Geoestadístico 2020). Atlas Nacional de Riesgo. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/indicadores-municipales.html.

Cerdeira-Estrada S., L. Rosique-de la Cruz, Paul Blanchon, A. Uribe-Martínez, Raul Martell-Dubois, M. Martínez-Clorio, S. Perera-Valderrama, H. Caballero-Aragón, M.A. Cruz López, Rainer Ressl (2022). Submarine relief map of the marine ecosystems in the Mexican Caribbean: Cabo Catoche – Xcalak. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16728871.v1.

Chaves-Acuña, W. y Salas-Solano, D. (2024). Notes on feeding and mating behavior of Anolisbiporcatus (Squamata: Dactyloidae) in Costa Rica. Phyllomedusa, 23(1): Pp. 87-92.

Chavez-Lugo, E., Pech-Canché, J., Canseco-Márquez, L. y Lucas-Cobos, L. (2015). Registro de Coleonyx elegans en el norte de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86(4): Pp. 1103-1106.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2024. Apéndices de la CITES. https://cites.org/esp/app/index.php.

COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2007. Evaluación Externa en materia de Diseño del Programa Nacional de Microcuencas (PNM). https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/10/09/1457/09102018-microcuencas-2007.pdf.

Comisión Nacional del Agua (2017). Corales, guardianes submarinos. Recuperado el 9 de abril de 2025, de https://www.gob.mx/conagua/articulos/corales-guardianes-submarinos?idiom=es#:~:text=Los%20corales%20son%20animales%20que,sus%20cualidades%20van%20m%C3%A1s%20all%C3%A1.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (sf). Avicennia germinans (L.) L. SIRE: Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Avicennia germinans (L.) L.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (sf). Conocarpus erectus L. SIRE: Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Conocarpus erectus L.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (16 de abril, 2025). Tillandsia elongata. Enciclovida. https://enciclovida.mx/especies/161419-tillandsia-tillandsia-elongata.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (17 de noviemmbre, 2019). Sabal gretherae. Enciclovida. Palma de guano (Sabal gretherae).

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (sf). Rhizophora mangle. Species plantarum, 1: 443. 58-RHIZO1M.PDF.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spt1mgw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Sitios Prioritarios para la Restauración. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spr_gw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Cuerpos de agua. Biodiversidad mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx/cuerpos-de-agua.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Enciclovida. https://enciclovida.mx/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Portal de Información Geoespacial. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema de Monitoreo de Humedales en México (SIMOH-Mx). https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. https://www.snib.mx/.

CONABIO. (2022a). Praderas de pastos marinos. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/praderasPastos.

CONABIO. (2022b). Bosques de macroalgas. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueMacroalgas.

CONABIO. (2022c). Dunas costeras. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 21 de marzo de 2025, de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/dunasCosteras.

CONABIO. (2022d). Arrecifes. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 8 de abril de 2025, de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Indicadores de Calidad del Agua. https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Estaciones Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Información Estadística Climatológica. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

Contreras-Calvario, A., Mora-Reyes, A., Fuentes-Moreno, A., Arretúa, M., Cázares-Hernandez, E., Lara-Hernández, F. y López-Luna, M. (2024). New distributional records for an endangered turtle, Claudius angustatus (Reptilia: Testudines), and notes on its threats in Veracruz, Mexico. REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA, 7(2): Pp. 23-28.

Domínguez-Gervacio, N. (sf). Thrinax radiata. Enciclovida, CONABIO. Guano de costa (Thrinax radiata).

Domínguez-Gervacio, N. y R. Álvarez-Mora. (sf). Vanilla planifolia. Enciclovida, CONABIO. Vainilla (Vanilla planifolia).

Estrella, E., Pech-Canché, J.M., Hernández-Betancourt, S.F., López-Castillo, D.L. y C. Moreno. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana. 30 (1): 188-200.

Forman R. y L. E. Alexander. 1998. Roads ad their major ecological effects. https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.

González-González, J. (1992). Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. Ciencias 6: 13-33.

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE. MÉXICO https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2021.pdf.

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). Informes y Almanaques de datos de calidad del aire en ciudades mexicanas https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php.

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Uso de Suelo y Vegetación serie VII. https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/ (consultado el 02 de diciembre de 2024; 15:44 h).

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Vulnerabilidad al cambio climático. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Límites Municipales 2020 con censo INEGI 2020. https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Amun_censo_pv_2020.

IPCC. (2014). CAMBIO CLIMÁTICO 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf.

Jiménez, J. A. (s.f.). Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f. White Mangrove. SO-ITF-SM3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 64 p.

Jones, J.K., Jr., J.D. Smith y H.H. Genoways. 1973. Annotated checklist of Mammals of the Yucatan Peninsula, México. I. Chiroptera. Occas. Papers Mus., Texas Tech Univ., 13:1-31.

JSTOR. 2024. Global Plants on JSTOR. https://plants.jstor.org/.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). (2024). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. 01/04/2024. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf.

López-Calderón, J. & R. Riosmena-Rodríguez. (2010). Pastos marinos en Laguna San Ignacio, Baja California Sur: un ecosistema desatendido. CONABIO. Biodiversitas 93: 7-10.

López-Luna, M., Hidalgo-Mihart, M. y Aguirre-León, G. (2011). Descripción de los nidos del Cocodrilo de pantano Crocodylus moreletii en un paisaje urbanizado en el sureste de México. Acta Zoológica Mexicana, 27(1): Pp. 1-16.

Medellín, R.A., O. Sánchez-Herrera y G. Urbano-V. 1992. Ubicación zoogeográfica de la Selva Lacandona, Chiapas, México, a través de su fauna de quirópteros, p. 233-251. En Vásquez-Sánchez, M.A. & M.A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Publ. esp. Ecósfera México. 1:233-251.

Miranda, F. y X. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. https://www.researchgate.net/publication/306160721_Los_tipos_de_vegetation_de_Mexico_y_su_clasification.

Missouri Botanical Garden. 2024. Trópicos. https://www.tropicos.org/home

Morrone J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Provincias biogeográficas mexicanas 2017. https://www.researchgate.net/publication/261077687_Biogeographical_regionalisation_of_the_Neotropical_Region.

Olcina, J. & Ayala-Carcedo, F. (2002). Riesgos naturales, conceptos fundamentos y clasificación. Ariel Ciencia. España. ISBN: 84-344-8034-4.

Paramo-Figueroa, J. V. (26 de febrero del 2019). Estado de la Calidad del Aire en México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). https://www.gob.mx/inecc/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es.

Pech-Canché, J.M. 2010. Riqueza de especies y diversidad funcional en los ensambles de murciélagos de dos tipos de selva en Yucatán, México. (Tesis doctoral, Instituto de Ecología, A.C.), Xalapa, Veracuz.

Portal de Geoinformación. 2025. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Consultado el 2 de mayo de 2025 de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

Pozo, C. y J.E. Escobedo. 1999. Mamíferos Terrestres de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Rev. Biol. Trop. 47 (1-2): 251-262.

ProyectoSub. (s/f). Arrecifes rocosos. Org.ar. Recuperado el 21 de marzo de 2025, de https://www.proyectosub.org.ar/arrecifes-rocosos/.

Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. Regiones y provincias mastogeográficas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/rmast4mgw.

Rodríguez, L. (2020). La nueva composición de los sedimentos marinos: arena, nutrientes y plásticos. ElDiario.es. Consultado el 21 de marzo de 2025. https://www.eldiario.es/ballenablanca/biodiversidad/composicion-sendimentos-marinos-nutrientes-plasticos_1_5967670.html.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014. Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Semarnat, México.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Guía para la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental para Proyectos que Requieran Cambio de Uso de Suelo o Proyectos Agropecuarios. Modalidad: particular. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690899/GUIA-MIA-PARTICULAR-CUS-AGROPECUARIO.pdf.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. ATLAS DE CUERPOS DE AGUA. Gobierno de México. https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Documentos del Inventario Nacional de Emisiones. Inventario Nacional de Emisiones 2018 Resumen. https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (10 de noviembre de 2016). Los manglares mexicanos. Gobierno de México. Los manglares mexicanos | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx

SEMARNAT. (2023). Ríos de México, venas de agua, cultura y civilización. A la orilla de sus cauces se han cimentado desde siempre las principales ciudades. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). https://www.gob.mx/semarnat/articulos/rios-de-mexico-venas-de-agua-cultura-y-civilizacion#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos%20de,65%25%20de%20la%20superficie%20nacional

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). 2020. TAREA 3: Estudio de Impacto Ambiental. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/372098/TAREA_3._ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL.pdf (consultado el 02 de diciembre de 2024; 10:20 h).

Sosa-Escalante, J.E., Pech-Canché, J.M., McSwiney, M.C y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la Península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84 (3): 949-969.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 1990. Provincias herpetofaunísticas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/pherpe8mgw

UNESCO Worl Heritage Convention. 2025. Sian Ka'an. Recuperado el 30 de abril de 2025 de https://whc.unesco.org/es/list/410#:~:text=En%20la%20lengua%20de%20los,por%20un%20arrecife%20de%20barrera.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2024. Lista Roja de Especies Analizadas. https://www.iucnredlist.org/es

WWF. (s/f). Sistema Arrecifal Mesoamericano. AGUA.ORG.MX. (2024). Cuerpos de agua. Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/#:~:text=Un%20cuerpo%20de%20agua%20es,de%20agua%20salada%20o%20dulce.

.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO V
IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

ÍNDICE

5 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....3

5.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.....3

5.1.1 Indicadores de impacto.....9

5.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto.....11

5.1.3 Criterios y metodologías de evaluación.....13

5 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se aborda la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto, que consiste en realizar el Cambio de Uso de Terrenos Forestales (CUSTF) que consta de una superficie de **44.1027 ha** para preparar el sitio destinado a la generación de material, que se utilizará en la construcción de la Terminal Multimodal Cancún del **Tren Maya, Tramo 5N**. La ejecución de este proyecto implica una serie de impactos sobre los elementos bióticos y abióticos, principalmente debido a la remoción de cobertura vegetal forestal.

A lo largo de este capítulo se han identificado, analizado y evaluado los distintos impactos, tanto negativos como positivos, categorizándolos como individuales, sinérgicos o residuales, y evaluando su importancia, intensidad y extensión. Este análisis es crucial para entender cómo el proyecto afectará el entorno natural y para desarrollar estrategias que minimicen los efectos adversos.

5.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para identificar y analizar los impactos ambientales que el proyecto pudo haber provocado y/o agravado en el área del proyecto y el Sistema Ambiental (SA), y en seguimiento a lo indicado en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular, se procedió de la siguiente manera:

- Se examinó el diagnóstico del sistema ambiental (SA).
- Se analizó, por parte de los especialistas participantes, la información bibliográfica, cartografía, y los resultados de muestreos y observaciones en el sitio.
- Se determinaron las actividades principales que componen el proyecto.
- Se examinaron los factores ambientales del SA que podrían ser afectados por las actividades principales del proyecto.
- Se elaboró una matriz de identificación de impactos siguiendo el método de Conesa Fernández-Vitora, V.,
- Se evaluaron y valoraron los impactos identificados,
- Finalmente, se describieron los impactos ambientales.

La identificación de impactos ambientales en este caso consistió en sintetizar y ordenar la información relacionada con las actividades de cada una de las obras del proyecto.

En la tabla siguiente, se presentan cada una de las actividades que se desarrollaron para la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Es importante resaltar que a partir de esta tabla de actividades se inicia la identificación de impactos.

Tabla 1. Actividades del proyecto generadoras de impactos ambientales.

Actividad/Obra
Delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales
Censo Forestal y Florístico
Desmonte
Despalme
Operación de maquinaria
Manejo y disposición de residuos forestales
Limpieza y desmantelamiento de obras provisionales

Así mismo, se determinaron los factores ambientales, reconocidos desde hace tiempo como indicadores de las tendencias de cambio en los componentes del ambiente, para identificar las medidas necesarias que minimicen los efectos del proyecto. La determinación se basa en el análisis del medio abiótico y biótico del Sistema Ambiental del proyecto, utilizando datos obtenidos en campo, así como de la opinión de expertos. Se tomó en consideración la estructura, descripción y diagnóstico del Sistema Ambiental y del Área de Influencia (AI) del proyecto.

A continuación, se describen los factores ambientales y sus componentes que se consideran susceptibles de presentar afectaciones por las actividades del proyecto.

Tabla 2. Factores y atributos ambientales susceptibles de impacto por las acciones del proyecto.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS AMBIENTALES
Abiótico	Suelo	Contaminación
		Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)
		Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)
	Aire	Composición gaseosa
		Partículas suspendidas
		Aumento de la temperatura
		Acústica
	Hidrología	Infiltración
		Dinámica hidrológica
		Calidad del agua
Biótico	Vegetación	Diversidad de la vegetación
		Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III
		Densidad y cobertura de la vegetación
	Fauna	Diversidad de la fauna
		Modificación del hábitat
		Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)
		Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III
		Abundancia de la fauna
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual
		Fragilidad
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra
	Económicos	Generación de empleo y mejora de la calidad de vida
		Consumo de bienes y servicios locales

Una vez identificadas las actividades del proyecto y los factores ambientales que podrían sufrir cambios se procedió a realizar la estimación de los impactos ambientales.

Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos negativos y positivos que se generan con la realización del proyecto, se utilizó la metodología diseñada por Conesa, 1995. Este método se basa en las matrices causa efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, consiste en un cuadro de doble entrada en

cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las filas, los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

Esta metodología de valoración de impactos es del tipo numérico, cumpliendo con los tres requisitos del modelo ideal de valoración (adecuación conceptual, y adecuación de la información, de manera total y adecuación matemática, de manera parcial), sacrificando, parte del rigor matemático a favor de la posibilidad de considerar una mayor cantidad de información.

A) Caracterización de los impactos

Una vez identificados los factores ambientales susceptibles de ser modificados y las acciones generadoras de cambio, se procedió a elaborar una matriz de interacciones causa-efecto (Anexo IV). Este método permite relacionar una actividad del proyecto con un factor ambiental, representando de forma visual las interacciones y, a su vez, determinando y caracterizando los impactos ambientales.

Tabla 3. Caracterización de Impacto Ambiental.

<table>
<tr><td rowspan="4">Impacto Ambiental</td><td>Signo</td><td colspan="3">Positivo +
Negativo -
Indeterminado x</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Valor (Grado de manifestación)</td><td>Importancia (Grado de manifestación cualitativa)</td><td>Caracterización</td><td>Extensión
Plazo de manifestación
Persistencia
Reversibilidad
Sinergia
Acumulación
Efecto
Periodicidad
Recuperabilidad</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Magnitud (Grado de manifestación cuantitativa)</td><td colspan="2">Cantidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">Calidad</td></tr>
</table>

A continuación, se describe el significado de los símbolos mencionados que conforman el elemento tipo de una matriz de importancia.

- **Signo**

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, un tercer carácter: previsible pero difícil de cualificar o sin estudios específicos (x) que reflejaría efectos cambiantes difíciles de predecir.

Este carácter, también reflejaría efectos asociados con circunstancias externas al proyecto, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza dañina o beneficiosa.

- **Intensidad (i)**

Indica el grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, donde 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 una afectación mínima.

- **Extensión (EX)**

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área, respecto al entrono, en que se manifiesta el efecto).

Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será critico (12) o total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto puntual (1) parcial (2) y extenso (4).

- **Momento (MO)**

Se refiere al plazo de tiempo transcurrido entre la acción (t0) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor ambiental afectado.

Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será corto plazo asignado un valor de (1), si este es inmediato tomara valor de (2). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, medio plazo (2), y si el efecto es inmediato el valor será de (4) y si este tarda en manifestarse más de cinco años, se considera crítico con valor (8).

- **Persistencia (PE)**

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iníciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, se considera que la acción produce un efecto fugaz, asignándosele un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años, temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente asignándole un valor (4).

Se debe de considerar que:

- La persistencia es independiente de la reversibilidad.
- Un efecto permanente puede ser reversible, o irreversible.
- Por el contrario, un efecto irreversible, puede presentar una persistencia temporal.
- Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles o recuperables.
- Los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, y recuperables o irrecuperables.

- **Reversibilidad (RV)**

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iníciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Si es a corto plazo, se le asigna un valor (1), si es a mediano plazo (2) y si el efecto es Irreversible se le asigna el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprende estos periodos son los mismos asignados en el parámetro anterior.

- **Sinergia (SI)**

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

- **Acumulación (AC)**

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada a la acción que lo genera.

Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4).

- **Efecto (EF)**

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de esta.

En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.

Este término toma el valor (1) en el caso de que el efecto sea secundario, y el valor (4) cuando sea directo.

- **Periodicidad (PR)**

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

A los efectos continuos se les asigna un valor (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular y a los discontinuos o irregulares (1).

- **Recuperabilidad (MC)**

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto es Irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).

- **Importancia del impacto (I)**

La importancia del impacto, o sea, la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

La importancia del impacto está representada por un número que se deduce mediante el modelo presentado en el siguiente cuadro en función del valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = \pm(3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Tabla 4. Valores de los símbolos para obtener la importancia del impacto.

Tipo de Impacto	Categoría	Ponderación
Naturaleza	Positivo "+" (Benéfico)	+
	Negativo "-" (Perjudicial)	-
*Intensidad (IN)	Baja	1
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	Crítico	12
Momento (MO)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Inmediato	4
	Critico	8
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin Sinergismo (Simple)	1
	Sinérgico	2
	Muy Sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable de Manera Inmediata	1
	Recuperable a Mediano Plazo	2
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8

* ADMITE VALORES INTERMEDIOS

La importancia del impacto se clasifica en una escala que va desde 13 hasta 100, y se ordena en función del tabulador de jerarquía que se presenta a continuación:

Tabla 5.Tabulador para determinar la importancia del impacto.

Valor	Importancia del Impacto
13-25	Impacto irrelevante o compatible
26-50	Impacto moderado
51-75	Impacto severo

76-100	Impacto crítico

Obtenida la matriz de importancia de impactos ambientales, pueden aparecer efectos de diversa índole en cuanto a su relevancia y posibilidad de cuantificación, que nos permiten dar un tratamiento individualizado.

La matriz de importancia por si sola, nos ha permitido identificar, prevenir y comunicar los efectos del proyecto sobre el medio ambiente. Esta matriz presenta los valores numéricos totales, representativos de las alteraciones de los factores del medio ambiente susceptibles de ser impactados por las acciones del proyecto.

5.1.1 Indicadores de impacto

Considerando que el proyecto implica la remoción de cobertura de **vegetación secundaria arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ)**, las actividades del CUSTF provocan una disminución de la cobertura vegetal, lo que aumenta la vulnerabilidad del área a la afectación erosión hídrica y eólica, así como a la compactación del suelo debido al tránsito de maquinaria pesada; así como cambios en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo y la modificación el microclima por la incidencia de luz solar; lo anterior impacta directamente en los factores bióticos, provocando el desplazamiento de especies nativas de fauna, así como la remoción del banco de semillas durante la remoción de tierra vegetal.

Por otra parte, se consideran los impactos de tipo antrópico directos, como la generación de residuos, emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y generación de polvos, ruido y vibraciones, aunque en pequeñas cantidades.

Dicho esto, se genera a continuación la evaluación que integra todos los impactos tanto ambientales como sociales, para proporcionar la información necesaria para la gestión de medidas preventivas y de mitigación de los efectos adversos inherentes al CUSTF. Para esto se establecen indicadores de impacto, considerando factores abióticos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos relacionados tanto con el proceso de CUSTF.

Para la definición de los indicadores ambientales con posibles afectaciones por la ejecución de las obras y/o actividades que contempla el Proyecto, se revisó la información del diagnóstico ambiental del sitio del Proyecto para finalmente establecer los indicadores ambientales que podrán en algún momento evidenciar el impacto ambiental provocado por el Proyecto. En este sentido, los indicadores ambientales que como su nombre lo establece, nos indicarán algún proceso de cambio respecto a la ejecución de las actividades constructivas, los cuales corresponden en parte a Indicadores básicos para medir el desempeño ambiental.

Tabla 6. Indicadores de impacto.

Factor ambiental	Atributos ambientales	Indicador Ambiental
Suelo	Contaminación	Dispersión y/o derrames de residuos sólidos urbanos y/o peligrosos dentro del área del proyecto (AP).
	Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	Modificación de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas dentro del área del proyecto (AP).
	Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)	Pérdida del suelo (horizonte O, A y B) dentro del área del proyecto (AP) por el viento o la lluvia.
Aire	Composición gaseosa	Disminución de la calidad del aire.
	Partículas suspendidas	Partículas de polvo suspendidas en el arie.
	Aumento de la temperatura	Incremento de la temperatura y sensación térmica dentro e inmediación del área del proyecto (AP).
	Acústica	Exceso o incremento de los niveles de ruido.
Hidrología	Infiltración	Pérdida de cobertura vegetal.

Factor ambiental	Atributos ambientales	Indicador Ambiental
	Dinámica hidrológica	Obstrucción de escurrimientos en temporal de lluvia.
	Calidad del agua	Contaminación de escurrimientos durante el temporal de lluvia.
Vegetación	Diversidad de la vegetación	Cambio de su composición florística del área del proyecto (AP) y sus alrededores.
	Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	Mortalidad de individuos de las especies enlistadas en esta NOM.
	Densidad y cobertura de la vegetación	Reducción de los individuos de flora, así como su cobertura (proyección horizontal de sus copas) dentro del área del proyecto.
Fauna	Diversidad de la fauna	Reducción de la riqueza de especies.
	Abundancia de la fauna	Mortalidad de individuos y pocos avistamientos de fauna local
	Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	Cambio en las rutas de desplazamiento de las especies para su alimentación, reproducción y migración.
	Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	Mortalidad de los individuos de las especies enlistadas en esta NOM.
Fondo escénico y estético	Calidad visual.	Fragmentación de la vegetación
	Fragilidad.	Detrimento de la calidad paisajística
Económicos	Generación de empleo.	No contratación de personal local para la ejecución del proyecto
	Consumo de bienes y servicios locales.	Aumento en los consumos de bines y servicios en las localidades cercanas al proyecto

Los indicadores socioeconómicos no pueden ser monitoreados por parte del proyecto, ya estos son estudiados a partir de las dependencias gubernamentales, a fin de establecer la viabilidad operativa del Proyecto. Sin embargo, estos se contemplaron en la matriz de impactos, para identificar impactos adversos y benéficos que podría generar el proyecto.

Los indicadores ambientales antes mencionados permiten la identificación de los impactos ambientales que podrían presentarse en por la ejecución del proyecto, el cual se compone de diversas actividades, donde una de las principales es el desmonte de vegetación forestal.

5.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto

A continuación, se presentan la lista indicativa de los indicadores de impacto.

Tabla 7. Lista indicativa de indicadores de impacto.

Factor ambiental	Atributos ambientales	Indicador Ambiental	Identificación
Suelo	Contaminación	Dispersión y/o derrames de residuos sólidos urbanos y/o peligrosos en las áreas del Proyecto	Mal manejo de residuos sólidos urbanos desde sus fuentes de generación y en el acopio temporal dentro del predio del Proyecto Gestión inadecuada de residuos peligrosos evidenciando mezcla de estos con otros residuos, almacenamiento temporal inadecuado y entrega para su disposición final y/o tratamiento posterior a los 6 meses marcados en la LGPGIR y su Reglamento.
	Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	Modificación de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas dentro del área del proyecto (AP).	Manchas evidentes en suelo de hidrocarburos o grasas (o aceites), derivados de derrames en actividades de mantenimiento de maquinaria o cercanos a almacenes de residuos peligrosos Manejo inadecuado de residuos peligrosos
	Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)	Pérdida del suelo (horizonte O, A y B) dentro del área del proyecto (AP) por el viento o la lluvia.	Presencia de suelos erosionados sin capas fértiles derivado de la pérdida de la cobertura y procesos erosivos del viento y la lluvia
Aire	Composición gaseosa	Mala calidad del aire	Humos grises emitidos de escapes de vehículos pesados y maquinaria Límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental – Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. ---Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición; Falta de mantenimiento preventivo periódico (y correctivo y/o de sustitución) de maquinaria y equipo y su Reporte de actividad realizada en bitácora.
	Partículas suspendidas	Partículas de polvo suspendidas en el aire	Dispersión o suspensión de material particulado en el aire dentro del predio por movimiento de maquinaria.
	Aumento de la temperatura	Incremento de la temperatura y sensación térmica dentro e inmediación del área del proyecto (AP).	Cambio de la temperatura y microclimas derivado del retiro de la cobertura vegetal.
	Acústica	Exceso o incremento de los niveles de ruido	Límites máximos permisibles de la NOM-081-SEMARNAT- 1994 (para zonas industriales con 68 dB de 06.00 am a 22.00 pm y con 65 dB de 22.00 pm a 6.00 am). Ruido excesivo fuera del perímetro del predio en donde se desarrollará el Proyecto. Tranquilidad (percepción sensorial de ruidos fuertes por acciones del Proyecto).
Hidrología	Infiltración	Pérdida de cobertura vegetal	Desmonte de la vegetación. Aumento en la escorrentía durante el temporal de lluvias.
	Dinámica hidrológica	Obstrucción de los escurrimientos durante las lluvias	Obstrucción de escurrimientos con materiales y/o residuos forestales.

Factor ambiental	Atributos ambientales	Indicador Ambiental	Identificación
			Interrupción del libre flujo de agua escurrimientos durante la lluvia
	Calidad del agua	Contaminación de escurrimientos durante las lluvias	Inadecuada disposición de residuos y materiales en los escurrimientos. Residuos forestales y/o otros residuos en escurrimientos naturales. Manejo inadecuado de aguas residuales permitiendo su conducción a escurrimientos en la zona del Proyecto. Derrames accidentales de sustancias al suelo.
Vegetación	Diversidad de la vegetación	Cambio de su composición florística del área del proyecto (AP) y sus alrededores.	Extensión de afectaciones de vegetación en superficies no autorizadas para CUSTF. Cambio en la estructura y composición de especies en los bordes del CUSTF. No contar con el 80% de sobrevivencia de individuos propios del rescate y de la reforestación, específicamente de las especies enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019).
	Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	Mortalidad de individuos de las especies enlistadas en esta NOM.	
	Densidad y cobertura de la vegetación	Reducción de los individuos de flora, así como su cobertura (proyección horizontal de sus copas) dentro del área del proyecto.	
Fauna	Diversidad de la fauna	Reducción de la riqueza de especies.	Reducción de la cantidad de especies (riqueza) de animales por la pérdida de hábitat.
	Abundancia de la fauna	Mortalidad de individuos y pocos avistamientos de fauna local	Individuos afectados y/o decesos de fauna nativa de la zona desmontada
	Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	Cambio en las rutas de desplazamiento de las especies para su alimentación, reproducción y migración.	Desplazamiento de la fauna de zonas en las que originalmente utilizaban dentro del área del proyecto (AP). Se evidencia al no encontrar rastros (específicamente excretas) que apunten a la permanencia de las especies, así como en la reproducción de especies de flora que requieran a la fauna como medio de dispersión
	Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	Mortalidad de los individuos de las especies enlistadas en esta NOM.	Individuos afectados y/o decesos de fauna nativa enlistada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019).
Fondo escénico y estético	Calidad visual.	Fragmentación de la vegetación.	Calidad perceptiva (Mala percepción de la imagen urbana y/o rural del entorno al predio del Proyecto y dentro de este). Integridad escénica (acumulación de residuos en varias áreas dentro del proyecto, Inadecuado estacionado de vehículos pesados y maquinaria, falta de mantenimiento de las áreas del proyecto).

Factor ambiental	Atributos ambientales	Indicador Ambiental	Identificación
	Fragilidad.	Detrimento de la calidad paisajística	Muerte de la vegetación adyacente al AP. Muerte de los individuos del rescate de flora y de las reforestaciones. Baja recuperación de las zonas restauradas.
Económicos	Generación de empleo.	No contratación de personal local para la ejecución del proyecto	Personal local desempleadas durante la ejecución del proyecto Mejoramiento en la calidad de vida del personal local que labora en la obra.
	Consumo de bienes y servicios locales.	Aumento en los consumos de bines y servicios en las localidades cercanas al proyecto	Aumento en la derrama económica de las localidades.

5.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción. Consiste en reconocer qué variables y/o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos y paisajísticos pueden ser afectados de manera significativa. Según la clasificación de los métodos más usuales para la evaluación de impacto ambiental propuesta por Estevan Bolea (1984) la lista de chequeo y las matrices causa efecto son consideradas como sistemas de red y gráficos.

Como se mencionó enteramente para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos negativos y positivos que se generarán con la realización del proyecto, se consideró utilizar la metodología diseñada por Conesa, 1995. Este método se basa en las matrices causa efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en filas, los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

Esta metodología de valoración de impactos es del tipo numérico, cumpliendo con los tres requisitos del modelo ideal de valoración (adecuación conceptual, y adecuación de la información, de manera total y adecuación matemática, de manera parcial), sacrificando, no obstante, parte del rigor matemático a favor de la posibilidad de considerar una mayor cantidad de información.

5.1.3.1 Criterios

La valoración de los impactos identificados ha sido realizada en los términos que define la legislación vigente sobre evaluación de impacto ambiental, diferenciando cuatro niveles de gravedad que de menor a mayor intensidad son los siguientes: Impacto irrelevante o compatible, moderado, severo y crítico.

Desde el punto de vista metodológico, la valoración ha sido efectuada analizando por separado la magnitud y la importancia del impacto y estableciendo a continuación un valor global para la gravedad de este.

Para la valoración de impactos se utilizan matrices de interacción, las cuales son ampliamente utilizadas en las evaluaciones de impacto ambiental (EIA). Sin embargo, esta técnica contiene un enfoque ilustrativo, ya que su poder

analítico se considera insuficiente para el manejo eficaz en la toma de decisiones complejas. Se puede argumentar que el mal uso de las matrices de interacción tiene en algunos casos fallas, desvirtuando deliberadamente la aprobación de los proyectos. Por lo tanto, una alternativa para mejorar la evaluación de impacto ambiental en el corto plazo es mejorar el método de la matriz, de modo que se utilice una evaluación más rigurosa de los impactos a través de matrices matemáticas, por tales motivos para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos negativos y positivos que se generaran con la realización del proyecto, se consideró la metodología diseñada por V. Conesa Fernández-Vítora.

Como ya se describió anteriormente, para calcular la importancia del impacto la cual está representada por un número que se deduce mediante la matriz de V. Conesa Fernández-Vítora a través de la fórmula:

$$I = \pm(3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Obteniendo los valores de los siguientes criterios de evaluación:

Tabla 8. Valores de los Criterios de evaluación de impactos para obtener la importancia del impacto.

Criterios de Evaluación de Impactos	Categoría	Ponderación
Naturaleza	Positivo "+" (Benéfico)	+
	Negativo "-" (Perjudicial)	-
*Intensidad (IN)	Baja	1
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	Crítico	12
Momento (MO)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Inmediato	4
	Critico	8
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin Sinergismo (Simple)	1
	Sinérgico	2
	Muy Sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable de Manera Inmediata	1
	Recuperable a Mediano Plazo	2

Criterios de Evaluación de Impactos	Categoría	Ponderación
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8

* ADMITE VALORES INTERMEDIOS

5.1.3.2 Metodologías de evaluación

Aplicando los valores de la fórmula entre las interacciones de los 7 factores ambientales de los cuales resultaron 21 atributos ambientales y las 6 actividades del proyecto, se obtienen 47 interacciones reales de un total de las 126 interacciones potenciales, lo que significa que el proyecto tiene una impactabilidad del 37 %. La siguiente gráfica resumen estos valores.

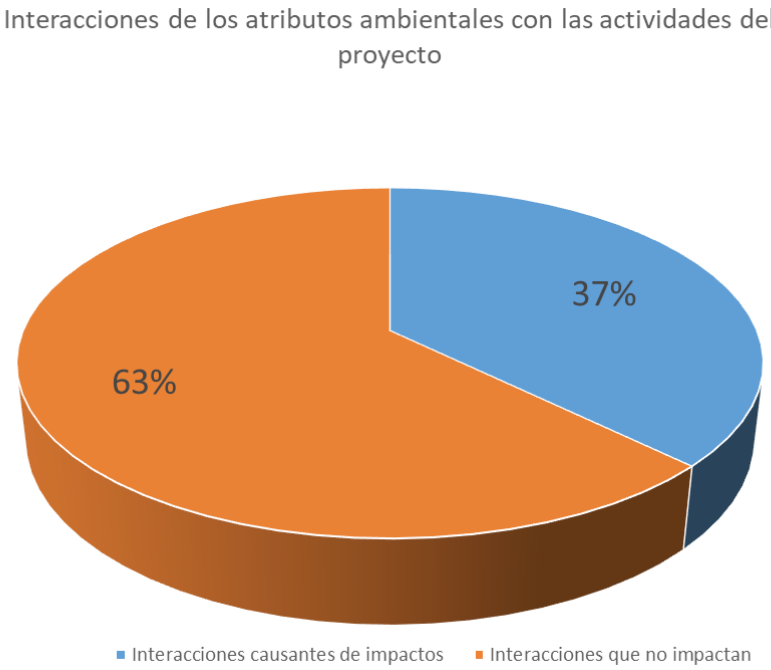


Figura 1. Interacciones de los atributos ambientales con las actividades del proyecto.

De lo anterior, al hacer un análisis en la clasificación de los Impactos Ambientales, se identificaron finalmente 50 impactos ambientales negativos significativos, que podrían presentarse por la acción del proyecto por componente y factor ambiental, los cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 9. Clasificación de los Impactos Ambientales identificados

IMPACTOS	Negativos	Positivos
Impacto irrelevante o compatible	43	9
Impacto moderado	6	0
Impacto severo	1	0
Impacto crítico	0	0

Total	**50**	**9**

Tabla 10. Matriz para la valoración de los impactos ambientales.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS AMBIENTALES	Delimitación del área del Banco e Instalación de obras provisionales		Desmonte		Despalme		Operación de maquinaria		Manejo y disposición de residuos forestales		Limpieza y desmantelamiento de obras provisionales	
			1		2		3		4		5		6	
			-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Abiótico	Suelo	Contaminación	IIC-						IIC-				IIC-	
		Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	IIC-						IIC-				IIC-	
		Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)			IIC-		IM-						IIC-	
	Aire	Composición gaseosa			IIC-				IIC-					
		Aumento de la temperatura			IIC-		IIC-							
		Partículas suspendidas					IIC-							
		Acústica			IIC-				IIC-				IIC-	
	Hidrología	Infiltración			IM-		IIC-							
		Dinámica hidrológica			IIC-		IIC-					IIC		
		Calidad del agua					IIC-		IIC-					
Biótico	Vegetación	Diversidad de la vegetación			IIC-									
		Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III			IIC-									
		Densidad y cobertura de la vegetación			IS-				IIC-					
	Fauna	Diversidad de la fauna	IIC-		IM-		IIC-		IIC-				IIC-	

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS AMBIENTALES	Delimitación del área del Banco e Instalación de obras provisionales		Desmonte		Despalme		Operación de maquinaria		Manejo y disposición de residuos forestales		Limpieza y desmantelamiento de obras provisionales	
			1		2		3		4		5		6	
			-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
		Abundancia de la fauna	IIC-		IM-		IIC-		IIC-				IIC-	
		Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	IIC-		IM-		IIC-		IIC-				IIC-	
		Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	IIC-		IM-		IIC-		IIC-				IIC-	
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual			IIC-						IIC-			IIC
		Fragilidad			IIC-									
Socioeconómico	Económicos	Generación de empleo y mejora de la calidad de vida		IIC		IIC		IIC		IIC		IIC		IIC
		Consumo de bienes y servicios locales								IIC				

Impacto irrelevante o compatible IIC, Impacto moderado IM, Impacto severo IS, Impacto crítico IC

Rojo = Impacto negativo Negro = Impacto positivo

Posteriormente, tras la identificación, evaluación y valoración de impactos, se procedió a describir los impactos negativos identificados que podrían presentarse debido a la acción del proyecto, clasificados por componente y factor ambiental. Estos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Identificación de los Impactos Ambientales Negativos por la ejecución del proyecto.

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto
Suelo	Contaminación	1	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas en la delimitación e instalación de las obras provisionales
		2	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas durante la operación de la maquinaria
		3	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicasdurante el desmantelamiento de las obras provisionales y limpieza del terreno
	Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	4	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la delimitación de las áreas del banco y la instalación de obras provisionales
		5	Deterioro de la calidad del suelo durante la operación de la maquinaria
		6	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la la limpieza y desmantelamiento de las obras provisionales
	Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)	7	Pérdida de suelo por remoción de cobertura vegetal forestal.
		8	Pérdida de suelo por el retiro de capa fértil del suelo por consecuencia de las actividades de despalme.
		9	Pérdida del suelo formado durante la ejecución del proyecto, y que por el desmatelimiento de las obras provisionales y limpieza del predio.
Aire	Composición gaseosa	10	Alteración de la composición del aire por el retiro de la vegetación forestal reduciendo el oxígeno y aumentando el dióxido de carbono en el aire.
		11	Contaminación del aire por el incremento en los niveles de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas y/o contaminantes por el uso de equipo y maquinaria.
	Aumento de la temperatura	12	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de la remoción de la vegetación por las acciones del desmonte.
		13	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de los suelos desnudos derivado del proceso del despalme.
	Partículas suspendidas	14	Incremento de partículas suspendidas durante el despalme.
	Acústica	15	Contaminación por generación de ruido durante las actividades de desmonte.
		16	Incremento por generación de ruido por el uso de maquinaria y equipo.
		17	Incremento por generación de ruido por las actividades de movimiento de material despalmado por la limpieza y preparación del predio.
Hidrología	Infiltración	18	Alteraciones en la capacidad de infiltración del suelo por el retiro de cobertura vegetal forestal.
		19	Disminución de la infiltración por el Incremento de escurrimientos por consecuencia del despalme.
	Dinámica hidrológica	20	Alteración de la red de drenaje natural.
		21	Alteración de la red de drenaje natural por retiro de materia orgánica y capa fértil del suelo por el despalme.
	Calidad del agua	22	Contaminación del agua por el arrastre de sedimentos por despalme de materia orgánica y suelo fértil.
		23	Riesgo de contaminación del agua por derrame accidentales de grasas y aceites durante el manejo de la maquinaria.

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto
Vegetación	Diversidad de la vegetación	24	Disminución de la riqueza florística dentro del área del proyecto y en el borde de este polígono producto del desmonte.
	Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	25	Mortalidad de individuos de especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019)
	Densidad y cobertura de la vegetación	26	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y disminución de servicios ambientales del ecosistema por desmonte de la vegetación por el desmonte.
		27	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y disminución de servicios ambientales del ecosistema por la operación de la maquinaria
Fauna	Diversidad de la fauna	28	Disminución de la riqueza de fauna debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales.
		29	Disminución de la riqueza de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat.
		30	Disminución de la riqueza de fauna debido a las acciones de despalme.
		31	Disminución de la riqueza de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria.
		32	Disminución de la riqueza de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área.
	Abundancia de la fauna	33	Reducción de la abundancia de fauna debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.
		34	Disminución de la abundancia de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.
		35	Disminución de la abundancia de fauna debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.
		36	Disminución de la abundancia de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.
		37	Disminución de la abundancia de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.
	Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	38	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de delimitación del área de trabajo, impidiendo el desplazamiento de la fauna.
		39	Cambio en los patrones desplazamiento y efecto-barrera debido al desmonte, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.
		40	Cambio en los patrones de desplazamiento y efecto-barrera debido al despalme, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.
		41	Cambio en los patrones del comportamiento de la fauna debido al funcionamiento de la maquinaria, además de un efecto-barrera por el proyecto mismo, impidiendo la movilidad de los animales por la zona.
		42	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de la limpieza del área de trabajo y desmantelamiento de obras provisionales, impidiendo el desplazamiento de la fauna.
	Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	43	Reducción de la abundancia de fauna en la NOM debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.
		44	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto
			desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.
		45	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.
		46	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.
		47	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.
Paisaje	Calidad visual	48	Disminución de las cualidades estéticas del paisaje por la pérdida de cobertura vegetal
		49	Cambio en las cualidades estéticas del paisaje por el relleno del banco con material despalmado
	Fragmentación	50	Fragmentación del Paisaje por la pérdida de cobertura vegetal aumentando la fragilidad del lugar

Tabla 12. Descripción de los impactos ambientales negativos identificados.

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
Suelo	Contaminación	1	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas en la delimitación e instalación de las obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Durante el uso del equipo y la maquinaria para la delimitación del área de trabajo e instalación de las obras provisionales, el suelo puede sufrir derrames accidentales de hidrocarburos ya sea porque la maquinaria está en mal estado o por el suministro de grasas, aceites o combustibles para su funcionamiento, así como algunos aditivos. Por otro lado, la contaminación del suelo es una degradación de la calidad de este, asociada a la presencia de sustancias químicas. En otras palabras, el aumento en la concentración de compuestos químicos de origen antropogénico, que provoca cambios perjudiciales y reduce su función ecológica, afectando la biota edáfica, las plantas, la vida animal e incluso la salud humana. Es importante mencionar que, dependiendo de las características de cada contaminante, su concentración y las características del suelo, los efectos serán diferentes desde leves hasta graves.
		2	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas durante la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Durante la operación de la maquinaria para la ejecución de este proyecto, el suelo puede sufrir derrames accidentales de hidrocarburos ya sea porque la maquinaria está en mal estado o por el suministro de grasas, aceites o combustibles para su funcionamiento, así como algunos aditivos. Por otro lado, la contaminación del suelo es una degradación de la calidad de este, asociada a la presencia de sustancias químicas. En otras palabras, el aumento en la concentración de compuestos químicos de origen antropogénico, que provoca cambios perjudiciales y reduce su función ecológica, afectando la biota edáfica, las plantas, la vida animal e incluso la salud humana.
		3	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicasdurante el desmantelamiento de las obras provisionales y limpieza del terreno	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Durante la operación de la maquinaria para la limpieza del terreno y el desmantelamiento de las obras provisionales, el suelo puede sufrir derrames accidentales de hidrocarburos ya sea porque la maquinaria está en mal estado o por el suministro de grasas, aceites o combustibles para su funcionamiento, así como algunos aditivos. Por otro lado, la contaminación del suelo es una degradación de la calidad de este, asociada a la presencia de sustancias químicas. En otras palabras, el aumento en la concentración de compuestos químicos de origen antropogénico, que provoca cambios perjudiciales y reduce su función ecológica, afectando la biota edáfica, las plantas, la vida animal e incluso la salud humana.
	Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	4	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la delimitación de las áreas del banco y la instalación de obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al emplear la maquinaria para la delimitación del área del proyecto y la instalación de obras provisionales, la compactación y deterioro que pudiera provocar esta maquinaria afectaría directamente las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del suelo, aunado a la posibilidad del derrame de hidrocarburos que incrementarían aún más la calidad del suelo.

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
		5	Deterioro de la calidad del suelo durante la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al emplear la maquinaria para la ejecución del proyecto promoverían aún más la compactación y deterioro que pudiera provocar esta maquinaria afectaría directamente las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del suelo, aunado a la posibilidad del derrame de hidrocarburos que incrementarían aún más la calidad del suelo. Sobre todo porque en esta etapa del proyecto es más frecuente el uso de la maquinaria y el tránsito humano por la cantidad de trabajadores.
		6	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la la limpieza y desmantelamiento de las obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al emplear la maquinaria para la limpieza del terreno y el retiro de las obras provisionales aumentaría la compactación y deterioro de las propiedades fisicoquímicas del suelo producto del uso de la maquinaria el tránsito de los trabajadores para estas actividades.
	Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)	7	Pérdida de suelo por remoción de cobertura vegetal forestal.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al perder los suelos su cobertura natural se presenta enseguida, una serie de cambios que repercuten de manera negativa en la fertilidad y la productividad natural del suelo. La remoción de vegetación altera el equilibrio natural, deja la superficie del suelo expuesta a los agentes erosivos e interrumpe el aporte de restos vegetales al suelo. Los procesos erosivos impiden la colonización vegetal o hacen que ésta avance con mucha lentitud, lo que acelera la pérdida.
		8	Pérdida de suelo por el retiro de capa fértil del suelo por consecuencia de las actividades de despalme.	Impacto moderado (-IM)	El despalme ocasiona una afectación directa a la cubierta edáfica debido a la exposición a agente erosivos como el viento, la lluvia o el paso de personal y maquinaria, que se magnifican con el retiro de la cubierta vegetal por lo que los impactos generados se relacionan principalmente con la erosión del suelo (hídrica, eólica y/o antrópica). Al separar el suelo de su cubierta vegetal y acumularlo en montículo o dispuesto en otras áreas aumenta su susceptibilidad a la erosión ya sea por agentes relacionados con el viento, o por ser lavado por la lluvia. Por otro lado, la superficie que ha sido despojada de la cubierta vegetal y de la capa superficial del suelo también es fácilmente erosionable por la acción del viento y el agua. Asimismo, en virtud de las características presentes en el predio del proyecto por el sistema de Topoformas, el desmonte y despalme realizados en el polígono deja al suelo vulnerable a procesos erosivos, es de suma relevancia la aplicación inmediata (posterior a estas actividades) de las medidas de mitigación (barreras protectoras, revegetación) que minimicen los efectos erosivos y permitan a mediano y largo plazo la restauración y mejoramiento de la calidad ambiental de las zonas afectadas de forma temporal.
		9	Pérdida del suelo formado durante la ejecución del proyecto, y que por el desmatelimiento de las obras provisionales y limpieza del predio.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Durante las actividades de limpieza y preparación del predio se presentará el proceso erosivo de manera eólica, ya que el suelo queda expuesto y suelto, permitiendo su desplazamiento por el aire.
Aire	Composición gaseosa	10	Alteración de la composición del aire por el retiro de la vegetación forestal reduciendo el oxígeno y aumentando el dióxido de carbono en el aire.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	La remoción de cobertura vegetal forestal provoca la liberación de dióxido de carbono almaceno por lo arboles, lo que contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Asimismo, el retiro de la cobertura vegetal reduce la capacidad del suelo para absorber el dióxido de carbono de manera puntual sobre el área del proyecto.
		11	Contaminación del aire por el incremento en los niveles de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas y/o contaminantes por	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Se estima que la calidad del aire se podría ver disminuida por la generación de contaminantes como los gases de efecto invernadero y por la dispersión y suspensión de partículas en el aire, derivado de las actividades desmonte, el impacto se genera en el AP y específicamente en los frentes de trabajo que estén operando; por lo que se considera un

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			el uso de equipo y maquinaria.		impacto puntual y temporal. Este impacto se genera directamente por la combustión de los combustibles usados por la maquinaria, equipos y vehículos que serán usados en actividades del Proyecto. En el caso la contaminación por gases de efecto invernadero derivados de la maquinaria, se estima que su impacto será poco significativo debido a que la exposición y dispersión de los contaminantes será por lapsos relativamente cortos y podrán dispersarse en la zona por su exposición al viento.
	Aumento de la temperatura	12	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de la remoción de la vegetación por las acciones del desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al momento de ejecutar las acciones de desmonte dentro del área del proyecto, la cobertura vegetal que regulaba los microclimas y la sensación térmica del lugar ya no cumple esta función, por lo que se presenta un aumento de la temperatura.
		13	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de los suelos desnudos derivado del proceso del despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Posterior al retiro de la vegetación, a consecuencia de la siguiente que actividad que es el despalme, el aumento de la sensación térmica incrementa al retirar la capa fértil del suelo puesto que también es fundamental para regular el clima, por lo que la temperatura aumenta.
	Partículas suspendidas	14	Incremento de partículas suspendidas durante el despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	El desprendimiento de partículas que se suspenderán en el aire presenta también diferentes índices de impacto que van de bajo a alto, dependiendo de la actividad del Proyecto que se desarrolle e incluso también se considera un impacto puntual, temporal e intermitente. Los daños de más alto nivel se observan durante las actividades de despalme, cuando el suelo queda expuesto a los agentes erosivos como el viento que libera las partículas por el aire. No obstante, estos impactos son de corta duración en el tiempo si se aplican las medidas de mitigación pertinentes, como humedecer el material edáfico durante la construcción e implementar medidas de mitigación que eviten la erosión del suelo a lo largo de la vida del proyecto. Durante las actividades de despalme la concentración de gases nocivos y levantamiento de polvo impactarán directamente en los trabajadores, por lo que deberán contar además con el equipo necesario para evitar ser afectados por las condiciones atmosféricas.
	Acústica	15	Contaminación por generación de ruido durante las actividades de desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Las actividades de desmonte por el uso de maquinaria generan niveles de ruido altos y variables. Este ruido ahuyenta a la fauna silvestre y en algunos casos ocasiona problemas de salud como sordera temporal o permanente si existe exposición prolongada a esos niveles de ruido. El desmonte de la vegetación deja el descubierto el área afectada permitiendo que los niveles de ruido aumenten.
		16	Incremento por generación de ruido por el uso de maquinaria y equipo.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	El uso de maquinaria incrementará los niveles de ruido en el área del banco, este impacto se identifica como adverso poco significativo porque es un impacto temporal y muy puntual según el frente de trabajo que se esté interviniendo. Por otro lado, para la fauna la intensidad del ruido apreciable propicia que la zona sea absolutamente evitada por algunas especies, por lo menos durante algunas temporadas de importancia biológica como la reproducción o la alimentación. Ello disminuye inevitablemente el hábitat disponible y altera el comportamiento de las especies, ya que por mencionar algunos, se interrumpe la comunicación acústica y con ella se generan cambios en el apareamiento, en la búsqueda de alimento, en sus señales de advertencia y cuidado de las crías etc. Sin embargo, es también identificable la adaptación de ciertas especies de la fauna silvestre a las actividades antrópicas.
		17	Incremento por generación de ruido por las actividades de movimiento de	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Los procesos de limpieza y preparación del predio implican la generación de altos niveles de ruido por el movimiento de la maquinaria, lo que lleva consigo la alteración de los

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			material despalmado por la limpieza y preparación del predio.		niveles sonoros en el área del proyecto y zonas aleñas.
Hidrología	Infiltración	18	Alteraciones en la capacidad de infiltración del suelo por el retiro de cobertura vegetal forestal.	Impacto moderado (-IM)	La remoción de la cobertura vegetal disminuirá la capacidad de infiltración del agua, ya que las raíces de ésta sirven como vías para conducir el agua, además de funcionar como retenedoras de humedad. Al estar el suelo descubierto de vegetación se modificará la velocidad de escurrimiento modificando los niveles de infiltración el área del proyecto.
		19	Disminución de la infiltración por el Incremento de escurrimientos por consecuencia del despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	La remoción de cobertura vegetal forestal aumenta el escurrimiento y la evaporación de la humedad del suelo y al mismo tiempo proporciona una menor cantidad de infiltración de agua en el perfil edáfico. El porcentaje de agua de lluvia que se infiltra en el suelo depende de la cantidad de cobertura vegetal presente en el suelo.
	Dinámica hidrológica	20	Alteración de la red de drenaje natural.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Una vez realiza las actividades de despalme se disminuirá la superficie de infiltración del agua al suelo, por lo que aumentarán los escurrimientos superficiales alterando la dinámica hidrológica en el área del proyecto.
		21	Alteración de la red de drenaje natural por retiro de materia orgánica y capa fértil del suelo por el despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	El material despalmado podría llegar a obstaculizar los escurrimientos del agua modificando su curso y en consecuencia se modifica también la tasa de infiltración de agua. El impacto generado es adverso significativo debido a que es un impacto permanente. Por otra parte, la alteración de la dinámica hidrológica podría verse afectada por la modificación del relieve mediante los movimientos de tierra, lo cual puede modificar el escurrimiento superficial durante el temporal de lluvias, y exponer grandes superficies susceptibles de erosión, ocasionado el arrastre de enormes cantidades de sedimentos.
	Calidad del agua	22	Contaminación del agua por el arrastre de sedimentos por despalme de materia orgánica y suelo fértil.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Las actividades de despalme dejaran el suelo completamente desnudo, así como, material edáfico suelto lo que contribuirá al arrastre de sedimento durante el temporal de lluvias ocasionado la contaminación del agua por el incremento de sólidos, este impacto será puntual y temporal.
		23	Riesgo de contaminación del agua por derrame accidentales de grasas y aceites durante el manejo de la maquinaria.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	El recurso del agua podría ver afectado por el uso maquinaria, ya que pueden existir derrames de sustancias como grasas, aceites o hidrocarburos sobre el suelo, que pueden ser arrastrado hacia el acuífero por las corrientes aguas superficiales.
Vegetación	Diversidad de la vegetación	24	Disminución de la riqueza florística dentro del área del proyecto y en el borde de este polígono producto del desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Durante las actividades de desmonte, se retira la cobertura vegetal que alberga a una riqueza específica para el área del proyecto, en donde el proceso de sucesión se detiene totalmente y se pierde esta riqueza. Asimismo, esto es tangible en los bordes del predio pues la vegetación allí establecida reduce su riqueza o el cambio de la composición de las especies pasa a ser secundario.
	Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	25	Mortalidad de individuos de especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019)	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Con las actividades de desmonte, las especies en la NOM en específico son afectadas por la pérdida de su hábitat. Además, las acciones de recolección y colecta ilegal de plantas son muy comunes, ya que se tiene un mayor acceso y se vulnera la protección natural de las especies que son consideradas importantes por el valor económico que se puede obtener al comercializarlas en la zona. La familia de las orquídeas es la más afectada por comercialización de especies, seguido de las bromelias, todas poseen un alto valor estético por lo que no es raro ver su comercio en los mercados y zonas urbanas cercanas donde son rematadas.
	Densidad y cobertura de la vegetación	26	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y	Impacto severo (-IS)	La remoción de cobertura vegetal tendrá un impacto negativo específicamente durante el desmonte, cuando toda la cubierta vegetal sobre el polígono de afectación sea removida. Esta remoción conlleva reducir las áreas de la zona que aún conservan conglomerados vegetales con un contenido significativo de elementos nativos, los estratos vegetales se

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			disminución de servicios ambientales del ecosistema por desmonte de la vegetación por el desmonte.		verán fragmentados en su distribución natural, ya que algunas especies son de lento crecimiento, tal como los componentes plantas epífitas. Estos elementos florísticos presentan una sinergia importante con los componentes faunísticos y climáticos, por lo que la reducción de sus superficies deriva en afectaciones de varios ciclos naturales, así como la propagación natural de las especies que serán removidas. Asimismo, el retiro de vegetación presenta un proceso de perturbación, toda vez que los ecosistemas están en continua dinámica ecológica, donde el crecimiento o propagación de la cubierta vegetal se renueva estacionalmente, lo cual impacta en los renuevos que pudieran implantarse, ya que con los movimientos de maquinaria y personal constante podrían pasar desapercibidos para su rescate, por lo que se considera que este es un impacto acumulativo. La vegetación es un elemento fundamental para un ecosistema, ya que no solo es la primera fuente de alimento en las cadenas tróficas, sino que proporciona refugio a la fauna en todos los estratos, desde pequeñas bromelias que pueden albergar anfibios, hasta madrigueras para mamíferos o aves; también proporcionan sombra, son resguardos para las inclemencias climáticas como fuertes lluvias, alta radiación solar o corrientes de vientos muy rápidas. La cantidad de servicios ambientales se ven reflejados en todos los elementos que conforman una comunidad, desde lo abiótico hasta lo biótico, aun cuando es común desvalorizar la cubierta vegetal, es importante para las dinámicas incluso para las actividades humanas, ya que los suelos ricos en nutrientes para las cosechas, está íntimamente relacionado con el contenido de materia orgánica proveniente de los estratos vegetales, proporcionan alimento y pueden tener un fin recreativo en áreas frecuentadas para actividades acuáticas. La captación hídrica y la prevención de erosión por viento son otros servicios ambientales que son fundamentales para un bioma saludable, así como la retención de suelos en zonas con poca fijación edafológica, las raíces funcionan como una red de contención que evita el deslave y derrumbe en las partes altas. La calidad paisajística es una característica que se olvida frecuentemente, sin embargo, es la característica más evidente que se percibe cuando se ha perdido una masa vegetal. Este impacto es residual para la zona, ya que las superficies con cobertura vegetal nativa aun cuando sean objeto de la restauración ecológica presentarán una merma en los servicios ambientales, ya que la percepción paisajística no será la misma.
		27	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y disminución de servicios ambientales del ecosistema por la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Derivado del impacto anterior, las actividades de la operación de la maquinaria estagnan el proceso de sucesión de la vegetación, lo que interrumpe la cobertura y densidad de las plantas dentro del área del proyecto.
Fauna	Diversidad de la fauna	28	Disminución de la riqueza de fauna debido a la delimitación del área del	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al momento de que se comienza con las acciones de delimitación del predio y la instalación de las obras provisionales, la presencia de personas y equipamiento ahuyenta a la fauna, la

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			proyecto e instalación de obras provisionales.		cual se refugia en otros sitios hasta que se siente segura, o no regresa al sitio.
		29	Disminución de la riqueza de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat.	Impacto moderado (-IM)	El retiro de la vegetación y el suelo, contaminación ambiental y visual provoca cambios en el comportamiento de muchas especies animales que habitan en las cercanías del proyecto. En el caso particular del efecto del ruido, existe una variabilidad del canto de las aves canoras ya que se ha determinado que su vocalización (principalmente en la época reproductiva) cambia de forma inmediata a las fluctuaciones del ruido del tránsito al ajustar la duración y las frecuencias de sus cantos para intentar mejorar su transmisión.
		30	Disminución de la riqueza de fauna debido a las acciones de despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
		31	Disminución de la riqueza de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	El uso de la maquinaria provoca un cambio en el entorno acústico y visual en el que la fauna, que aunado a que perdió su hábitat por las actividades anteriores, se mantiene al margen del predio, por lo que los avistamientos y la riqueza se reducen bastante.
		32	Disminución de la riqueza de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al igual que en la delimitación del sitio, la limpieza y el desmantelamiento de las obras provisionales requieren de la presencia de personas y equipamiento que ahuyenta a la fauna, la cual se refugia en otros sitios hasta que se siente segura, o no regresa al sitio.
	Abundancia de la fauna	33	Reducción de la abundancia de fauna debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Una vez iniciada la delimitación del área e instalación de obras provisionales, la presencia ruidos provocará una resistencia de las especies por cruzar el predio, lo que provocará que muchos de los ejemplares de estas poblaciones tiendan a modificar sus rutas de dispersión en la búsqueda de alimento, refugio, pareja o nuevos territorios alejándose del área del proyecto y disminuyendo así su abundancia.
		34	Disminución de la abundancia de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.	Impacto moderado (-IM)	Durante el proceso de desmonte, la fauna pierde tu hábitat puesto que durante el retiro de vegetación se afecta totalmente donde llevan a cabo sus ciclos de vida (alimentación, reproducción, descanso) por lo que esta se desplaza a otras zonas donde puedan cumplir esta función biológica.
		35	Disminución de la abundancia de fauna debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Posteriormente, se lleva a cabo el despalme en donde los últimos refugios de la fauna son retirados (suelo fértil y horizontes sucesivos) por lo que estos últimos individuos se desplazan a un nuevo lugar para cumplir sus ciclos biológicos.
		36	Disminución de la abundancia de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al operar la maquinaria y con la presencia de las personas, los individuos de fauna local se mantienen alejados al área del proyecto. En el supuesto de que ya no hay presencia de animales, se piensa que esto misma evita que se acerquen. Sin embargo, conforme pasa el tiempo los animales pueden acostumbrarse a estas actividades y ser susceptibles a ser atropellados.
		37	Disminución de la abundancia de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al igual que en la delimitación del sitio, la limpieza y el desmantelamiento de las obras provisionales requieren de la presencia de personas y equipamiento que ahuyenta a la fauna, la cual se refugia en otros sitios hasta que se siente segura, o no regresa al sitio.
	Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	38	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de delimitación del área de trabajo, impidiendo el desplazamiento de la fauna.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Como se menciona en los impactos anteriores, la delimitación del área del proyecto y la instalación de las obras provisionales provoca un cambio en los patrones de la distribución de la fauna, la cual cambia sus rutas de búsqueda de alimento y refugio, así como de reproducción.
		39	Cambio en los patrones desplazamiento y efecto-barrera	Impacto moderado (-IM)	Con el desmonte, se modifica totalmente el hábitat dentro del área del proyecto, que utilizan para cumplir sus ciclos biológicos, además de que se genera un interfaz de

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			debido al desmonte, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.		resistencia (efecto-barrera) en el que los animales ya no transitan y cambian completamente sus patrones de desplazamiento.
		40	Cambio en los patrones de desplazamiento y efecto-barrera debido al despalme, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	En el caso del despalme, si bien la interfaz ha sido modificada por la actividad anterior, el despalme incrementa este efecto-barrera para aquellos animales que se desplazan bajo el suelo o que necesitan de cierta temperatura del suelo para poder desplazarse. Por ello, esto incremente este efecto-barrera para el desplazamiento de los animales.
		41	Cambio en los patrones del comportamiento de la fauna debido al funcionamiento de la maquinaria, además de un efecto-barrera por el proyecto mismo, impidiendo la movilidad de los animales por la zona.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	La permanencia de la maquinaria y el personal durante la ejecución del proyecto provoca un cambio en los patrones de desplazamiento de la fauna, que, si bien el hábitat ya ha sido fragmentado por el desmonte y despalme, los ruidos provocados y el tránsito de las personas generan una resistencia (efecto-barrera) de los animales para que estos se desplazan hacia el área del proyecto.
		42	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de la limpieza del área de trabajo y desmantelamiento de obras provisionales, impidiendo el desplazamiento de la fauna.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Asimismo, la limpieza del sitio y desinstala miento de las obras provisionales provoca un cambio en los patrones de la distribución de la fauna que ya se ha acostumbrado a la interfaz del proyecto, volviendo a modificar sus patrones de desplazamiento y alimentación.
	Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	43	Reducción de la abundancia de fauna en la NOM debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Una vez iniciada la delimitación del área e instalación de obras provisionales, la presencia ruidos provocará una resistencia de las especies por cruzar el predio, lo que provocará que muchos de los ejemplares de estas poblaciones dentro de la NOM tiendan a modificar sus rutas de dispersión en la búsqueda de alimento, refugio, pareja o nuevos territorios alejándose del área del proyecto y disminuyendo así su abundancia.
		44	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.	Impacto moderado (-IM)	Durante el proceso de desmonte, la fauna dentro de la NOM pierde tu hábitat puesto que durante el retiro de vegetación se afecta totalmente donde llevan a cabo sus ciclos de vida (alimentación, reproducción, descanso) por lo que esta se desplaza a otras zonas donde puedan cumplir esta función biológica.
		45	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Posteriormente, se lleva a cabo el despalme en donde los últimos refugios de la fauna dentro de la NOM son retirados (suelo fértil y horizontes sucesivos) por lo que estos últimos individuos se desplazan a un nuevo lugar para cumplir sus ciclos biológicos.
		46	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al operar la maquinaria y con la presencia de las personas, los individuos de fauna local en la NOM se mantienen alejados al área del proyecto. En el supuesto de que ya no hay presencia de animales, se piensa que esto misma evita que se acerquen. Sin embargo, conforme pasa el tiempo los animales pueden acostumbrarse a estas actividades y ser susceptibles a ser atropellados.
		47	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Al igual que en la delimitación del sitio, la limpieza y el desmantelamiento de las obras provisionales requieren de la presencia de personas y equipamiento que ahuyenta a la fauna en la NOM, la cual se refugia en otros sitios hasta que se siente segura, o no regresa al sitio.
Paisaje	Calidad visual	48	Disminución de las cualidades	Impacto Irrelevante o	Derivado de las actividades de desmonte y limpieza y preparación del predio, se podría

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Descripción del impacto
			estéticas del paisaje por la pérdida de cobertura vegetal	Incompatible (-IIC)	provocar un detrimento de las cualidades paisajísticas actuales. Asimismo, en las zonas con vegetación, sobre todo los desmontes provocarán la afectación de las cualidades naturales del paisaje. Dicho impacto se considera permanente, el banco de material se adaptará en el corto plazo a las cualidades estéticas de la zona, percibiéndose e integrándose el SA.
		49	Cambio en las cualidades estéticas del paisaje por el relleno del banco con material despalmado	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	Fragmentación	50	Fragmentación del Paisaje por la pérdida de cobertura vegetal aumentando la fragilidad del lugar	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	La causa de la fragmentación del paisaje será por el funcionamiento conjunto de los ecosistemas, este impacto que se ha estudiado ya por un buen tiempo tiene sus afectaciones principalmente dirigidas a la biodiversidad, bajo dos fundamentos principales, tales son: la teoría biogeográfica y la teoría de metapoblaciones. Asimismo, la conectividad es la cualidad del paisaje que hace posible el flujo de materiales e individuos, entre diversos ecosistemas, comunidades, especies o poblaciones. En el caso de las especies y poblaciones comprende tanto los movimientos diarios o estacionales como los movimientos de dispersión juvenil, las migraciones o los movimientos que se producen para escapar de perturbaciones. Por lo anterior, la remoción de cobertura vegetal además de otras actividades desarrolladas como parte del crecimiento urbano provocan la fragmentación del hábitat, en este sentido la fragmentación excesiva de los ecosistemas puede reducir la aptitud de un hábitat para ciertas especies, al no existir fragmentos suficientemente grandes para mantener poblaciones estables.

La ejecución del proyecto también puede generar impactos benéficos en cada una de las actividades a realizar, a continuación, se menciona algunos de ellos.

Tabla 13. Impactos positivos identificados en la ejecución del proyecto.

Factor Ambiental	Atributo ambiental	Descripción
Suelo	Contaminación	El Censo Forestal y Florístico realizado antes de las acciones de cambio de uso de suelo de terrenos forestales contribuye positivamente a la prevención de la contaminación del suelo, ya que permite la identificación las condiciones actuales del suelo, identificando las áreas sensibles y conocer si hay posibles fuentes de contaminación. Al tener un conocimiento preciso de la flora existente y la estructura del suelo, es posible planificar las medidas posteriores al CUSTF de manera que se minimicen las perturbaciones y se evite la dispersión de contaminantes en este factor ambiental. Además, el censo proporciona datos valiosos sobre la presencia de especies vegetales que juegan un papel crucial en la estabilización del suelo y la prevención de la erosión.
Hidrología	Dinámica hidrológica	Una buena logística en la focalización de los componentes, maquinaria y herramientas de trabajo evita la obstrucción de los canales de infiltración y se mantiene la estructura del suelo, lo que favorece la penetración del agua de lluvia y reduce el escurrimiento superficial. La adecuada disposición de residuos forestales también contribuye a la formación de una capa de cobertura orgánica sobre el suelo, que actúa como un acolchado natural. Esta capa orgánica no solo protege el suelo de la erosión causada por la lluvia y el viento, sino que también facilita la infiltración de agua al aumentar la porosidad del suelo. El material orgánico mejora la estructura del suelo, creando espacios porosos que permiten que el agua penetre más fácilmente en lugar de escurrir sobre la superficie.
Fondo escénico y estético	Calidad visual	La remoción de estructuras temporales como oficinas, almacenes y otros elementos provisionales mejora notablemente la estética del entorno. La eliminación de estos componentes permite que el paisaje recupere su apariencia natural, eliminando distracciones visuales y restaurando la belleza escénica de la zona. Además, esta remoción facilita la eliminación de residuos y escombros asociados con las obras provisionales. Este proceso reduce la presencia de materiales que pueden ser visualmente discordantes y poco estéticos, como restos de metales, plásticos y otros desechos.

Así mismo, los impactos benéficos que considera el Proyecto son en el factor socioeconómico, donde los impactos más sobresalientes son:

- Generación de empleo temporales y permanentes y mejora de calidad de vida (mano de obra calificada y no calificada)
- Consumo de bienes y servicios locales

- **Impactos residuales**

A continuación, en la tabla siguiente, se presentan solo los impactos residuales que se consideraron para el proyecto.

Tabla 14. Descripción de los impactos residuales del proyecto.

Descripción del impacto	Implicaciones
Pérdida de la cubierta forestal	Este impacto se consideró de tipo residual, pues la vegetación a desmontar contribuye a la disminución de la cobertura vegetal del SA, la pérdida de vegetación no solo es aplicable por el proyecto, sino también es practicada por la población de la zona con fines de agricultura o vivienda que provocan la deforestación y la reducción de la cobertura vegetal. Sin embargo, con acciones como la reforestación con especies nativas de la zona, se reducirán los impactos negativos al factor flora.
Pérdida de la diversidad de flora y hábitats	El proyecto requiere afectar áreas con vegetación forestal donde las actividades de desmonte y derribo de árboles disminuyen los hábitats potenciales presentes en esas áreas. La agricultura presente dentro del SA representa un riesgo en el incremento de la superficie que ocupa, derivado de asentamientos humanos e infraestructura, que reduce la vegetación natural o la transforma, y que de manera residual el Banco dejará la pauta para la construcción de nuevas obras.
Incremento del efecto de apertura de claro en las selvas	El efecto de apertura de claro en la selva se manifiesta con la fragmentación del ecosistema, el cual ocurre dentro del SA al haber presencia de agricultura y ganadería. El impacto residual radica que el derribo de árboles requeridos por el proyecto disminuyendo la capacidad que el sistema ofrece de nichos ecológicos para las especies de fauna silvestre, sin embargo, el ejecutar medidas de reforestación en el corto plazo no resarcirá este efecto que a largo plazo podrá recuperarse e incrementarse.

- **Impactos acumulativos**

Los impactos acumulativos son aquellos que se suman a los impactos ambientales que ocurrieron en el pasado o están ocurriendo en el presente y que no necesariamente, son provocados por la misma actividad a la que refiere el presente Proyecto. En la siguiente Tabla se presentan los impactos acumulativos para el proyecto.

Tabla 15. Descripción de los impactos acumulativos del proyecto.

Descripción del impacto	Implicaciones
Atropellamiento de fauna	Este impacto se considera como acumulativo pues la fauna silvestre quedara bajo riesgo de atropellamiento cuando las actividades de cambio de uso de suelo incrementen el número de vehículos en el área del proyecto.

Descripción del impacto	Implicaciones
Pérdida de suelo	Este impacto se considera acumulativo porque genera una afectación directa al suelo donde se remueven todos los procesos biogeoquímicos que ahí se llevan, la estructura se modifica pues se convierte un suelo natural a un suelo compactado, donde no se podrán continuar los procesos naturales sobre todo en la superficie a afectar. El suelo removido será reutilizado en actividades de reforestación.
Emisión de partículas suspendidas	Se considera de manera acumulativa este impacto, pues la remoción de vegetación provocará un mayor tránsito de vehículos, que mantendrá emisiones de gases contaminantes en el sitio del proyecto, los cuales por sus características tienen propiedades químicas asociadas a la mala calidad del aire y al fomento de los gases efecto invernadero.

- **Impactos sinérgicos**

Los impactos sinérgicos con aquellos que en su conjunto producen un efecto que supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales. A continuación, se presentan los impactos sinérgicos indicados para este proyecto.

Tabla 14. Descripción de los impactos sinérgicos del proyecto.

Descripción del impacto	Implicaciones
Pérdida de biodiversidad	Derivado de que en el sistema ambiental regional de este proyecto se detectaron algunos mega proyectos como el **Tren Maya y sus obras asociadas**, específicamente en su **Tramo 5N**, así como la tendencia de expansión urbana en núcleos consolidados como Cancún, sumado a la creciente generación de vías de comunicación terrestres, la modificación de los hábitats y ecosistemas originales ha reducido su calidad para albergar a la biodiversidad, por lo que la suma de estos factores aceleran la pérdida de la biodiversidad ya registrada y aquella que aún es desconocida para la ciencia.
Fragmentación de hábitats	El desmonte generado a lo largo del historial de cambio de uso de suelo en terrenos forestales debido a la expansión de las actividades agropecuarias, núcleos poblacionales y construcción de vías de comunicación terrestres rurales y de mega proyectos como el Tren Maya, genera la fragmentación de hábitats al reducirlos a "parches" cada vez menos conectados y en donde la biodiversidad (específicamente fauna) presenta más dificultades para completar sus ciclos biológicos en los espacios en donde originalmente se distribuía.
Deterioro de la calidad paisajística	El aumento en el cambio de las coberturas originales provoca un cambio tangible en el panorama original que imperaba dentro de este sistema ambiental regional. Esto es debido a la suma de proyectos en donde se ha retirado principalmente la cobertura arbórea que históricamente daba identidad a este sistema. Este deterioro no sólo provoca un decremento en el bienestar psicológico de los pobladores, sino que también genera un cambio en los patrones de desplazamiento y movilidad de la fauna silvestre, además de que suma a la pérdida de identidad de los sitios de los pueblos originarios que tomaban a los ecosistemas originales como sitios de identidad, folklor y tradiciones.

No obstante, para prevenir, mitigar y compensar los impactos sinérgicos identificados se implementarán los programas ambientales propuestos en los capítulos subsecuentes.

- **Conclusiones**

El presente estudio consideró evaluar la información disponible y proponer un diagnóstico de las posibles afectaciones al entorno ambiental, vinculado a la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Basándonos en la matriz de impactos expuesta anteriormente, durante el desarrollo del proyecto se observa que el sistema se encontrará generalmente compuesto en un ambiente moderado esto es debido a que habrá impactos negativos sobre los componentes bióticos y abióticos mencionados anteriormente. Sin embargo, los componentes socioeconómicos se verán impactados de manera positiva, ya que se crearán empleos temporales y se requerirá de servicios por lo que aumentará la derrama económica en la zona de influencia al proyecto.

Aunado a esto, los impactos ocasionados serán en gran medida atenuados durante las diferentes actividades del proyecto por la aplicación y ejecución de las medidas de prevención, mitigación, compensación y programas ambientales propuestos, por lo que las actividades que se realizarán no pondrán en riesgo la estabilidad del sistema ambiental, a su vez no se observa ninguna restricción legal para su ejecución por lo que considera compatible y ambientalmente viable la realización del presente proyecto, cumpliendo con todas las observaciones y recomendaciones incluidas en la presente manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional. **Los impactos ocasionados serán en gran medida atenuados durante las diferentes actividades del proyecto por la aplicación y ejecución de las medidas de prevención, mitigación, compensación y programas ambientales propuestos, por lo que las actividades que se realizarán no pondrán en riesgo la estabilidad del sistema ambiental, a su vez** no se observa ninguna restricción legal para su ejecución **por lo que considera compatible y ambientalmente viable la realización del presente proyecto,** cumpliendo con todas las observaciones y recomendaciones incluidas en la presente manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO VI
MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

ÍNDICE

6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES....3

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL....5

6.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)....12

6.2.1 Objetivos....13

6.2.1.1 Objetivo general....13
6.2.1.2 Objetivos particulares....13
6.2.2 Metas....13

6.2.3 Descripción de las acciones que serán aplicadas para ejecutar las medidas contenidas en la manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto....13

6.2.4 Propuesta de los indicadores de seguimiento y monitoreo de los programas ambientales....13

6.2.4.1 Propuesta del índice de eficiencia....14
6.2.4.2 Propuesta de los criterios de evaluación del cumplimiento ambiental....14
6.2.4.3 Propuesta del índice de cumplimiento ambiental....15
6.2.4.4 Propuesta del índice de desempeño....15
6.2.5 Fichas técnicas de Seguimiento Ambiental del proyecto....15

6.2.5.1 Ficha técnica de seguimiento ambiental de Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre 17
6.2.5.2 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre....20
6.2.5.3 Ficha Técnica del Programa de Compensación Ambiental....23
6.2.5.4 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Protección y Conservación de Suelos.24
6.2.5.5 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Manejo Integral de Residuos....28
6.2.5.6 Fichas técnicas de la categoría de seguimiento ambiental de los programas ambientales....30
6.2.5.7 Fichas técnicas de la categoría de manejo ambiental y medidas generales....31
6.2.5.8 Otras actividades e indicadores de seguimiento de impacto ambiental que deberán seguirse:....36
6.2.6 Umbrales de efectividad....37

6.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)....39

6.4. CONCLUSIONES....40

6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El presente capitulo incluye las medidas de mitigación que se aplican para atender a los impactos adversos identificados. Las medidas se definieron con base en las actividades causantes de impactos del proyecto.

Las medidas de mitigación son trascendentales para la prevención, remediación o compensación de los efectos negativos ocasionados por las actividades del proyecto. La descripción y forma de implementación de las medidas puntuales se encuentran integradas en los programas ambientales específicos que en conjunto contemplan todas las actividades del proyecto, permiten la disminución y mitigación de los impactos ambientales.

De acuerdo con la legislación ambiental, las medidas de prevención y mitigación son el conjunto de disposiciones y acciones anticipadas que tienen por objeto evitar o reducir los impactos ambientales que pudieran ocurrir en cualquier actividad. Asimismo, incluye la aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante la ejecución del proyecto.

La identificación y valoración de los impactos y las medidas de prevención, control, mitigación y compensación, seleccionadas son resultado de un proceso de análisis sustentado en:

- El conocimiento detallado de las características y especificaciones técnicas del proyecto.
- El inventario y diagnóstico ambiental del área del proyecto, integrado con la información disponible provenientes de sitios y regiones cercanas, de carácter especializada, que permiten extrapolar algunas condiciones que imperan dentro o alrededor del SA.
- Identificación de factores críticos a la sustentabilidad del cambio de uso en terrenos forestales y conocer experiencias en la aplicación y efectividad de medidas de gestión ambiental aplicadas en proyectos similares.
- El conocimiento de la legislación y normatividad ambiental, así como la experiencia práctica en la evaluación ambiental de proyectos de desarrollo de diferentes sectores productivos, que abarca tanto la formulación de estudios, análisis y programas ambientales, como su evaluación y verificación desde las perspectivas de las autoridades ambientales, especialistas y grupos de expertos, organizaciones civiles y distintos grupos de interés.

Las medidas de mitigación pueden incluir una o varias de las acciones alternativas:

- Evitar el impacto total al no desarrollar todo o parte de un proyecto.
- Minimizar los impactos al limitar la magnitud del proyecto.
- Rectificar el impacto; reparando, rehabilitando o restaurando el ambiente afectado.
- Compensar el impacto producido por el remplazo o sustitución de los recursos afectados.

Clasificación de las medidas ambientales

Las medidas de gestión ambiental pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

- Medidas de Control. Aplicación obligatoria de las Normas Oficiales Mexicanas, así como Planes de Contingencias Ambientales, de Seguridad, Sanidad e Higiene. Así como criterios de protección descritos en Planes de Ordenamiento existentes en el área.

- Medidas 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.

- Medidas de 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 estas siempre tienden a disminuir el efecto en el ambiente cuando se aplica, mientras que las de control solo lo 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. Otras medidas de mitigación tienen relación con el rescate del medio que puede ser afectado, como por ejemplo el trasplante o inducción de organismos vegetales.

- Medidas de Restauración. Son aquellas acciones diseñadas para rehabilitar y recuperar ecosistemas degradados, dañados o destruidos, principalmente por origen a perturbaciones antropogénicas. Estas medidas buscan recuperar un ecosistema promoviendo condiciones similares a las iniciales, previas a la perturbación.

- Medidas de Compensación. Estas acciones buscan contrarrestar o equilibrar los impactos negativos que un proyecto puede causar en el medio ambiente. Se implementan cuando las medidas de prevención, mitigación y restauración no son suficientes para abordar en su totalidad los daños ambientales generados. La compensación puede incluir actividades como la repoblación vegetal o la inversión en proyectos de beneficio al ambiente.

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

A continuación, se presentan las medidas de control, prevención, mitigación, restauración o compensación que se aplicarán sobre los impactos ambientales negativos detectados, y así prevenir un desequilibrio ecológico.

Tabla 1. Medidas de control, prevención, mitigación, restauración o compensación para los impactos detectados.

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
Contaminación	1	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas en la delimitación e instalación de las obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	Implementación de protocolos de manejo de residuos generados durante las actividades del proyecto, incluyendo la delimitación del área del proyecto y la instalación de obras provisionales, mediante la implementación del ***Programa de Manejo Integral de Resíduos.*** *Pláticas de concientización ambiental.* Previo al inicio de las actividades, operación de maquinaria y limpieza del terreno, se llevan a cabo pláticas de educación ambiental dirigidas al personal, enfocadas en el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Durante estas sesiones informativas, se aborda la importancia de evitar la defecación al aire libre, se indica la ubicación de sanitarios y se explica la correcta disposición de los residuos según los letreros distribuidos en toda el área del proyecto, entre otros temas. *Generación de desechos durante etapa inicial del proyecto.* Para el manejo de residuos sólidos urbanos (RSU): Se implementa un sistema de gestión de residuos sólidos urbanos con contenedores adecuados y señalizados según el tipo de residuo. Para los residuos peligrosos, se destina un área específica con contenedores metálicos cilíndricos de 200 litros para el almacenamiento seguro de residuos contaminados con hidrocarburos o sustancias químicas. La presencia controlada de estos residuos minimizará su impacto adverso en la estructura física y composición química del suelo. *Suministro de sustancias peligrosas (combustible y aditivos).* Durante el uso de maquinaria, el suministro de combustible y aditivos se realiza fuera del área del proyecto bajo condiciones controladas para evitar fugas y derrames accidentales sobre el suelo, mitigando así cualquier posible contaminación.
	2	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas durante la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	3	Contaminación del suelo por derrame accidental de hidrocarburos o sustancias químicas durante el desmantelamiento de las obras provisionales y limpieza del terreno	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Calidad del suelo (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas)	4	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la delimitación de las áreas del banco y la instalación de obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*No uso de productos químicos.* Durante las actividades de desmonte y despalme no se utilizan productos químicos que puedan afectar el suelo. Todas las actividades se realizan de forma manual y mecánica. *No quema de ningún tipo de residuo***.** No se realiza la quema de ningún tipo de residuo durante el desarrollo del proyecto. Se cuenta con el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos a través de una empresa debidamente autorizada, en su caso, se contempla la posibilidad de solicitar permiso correspondiente con la autoridad municipal para su disposición final adecuada en el sitio que determine.

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
	5	Deterioro de la calidad del suelo durante la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	***Residuos no peligrosos*** *Programa de Manejo Integral de Residuos.* Para el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial (RME), se ejecuta el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, derivado que éstos se generan en la ejecución del proyecto, donde se destacan las siguientes actividades: instalación de contenedores en número suficiente, para almacenar de forma temporal los residuos generados durante las diversas actividades del proyecto, separación de los residuos reciclables y no reciclables y disposición final adecuada de los mismos. *Recolección de residuos y limpieza del área de trabajo***.** Se lleva a cabo una vigilancia diaria del área de trabajo, seguida de una limpieza al concluir la jornada laboral. Durante este proceso, se recolectan los residuos que pudieran haber quedado en el área y se depositan en los contenedores designados, evitando así su dispersión en el entorno circundante. Cada residuo es manejado según su tipo y clasificación correspondiente, asegurando un adecuado tratamiento de los mismos. *Pláticas de concientización ambiental.* Antes de dar inicio a las actividades, se imparten pláticas de concientización ambiental dirigidas al personal, centradas en el manejo correcto de diversos tipos de residuos, como los sólidos urbanos, los de manejo especial y los peligrosos. Estas sesiones informativas se enfocan principalmente en instruir al equipo sobre la adecuada clasificación y almacenamiento de los residuos generados durante la ejecución del proyecto, abordando temas como el manejo de desechos sanitarios, forestales y peligrosos. ***Residuos peligrosos*** *Programa de Manejo Integral de Residuos.* Se generan residuos peligrosos por el mantenimiento a la maquinaria pesada, volteos, unidades motrices. El volumen de residuos que se generan con bajos, considerando la generación de sólidos aceite gastado o combustible. Los residuos se almacenan en bolsas de plástico resistentes o contenedores de plástico adecuados y son trasladados al almacén temporal de residuos peligrosos para su posterior disposición final con empresas especializadas y autorizadas. *Almacén Temporal de Residuos Peligrosos.* Se habilita un almacén temporal para resguardar los residuos peligrosos que se generen durante el desarrollo del proyecto, esta infraestructura contempla los requisitos establecidos en el reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, entre ellos contar con contenedores para el almacenamiento de residuos sólidos y líquidos peligrosos. *Suministro de combustible y aditivos.* Durante el uso de maquinaria, el suministro de combustible y aditivos se lleva a cabo fuera del área del proyecto, bajo condiciones controladas para prevenir fugas y derrames accidentales que puedan contaminar el suelo. Este proceso se realiza por personal capacitado y vehículos adecuados, equipados con pistolas dosificadoras. Además, se cuenta con un kit antiderrame en el campo, que incluye una charola metálica o plástica, toallas y musgo absorbentes, para contener cualquier derrame de sustancias peligrosas en el suelo. *Fugas o derrames de residuos y sustancias peligrosas.* Se establece procedimientos para el suministro de combustibles y aditivos; para el manejo de residuos y sustancias peligrosas. En caso de fugas o derrames, se prevén medidas de respuesta inmediata para contener el derrame. Posteriormente se evalúa la magnitud del impacto y, si es necesario, se contratarán los servicios de una empresa especializada en la contención y saneamiento del derrame generado. La remediación del suelo se lleva a cabo utilizando técnicas apropiadas acorde a los residuos y sustancias derramadas. Es importante destacar que estas acciones son preventivas toda vez que no se busca la ocurrencia de derrames
	6	Deterioro de la calidad del suelo al momento de la limpieza y desmantelamiento de las obras provisionales	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Erodabilidad (susceptibilidad para la pérdida del suelo)	7	Pérdida de suelo por remoción de cobertura vegetal forestal.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Riego de áreas de trabajo.* Una vez llevado a cabo las actividades de desmonte, se humedecen los frentes de trabajo con el objetivo de evitar la erosión del suelo por el viento, dicho riego se realiza con agua tratada.
	8	Pérdida de suelo por el retiro de capa fértil del suelo por consecuencia de las actividades de despalme.	Impacto moderado (-IM)	*Suelo orgánico.* La capa de humus (nutrientes) retirada durante el despalme se almacena en un sitio adecuado, de acuerdo con las directrices del ***Programa de Manejo Integral de Residuos***. Este material edafológico obtenido no será aprovechado para otros fines, sino que se empleará en las zonas de restauración, conforme lo estipula el ***Programa de Restauración de Ecosistemas***. *Programa de Protección y Conservación de Suelos*. Se aplican medidas de conservación de suelo para la retención de suelo erosionado. Una de ellas es la colocación de cordones de material vegetal

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
				muerto, que ayuda a minimizar la velocidad de escurrimiento favoreciendo la infiltración y reteniendo suelo erosionado.
	9	Pérdida del suelo formado durante la ejecución del proyecto, y que por el desmantelamiento de las obras provisionales y limpieza del predio.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Riego de áreas de trabajo.* Previo a las acciones de limpieza y desmantelamiento de obras provisionales, se humedecen los frentes de trabajo con agua tratada para evitar la erosión del suelo por el viento. Este riego regular crea una capa superficial húmeda que dificulta la remoción de partículas de suelo por el aire en movimiento. *Programa de Protección y Conservación de Suelos*. Se aplican medidas de conservación de suelo para la retención de suelo erosionado. Una de ellas es la colocación de cordones de material vegetal muerto, que ayuda a minimizar la velocidad de escurrimiento favoreciendo la infiltración y reteniendo suelo erosionado.
Composición gaseosa	10	Alteración de la composición del aire por el retiro de la vegetación forestal reduciendo el oxígeno y aumentando el dióxido de carbono en el aire.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Programa de Restauración de Ecosistemas***.** En compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa. A mediano plazo, se espera que la vegetación alcance su madurez para la retención y fijación de dióxido de carbono.
	11	Contaminación del aire por el incremento en los niveles de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas y/o contaminantes por el uso de equipo y maquinaria.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo.* Se realiza la supervisión y el mantenimiento rutinario de la maquinaria y el equipo utilizados en la ejecución del proyecto. Este aspecto es esencial en la gestión de equipos, ya que aumenta la vida útil de los mismos, garantiza la seguridad en la obra y mejora la eficiencia operativa, a la vez que se cuida la calidad del aire. Tal como lo indica el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, la contratista realiza el mantenimiento preventivo para reducir las emisiones de gases contaminantes y vigilar la opacidad del humo emitido durante la quema de partículas. En caso de que el humo presente tonalidades grisáceas a negras, la contratista es responsable de realizar el mantenimiento necesario. **Generación de polvos** *Aeropartículas minerales*. Durante las actividades de preparación del sitio, se emplea el riego de agua tratada a través de pipas obteniendo el agua de sitios autorizados, lo anterior, para controlar las emisiones de polvos producidos por el movimiento de tierras por el despalme. En condiciones de lluvias esta acción no realiza. *Reducción de emisiones*. La maquinaria y equipo utilizado en las actividades del proyecto se mantienen en buenas condiciones mecánicas, afinados y con dispositivos para la reducción de contaminantes, así como silenciadores para cumplir con los niveles máximos permisibles, establecidos en las normas oficiales mexicanas NOM-041- SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017. *Pláticas de concientización ambiental.* Durante las sesiones informativas, se instruye a los operadores de las unidades sobre el uso de la maquinaria únicamente cuando sea estrictamente necesario. Además, se enfatiza que las unidades deben permanecer apagadas cuando no estén en uso.
Aumento de la temperatura	12	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de la remoción de la vegetación por las acciones del desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Incremento de la temperatura y sensación térmica:* se implementará un ***Programa de Restauración de Ecosistemas*** con la finalidad de recuperar la cobertura vegetal y con ello ayudar a la regulación de la temperatura, lo cual ayudará en su momento a recuperación de los microhábitats que anteriormente ocupaba la fauna que allí se albergaba.
	13	Incremento de la temperatura y sensación térmica derivado de los suelos desnudos derivado del proceso del despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Partículas suspendidas	14	Incremento de partículas suspendidas durante el despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo.* Se realiza la supervisión y el mantenimiento rutinario de la maquinaria y el equipo utilizados en la ejecución del proyecto. Este aspecto es esencial en la gestión de equipos, ya que aumenta la vida útil de los mismos, garantiza la seguridad en la obra y mejora la eficiencia operativa, a la vez que se cuida la calidad del aire. Tal como lo indica el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, la contratista realiza el mantenimiento preventivo para reducir las emisiones de gases contaminantes y vigilar la opacidad del humo emitido durante la quema de partículas. En caso de que el humo

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
				presente tonalidades grisáceas a negras, la contratista es responsable de realizar el mantenimiento necesario. **Generación de polvos** *Aeropartículas minerales*. Durante las actividades de preparación del sitio, se emplea el riego de agua tratada a través de pipas obteniendo el agua de sitios autorizados, lo anterior, para controlar las emisiones de polvos producidos por el movimiento de tierras por el despalme. En condiciones de lluvias esta acción no realiza. *Reducción de emisiones*. La maquinaria y equipo utilizado en las actividades del proyecto se mantienen en buenas condiciones mecánicas, afinados y con dispositivos para la reducción de contaminantes, así como silenciadores para cumplir con los niveles máximos permisibles, establecidos en las normas oficiales mexicanas NOM-041- SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017. *Pláticas de concientización ambiental.* Durante las sesiones informativas, se instruye a los operadores de las unidades sobre el uso de la maquinaria únicamente cuando sea estrictamente necesario. Además, se enfatiza que las unidades deben permanecer apagadas cuando no estén en uso.
Acústica	15	Contaminación por generación de ruido durante las actividades de desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Medición de Ruido.* Para garantizar el óptimo funcionamiento de la maquinaria pesada utilizada en cada actividad del proyecto, se realiza la medición mensual de ruido con equipo sonómetro, en cada unidad, para garantizar que sus emisiones se encuentren por debajo de límite establecido por la NOM- 080-SEMARNAT-1994. En los casos donde se detecten niveles de ruido excesivos, se realiza el mantenimiento preventivo, mediante la afinación de la unidad o mediante el uso de silenciadores. De igual forma, para reducir las emisiones de ruido, se instruye a los operadores de las unidades sobre el uso de la maquinaria únicamente cuando sea estrictamente necesario. Además, se enfatiza que las unidades deben permanecer apagadas cuando no estén en uso.
	16	Incremento por generación de ruido por el uso de maquinaria y equipo.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	17	Incremento por generación de ruido por las actividades de movimiento de material despalmado por la limpieza y preparación del predio.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Infiltración	18	Alteraciones en la capacidad de infiltración del suelo por el retiro de cobertura vegetal forestal.	Impacto moderado (-IM)	*Resguardo de residuos forestales.* El material resultante del desmonte y despalme se almacena conforme a lo estipulado por el ***Programa de Manejo Integral de Residuos***, asegurando que no obstruya la dinámica del agua superficial dentro del área del proyecto. Esto evita impactos negativos en los cuerpos de agua del sitio y su Área de Influencia (AI). *Programa de Restauración de Ecosistemas.* En compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa. *Programa de Conservación de Suelos.* Se implementa el acamellonamiento del suelo removido durante el despalme para reducir la velocidad de escurrimiento, fomentar la infiltración del agua de lluvia, y prevenir la degradación de su calidad y la disminución de la capacidad de infiltración en el área afectada por el cambio de uso de suelo. Este proceso se realiza cuidando de no obstruir el flujo superficial y preservando la fertilidad del suelo apilado mediante la aplicación de cubierta vegetal y la alternancia de materiales para facilitar la aireación. Adicionalmente, se llevan a cabo obras de conservación de suelos, como la instalación de cordones de material vegetal muerto, que actúan como barreras para interceptar los escurrimientos superficiales y aumentar la infiltración del agua de lluvia. Estas medidas no solo contribuyen a la conservación del suelo, sino que también son beneficiosas para el establecimiento y desarrollo de las plantaciones, al favorecer su sobrevivencia y crecimiento inicial. *Programa de Conservación de Suelos.* Se lleva a cabo el acamellonamiento del suelo obtenido por el despalme, con el objetivo de prevenir el arrastre de sedimentos. Este proceso se realiza procurando no obstruir el escurrimiento superficial y preservando la fertilidad del suelo apilado mediante la utilización de cubierta vegetal y la alternancia de materiales para facilitar su aireación. El área designada para este apilado se ubica dentro del Área de Proyecto (AP), garantizando que la superficie de afectación a áreas colindantes sea nula. *Programa de Manejo Integral de Residuos.* Durante todas las actividades del proyecto se ejecutó el ***Programa de Manejo Integral de Residuos*** para el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial (RME). *Fugas o derrames de residuos y sustancias peligrosas.* Se establece procedimientos para el suministro de combustibles y aditivos; para el manejo de residuos y sustancias peligrosas. En caso de
	19	Disminución de la infiltración por el Incremento de escurrimientos por consecuencia del despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Dinámica hidrológica	20	Alteración de la red de drenaje natural.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	21	Alteración de la red de drenaje natural por retiro de materia orgánica y capa fértil del suelo por el despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Calidad del agua	22	Contaminación del agua por el arrastre de sedimentos por despalme de materia orgánica y suelo fértil.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	23	Riesgo de contaminación del agua por derrame accidentales de grasas y aceites durante el manejo de la maquinaria.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
				fugas o derrames, se prevén medidas de respuesta inmediata para contener el derrame. Posteriormente se evalúa la magnitud del impacto y, si es necesario, se contratarán los servicios de una empresa especializada en la contención y saneamiento del derrame generado. La remediación
Diversidad de la vegetación	24	Disminución de la riqueza florística dentro del área del proyecto y en el borde de este polígono producto del desmonte.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre***. Previo a las actividades de desmonte y despalme, se realiza el rescate de flora de aquellos individuos que tengan importancia biológica, ecológica o bien se encuentren enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las especies de flora rescatadas se trasladan a un vivero para su conservación hasta el inicio de la reubicación y restauración. *Platicas de concientización ambiental*. Antes de iniciar las actividades de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales, se llevan a cabo pláticas de concientización ambiental con el personal. Estas sesiones educativas tienen como objetivo informar sobre la protección y conservación de la flora silvestre, destacando su importancia y haciendo hincapié en la prohibición de su extracción y/o aprovechamiento. *Señalamientos ambientales***.** Se instalan señalamientos ambientales que hacen referencia a la protección y conservación de individuos de flora silvestre con importancia biológica o ecológica, así como aquellos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estos señalamientos cumplen un rol crucial al informar y sensibilizar sobre la necesidad de preservar estas especies en el área afectada por el proyecto.
Especies en riesgo de flora de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	25	Mortalidad de individuos de especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019)	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Densidad y cobertura de la vegetación	26	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y disminución de servicios ambientales del ecosistema por desmonte de la vegetación por el desmonte.	Impacto severo (-IS)	*Programa de Restauración de Ecosistemas.* En compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa. A mediano plazo, se espera que la vegetación permita dar continuidad al dosel forestal y promover servicios ambientales.
	27	Cambios en la estructura y composición florística provocando un efecto de claro por fragmentación de continuidad en el dosel forestal y disminución de servicios ambientales del ecosistema por la operación de la maquinaria	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Diversidad de la fauna	28	Disminución de la riqueza de fauna debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* Después de identificar la fauna presente en el Área de Influencia (AI), se llevan a cabo acciones de ahuyentamiento y rescate. El ahuyentamiento se basa en técnicas de amedrentamiento y modificación del hábitat, mientras que el rescate se enfoca únicamente en especies de lento desplazamiento, aquellas que habitan madrigueras o nidos. Estas medidas se implementan con el fin de garantizar la alta supervivencia de los organismos y facilitar su reintegración en su entorno natural. *Programa de Restauración de Ecosistemas.* En compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa. La reintegración de la vegetación a mediano plazo proporcionará refugio a la fauna, facilitando la normalización de los patrones de comportamiento, incluso después de que las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales hayan modificado temporalmente estos patrones. *Pláticas de concientización ambiental.* Antes de iniciar las actividades de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales, se llevan a cabo pláticas de concientización ambiental con el personal. Estas sesiones educativas tienen como objetivo informar sobre la protección y conservación de la fauna silvestre, destacando su importancia y haciendo hincapié en la prohibición de su extracción, aprovechamiento y/o caza. *Señalamientos ambientales.* Se instalan señalamientos ambientales que hacen referencia a la protección y conservación de individuos de fauna silvestre con importancia biológica o ecológica. Estos señalamientos cumplen un rol crucial al informar y sensibilizar sobre la necesidad de preservar estas especies en el área afectada por el proyecto.
	29	Disminución de la riqueza de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat.	Impacto moderado (-IM)	
	30	Disminución de la riqueza de fauna debido a las acciones de despalme.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	31	Disminución de la riqueza de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	32	Disminución de la riqueza de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Abundancia de la fauna	33	Reducción de la abundancia de fauna debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	34	Disminución de la abundancia de fauna por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.	Impacto moderado (-IM)	
	35	Disminución de la abundancia de fauna debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	36	Disminución de la abundancia de fauna por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	37	Disminución de la abundancia de fauna debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
Movilidad (patrones de distribución y efecto-barrera)	38	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de delimitación del área de trabajo, impidiendo el desplazamiento de la fauna.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* Previo a las actividades, se aplican medidas de rescate y ahuyentamiento de los individuos, considerando los criterios de este programa. Para el caso de otras especies animales con mayor movilidad, se realizan únicamente acciones de ahuyentamiento. Sin embargo, con la aplicación de los programas de ***Restauración de Ecosistemas***, y ***Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** se promueve la conectividad de hábitats mediante la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el uso de los individuos rescatados y especies nativas. La reincorporación de la vegetación a mediano plazo brindará refugio formando nuevos nichos ecológicos, permitiendo establecer nuevas de desplazamiento hacia las de interés como alimentación, refugio o espacios de apareamiento.
	39	Cambio en los patrones desplazamiento y efecto-barrera debido al desmonte, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.	Impacto moderado (-IM)	
	40	Cambio en los patrones dedesplazamiento y efecto-barrera debido al despalme, lo que conduce a la pérdida del hábitat dentro del área del proyecto.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	41	Cambio en los patrones del comportamiento de la fauna debido al funcionamiento de la maquinaria, además de un efecto-barrera por el proyecto mismo, impidiendo la movilidad de los animales por la zona.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	42	Cambio en los patrones de distribución debido a las actividades de la limpieza del área de trabajo y desmantelamiento de obras provisionales, impidiendo el desplazamiento de la fauna.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Especies en riesgo de fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III	43	Reducción de la abundancia de fauna en la NOM debido a la delimitación del área del proyecto e instalación de obras provisionales debido a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* Después de identificar la fauna presente en el Área de Influencia (AI), se llevan a cabo acciones de ahuyentamiento y rescate. El ahuyentamiento se basa en técnicas de amedrentamiento y modificación del hábitat, mientras que el rescate se enfoca únicamente en especies de lento desplazamiento, aquellas que habitan madrigueras o nidos. Estas medidas se implementan con el fin de garantizar la alta supervivencia de los organismos y facilitar su reintegración en su entorno natural. *Programa de Restauración de Ecosistemas.* En compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa. La reintegración de la vegetación a mediano plazo proporcionará refugio a la fauna, facilitando la normalización de los patrones de comportamiento, incluso después de que las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales hayan modificado temporalmente estos patrones. *Pláticas de concientización ambiental.* Antes de iniciar las actividades de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales, se llevan a cabo pláticas de concientización ambiental con el personal. Estas sesiones educativas tienen como objetivo informar sobre la protección y conservación de la fauna silvestre, destacando su importancia y haciendo hincapié en la prohibición de su extracción, aprovechamiento y/o caza. *Señalamientos ambientales.* Se instalan señalamientos ambientales que hacen referencia a la protección y conservación de individuos de fauna silvestre con importancia biológica o ecológica, con especial énfasis en aquellas dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019). Estos señalamientos cumplen un rol crucial al informar y sensibilizar sobre la necesidad de preservar estas especies en el área afectada por el proyecto.
	44	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por el desmonte del área y pérdida de hábitat, debido a que se desplazan a sitios óptimos para su desarrollo.	Impacto moderado (-IM)	
	45	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido a las acciones de despalme puesto que se desplazan a otros lugares.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	46	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM por la mortalidad de animales por el uso de la maquinaria derivado de ahuyentamiento y decesos.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
	47	Disminución de la riqueza de fauna en la NOM debido del desmantelamiento de obras provisionales y la limpieza del área puesto a su ahuyentamiento.	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	
Calidad visual	48	Disminución de las cualidades estéticas del paisaje por la pérdida de cobertura vegetal	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Resguardo de residuos forestales.* Para preservar la calidad visual y mantener la integridad del área de trabajo, los residuos del desmonte y despalme se acamellan en sitios que no interfieren con las actividades del proyecto y protegen las corrientes intermitentes, asegurando que no se obstruya el flujo del agua superficial y promoviendo el orden y la limpieza en el área de trabajo. *Recolección de residuos y limpieza del área de trabajo.* Se realiza una vigilancia diaria del área de trabajo y al final del día se procede con la limpieza, recolectando los residuos que no se hayan depositado en los contenedores para evitar su dispersión en la zona circundante. *Programa de Restauración de Ecosistemas.* Como compensación por la afectación estética causada por la remoción de la cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos para promover la conectividad entre hábitats. La selección de los sitios de restauración se basará en la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en
	49	Cambio en las cualidades estéticas del paisaje por el relleno del banco con material despalmado	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	

Atributo ambiental	Id	Impacto	Tipo de impacto	Medida de control, prevención, mitigación, restauración o compensación
				términos de biodiversidad y su capacidad para albergar especies, según los criterios especificados en
Fragmentación	50	Fragmentación del Paisaje por la pérdida de cobertura vegetal aumentando la fragilidad del lugar	Impacto Irrelevante o Incompatible (-IIC)	*Programa de Restauración de Ecosistemas. En* compensación por la remoción de cobertura vegetal forestal, se llevará a cabo la restauración de selvas degradadas y el establecimiento de cercos vivos con el objetivo de promover la conectividad entre hábitats. La selección de sitios a restaurar estará condicionada a la similitud del ecosistema, la calidad del sitio en términos de riqueza, y su capacidad de albergar especies, entre otros criterios especificados en el programa La reintegración de la vegetación a mediano plazo proporcionará refugio a la fauna, facilitando la normalización de los patrones de comportamiento, incluso después de que las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales hayan modificado temporalmente estos patrones, mejorando el paisaje.

6.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)

El presente Programa de Vigilancia Ambiental atiende a los impactos ambientales del proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ**", y tiene el propósito de garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación correctivas y preventivas, propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular. Además de presentar las acciones y métodos de aplicación de todas las medidas de prevención, protección, control, mitigación, restauración y compensación en la MIA-P y de los programas ambientales propuestos.

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) es un instrumento básico de gestión ambiental que será implementado por la promovente el cual contiene las medidas y programas de orden preventivo, correctivo y mitigante para tratar los posibles impactos ambientales generados durante la ejecución del proyecto.

De acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 1 Fracción X, la elaboración y presentación de un **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** es la base para 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. Bajo la concepción de Desarrollo Sustentable que la propia Ley define, este Programa forma parte de un proceso de evaluación y seguimiento con criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social.

La aplicación del PVA permitirá verificar por un lado que el promovente cumple con las disposiciones normativas de aplicación directa al proyecto, y por otro, el cumplimiento y el desempeño ambiental en tiempo y espacio de las medidas antes referidas; para lo cual se tomarán decisiones concretas para el control y prevención de los impactos que pudiera generar el proyecto.

El cumplimiento del PVA se realizará a través de la ejecución de los todas y cada una de las medidas de control, prevención y mitigación propuestas en la MIA-P, las cuales están incorporadas dentro de los programas ambientales específicos para el proyecto.

A través de los impactos identificados y los resultados de los múltiples estudios realizados, se proponen los siguientes programas ambientales como parte de las medidas de mitigación de este documento, los cuales integran el Programa de Vigilancia Ambiental:

- Programa de Manejo Integral de Residuos.
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.
- Programa de Protección y Conservación de Suelos.
- Programa de Compensación Ambiental.
- Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales.

6.2.1 Objetivos

6.2.1.1 Objetivo general

- Garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas, preventivas y correctoras y compensatorias contenidas en el estudio de impacto ambiental del proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"**.

6.2.1.2 Objetivos particulares

- Asegurar la correcta aplicación de las medidas de mitigación, prevención y compensación establecidas en la MIA-P.
- Establecer las metodologías para la ejecución de las medidas de mitigación, prevención y compensación.
- Realizar el monitoreo y calendarización de las medidas aplicadas con el fin de asegurar su éxito en el ambiente.
- Identificar y corregir posibles desviaciones de las variables bajo control, una vez aplicadas las medidas de mitigación, prevención y compensación.

6.2.2 Metas

Verificar que se ejecuten de manera correcta cada una de las medidas de prevención o mitigación de impactos detectados establecidas en la MIA-P y la que dictamine la autoridad ambiental.

- Ejecución del 100% medidas de mitigación, prevención y compensación establecidas en la MIA-P.
- Ejecutar cada una de las técnicas y metodologías para la aplicación de medidas de mitigación, prevención y compensación.
- Monitorear la ejecución de las medidas aplicadas con el fin de asegurar su éxito en el ambiente de acuerdo con el calendario de actividades.

6.2.3 Descripción de las acciones que serán aplicadas para ejecutar las medidas contenidas en la manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto

En el presente capitulo en el apartado 6.*1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental,* se presentaron las principales medidas que se deberán practicar a fin de maximizar la compatibilidad del proyecto en su ambiente biótico, físico y socioeconómico. Se indican las medidas específicas y generales que en su mayoría son parte de alguno de los programas que integran el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

6.2.4 Propuesta de los indicadores de seguimiento y monitoreo de los programas ambientales

Para el control de todas las acciones de mitigación de impactos específicamente para el caso de la categoría de la Elaboración de Estudios, Planes y Programas se considera adecuado el **Índice de Eficiencia de la Medida** (***ei***) y por medio de la Ficha Técnica de Seguimiento Ambiental se puede registrar y presentar las evidencias del

cumplimiento de este grupo de medidas, como la copia de los oficios de entrega de los Estudios, Planes y Programas ante las instancias correspondientes, los resultados principales de dichos trabajos, etc.

6.2.4.1 Propuesta del índice de eficiencia

Tabla 2. Índice de eficiencia de Eficiencia.

Índice de Eficiencia (*ei*)	*e = nivel de eficiencia de la medida i* *j* = número de acciones que se realizaron en el período del informe para la medida *i* *k* = número total de acciones a realizar que integran la medida *i*
ei = (j / k) x 100	

En cambio, cuando se trata de la ejecución de las acciones establecidas se podrá obtener un mayor número de datos que midan, muestren y evidencien el éxito de su aplicación. Por lo que, para las medidas incluidas en la categoría de Obra Ambiental, Medidas Generales y Seguimiento, se establecen una serie de indicadores adecuados a cada acción a realizar, sin dejar de lado aquellos que puedan ser establecidos en los programas desarrollados para cada uno de los componentes ambientales a proteger durante la ejecución del Proyecto, así como su operación inicial. Además, se sugieren los períodos para la colecta de datos, el área y el método de la información necesaria para alimentar los índices o indicadores que se hayan definido. Obviamente se podrán incluir las evidencias del cumplimiento de la medida, por medio del registro de toda esta información en el formato de Cédula de Registro y Registro por Actividad, así como en la Bitácora de Obra considerada un instrumento de control comúnmente utilizado como parte de la supervisión de un Proyecto; además de oficios, documentos, fotografías, etc.

En primera instancia se considera apropiada la definición de los Criterios de Evaluación que permita calificar el nivel de aplicación de cada una de las medidas enlistadas para el Proyecto.

6.2.4.2 Propuesta de los criterios de evaluación del cumplimiento ambiental

Tabla 3. Criterios de Evaluación del Cumplimiento Ambiental.

VALOR	CRITERIO
1.00	Cumple totalmente con la medida, la cual es efectiva y constante
0.80	Cumple de manera efectiva con la medida, con alguna omisión ocasional
0.60	Cumple de manera efectiva la mayor parte de la medida
0.40	Cumple parcialmente la medida
0.20	Inicia de forma incipiente, el cumplimiento de la medida
0.00	No se han iniciado acciones para el cumplimiento de la medida. (Esta valoración representa un HALLAZGO)

La escala anterior trata de valorar el grado de la implantación de una medida especifica que podrá ser desde 0.20 hasta 1.0, esta última una calificación satisfactoria. Al contrario, se considerará un Hallazgo cuando no se han realizado las acciones necesarias para su implantación durante las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto.

Una vez que el Proyecto sea puesto en marcha, se podrán obtener otros índices que demostrarán el nivel de cumplimiento ambiental durante las diferentes etapas de este. A través del siguiente calculo:

6.2.4.3 Propuesta del índice de cumplimiento ambiental

Tabla 4. Índice de Cumplimiento Ambiental.

Índice de Cumplimiento Ambiental (ICA)	*x* = número de criterio de evaluación de la medida *i*,

	durante la actividad *j* *i = medida* *j = actividad* *X* = número total de evaluaciones por período (de acuerdo con el criterio)
ICA=X1 i1/1+X2 i2/2 +Xn in/n X	

Finalmente, los indicadores de desempeño miden el logro de los objetivos de programas o actividades que reflejan el cumplimiento de la misión y las metas del Proyecto. En este caso, para determinar el Desempeño Ambiental del Proyecto se propone utilizar el promedio de las valoraciones dadas a las diferentes medidas a implementar, durante una actividad determinada por la etapa del Proyecto. Los resultados de este indicador serán útiles en cualquier momento a lo largo del desarrollo del Proyecto en cuestión.

6.2.4.4 Propuesta del índice de desempeño

Tabla 5. Propuesta del Índice de Desempeño.

Índice de Desempeño Ambiental (IDA)	*i = medida* j = actividad M = número de medidas totales del Proyecto
$IDA = \frac{ICAi}{M}$	

Estos indicadores son una herramienta importante para el seguimiento de actividades y/o evaluación de su desarrollo en la implantación, además de que facilitan el reporte de las acciones y la información generada. En el entendido de que la base central de todo seguimiento ambiental, lo constituye el sistema de indicadores ambientales. De modo que se definieron instrumentos, métodos e indicadores que conforman un sistema de indicadores para este Proyecto, lo cual permitirá obtener una visión clara del desempeño ambiental del mismo. Sin embargo, se podrán adicionar nuevos de acuerdo con las necesidades observadas, así como a la dinámica de los trabajos desarrollados y ser tan específicos como se requieran.

6.2.5 Fichas técnicas de Seguimiento Ambiental del proyecto

La Ficha Técnica de Seguimiento Ambiental define el campo de acción de las medidas, el momento de su aplicación, las técnicas requeridas, etcétera; permitiendo el registro del cumplimiento y el avance de cada una de las medidas propuestas, este es un formato de fácil acceso y aplicación.

1. El Número de la Ficha Técnica de Manejo Ambiental, identifica a que actividad específica del proyecto corresponde las acciones que se realizaran.
2. En el apartado Acciones a ejecutar y/o verificar se describen brevemente los trabajos que realizará el personal encargado de la ejecución de las medidas establecidas.
3. El Método de control y registro se añade según sea el caso para cada medida a implantar, lo que conforma la evidencia y comprobación directa de la aplicación de las medidas definidas, así como del PVA. Se podrá señalar incluso otros mecanismos de control.
4. La Fase de aplicación, especificara en que etapa y/o actividad del Proyecto se origina el impacto al medio ambiente por el cual se implementa la medida.

5. La Frecuencia de control indica el número de veces en que deberá realizarse este; y posteriormente el sitio de muestreo donde se adaptaran las acciones en cuestión.
6. Se incluyen los indicadores ambientales de la medida, los cuales demostraran la eficacia de la aplicación de dichas acciones; así como el umbral de alarma.
7. Dado que la suma de la realización de las acciones y su seguimiento deberá incorporarse en Informes tanto a nivel interno, como para su ingreso a las autoridades correspondientes, es necesario señalarlos.
8. Normatividad ambiental aplicable, se enuncian aquellas que instituyen los criterios de directa aplicación con la medida.
9. Estudios, Programas y/o Procedimientos de referencia. Se refiere a los documentos que sirven de apoyo y referencia, o en su caso, del cual se desprenden las medidas establecidas.

Este PVA incluye unas series de acciones para mitigar diferentes factores ambientales por lo que se presenta una ficha técnica de seguimiento ambiental para cada programa.

- Programa de Manejo Integral de Residuos.
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (en una superficie de 6.0120 ha).
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (en una superficie de 121.4004 ha).
- Programa de Protección y Conservación de Suelos.
- Programa de Compensación Ambiental (en una superficie de 89.7559 ha).
- Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales.

A continuación, se muestran las fichas técnicas por cada programa ambiental:

6.2.5.1 Ficha técnica de seguimiento ambiental de Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre

Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre
Objetivo de la medida: Verificar que sean implementadas las acciones para el rescate y reubicación de flora, acorde a lo señalado por el Programa correspondiente.
Acciones para ejecutar y/o verificar: Verificar que el rescate sea enfocado a recuperar especies que estén bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o de difícil propagación o lento crecimiento; o bien que sean elementos característicos de las comunidades vegetales presentes y una función ecológica primordial. Haber proporcionado la información mínima necesaria al personal encargado del rescate, por medio del apoyo de fichas técnicas que contengan la descripción botánica de las estructuras vegetativas más evidentes como hojas, corteza, forma del árbol, altura y sexuales como flores, frutos y semillas, así como nombres comunes. Se deberá realizar un recorrido para marcar las plantas propicias para el rescate previamente a la entrada de la maquinaria y equipo en el área afectada. Al ejemplar identificado se le instalará un arete de plástico con sus datos (especie, código de registro individual, ubicación UTM, estado sanitario, altura, diámetro, condiciones topográficas y fecha de extracción). Verificar sean rescatadas los individuos en la talla y estado fenológico adecuado según la especie de que se trate, según lo establecido por el Programa. Verificar sean rescatados y reubicados fuera del polígono de CUSTF, aquellos individuos que por su estado fenológico y tamaño resulte viable. Verificar que sea organizada una cuadrilla dirigida por personal especializado para el rescate, previamente capacitado sobre las especies a rescatar, la forma de extracción y cuidados para su manejo. Verificar que los organismos a rescatar sean retirados de con las técnicas señaladas en el Programa, en forma manual. Verificar que durante el trasplante de los individuos rescatados se realice conforme lo indicado en las acciones de restauración. Se recomienda utilizar el suelo proveniente del despalme como sustrato para las plantas rescatadas. Se deberá de efectuar un registro de supervivencia de los individuos rescatados por especie. Durante el primer año será trimestral y posteriormente semestral, los parámetros a evaluar son: prendimiento o supervivencia, estado sanitario, color, turgencia del cuerpo, estado fenológico. En caso de que el índice de supervivencia sea bajo (< 80%), se recomienda reponer los individuos muertos. Verificar que estas actividades sean planeadas con la contratista encargada de desarrollar el Proyecto y conforme el programa de obra. Verificar que los individuos rescatados y reubicados inmediatamente, sean provistos de los cuidados necesarios para aumentar sus probabilidades de prendimiento (aflojar la tierra, deshierbe, aplicación de fertilizantes y/o fungicidas, etc.) Se recomienda el seguimiento de los individuos que hayan sido trasplantados inmediatamente para asegurar su sobrevivencia; mientras que en vivero se podrá tener un registro y seguimiento frecuente de las plántulas a propagar.
Método de control/registro: ● Cédula de registro (diario y por actividad)

Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre
● Fotográficos ● Bitácora de obra
Fase de aplicación: Previo al inicio de la obra, específicamente antes del desmonte y despalme
Frecuencia de control: 1) Del rescate Durante el desmonte de la superficie forestal a ser afectada por el Proyecto 2) De los organismos reubicados inmediatamente Primeros dos años: registros semestrales
Superficie propuesta: 6.01203 ha
Sitio de muestreo: ● En la superficie de ocupación del Proyecto, principalmente aquellas que registren algún tipo de cobertura vegetal. ● En las superficies destinadas al trasplante de individuos. ● En el área del vivero en donde sean dispuestos los organismos provenientes del rescate.
Indicadores ambientales: - Índice de eficiencia Número de individuos rescatados y sus condiciones Porcentaje de supervivencia de los individuos rescatados / reubicados Estado fitosanitario antes y después del rescate y reubicación Parámetros para evaluar: prendimiento o supervivencia, estado sanitario, color, turgencia del cuerpo, estado fenológico - <u>Acciones para el rescate y reubicación de especies de flora silvestre</u> - Indicador de Seguimiento En donde: rp = recorridos de prospección sr = superficie de terreno recorrida con fines de prospección st = superficie total de terreno determinada para realizar la prospección. $rp = \left(\frac{sr}{st}\right) \times 100$ - Eficiencia de la medida Los recorridos de prospección deberán garantizar cubrir mínimamente el 95% del predio Rp = 95% - <u>Rescate de Especies</u> - Indicador de Seguimiento

Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre
En donde: sp = número de especies rescatadas en estatus legal de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, o con valor ambiental o social. sp1 = número de especies en estatus legal de conservación de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010, con valor ambiental o social rescatadas en el sitio Núm. 1. spn= número de especies en estatus legal de conservación de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010, con valor ambiental o social rescatadas en el sitio Núm. n. $\sum_{sp=x}^{n} sp = sp_1 + sp_2 + \cdots + sp_n$ - Eficiencia de la medida *spc = rescate de especies con estatus legal de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010* $\mathbf{sp_c = \geq 1}$ - <u>Se retirará exclusivamente la vegetación necesaria y autorizada</u> - Indicador de Seguimiento En donde: sf= superficie forestal (Ha) a afectar sf1 = superficie forestal (Ha) a afectar en el sitio Núm. 1 sfn = superficie forestal (Ha) a afectar en el sitio Núm. n $\sum_{sf=x}^{n} \mathbf{sf = sf_1 + sf_2 + \cdots + sf_n}$ - Eficiencia de la medida $\sum_{sf=x}^{n} \mathbf{sf = \leq 3.09\ ha}$ - <u>Monitoreo de flora rescatada</u> En donde: sp = supervivencia ov = número de organismos vivos ort = número total de organismos rescatados $\mathbf{sp = \left(\frac{ov}{or_t}\right) \times 100}$ - Eficiencia de la medida Sp = 90%

Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre
- No se utilizarán herbicidas, fuego, ni fertilizantes que puedan dañar el ambiente para la eliminación de maleza Indicador de Seguimiento En donde: ddm = desmonte y despalme en forma mecánica j = superficie (m2) en la que se realizó desmonte y despalme sin uso de herbicidas, fuego u otra sustancia perjudicial s = superficie (m2) total en la que se realizaron actividades de desmonte y despalme $\mathbf{ddm} = \left(\frac{\mathbf{j}}{\mathbf{s}}\right) \times \mathbf{100}$ Eficiencia de la medida Ddm=100%
Umbral de alarma Índice de supervivencia de los individuos rescatados y/o reubicados < 80%
Informes Informes rutinarios mensuales Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación.

6.2.5.2 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre

Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre
Objetivo de la medida: Verificar que las acciones de rescate y reubicación de la fauna silvestre sean puestas en práctica, tal y como se señaló en el Programa correspondiente.
Acciones para ejecutar y/o verificar: Realizar el monitoreo de fauna silvestre antes, durante y después del CUSTF, con la finalidad de conocer el comportamiento de los organismos faunísticos donde tendrá influencia el proyecto. Organizar una brigada dirigida por un especialista, para realizar el ahuyentado de animales al inicio de la apertura de brecha para definición delimitación de banco y/o una semana antes del inicio del desmonte, en el amanecer y atardecer, agitando ramas y haciendo ruido. Verificar que sean ubicados e identificados los nidos dentro del polígono del banco y marcarlas con banderín, señalando la especie de la que se trate y, en su caso, indicar las condiciones para la conservación de nidos, cavidades, madrigueras o refugios (con o sin crías) que necesitan ser removidas dentro del polígono del banco. La fauna que reincide a permanecer en la zona se debe capturar y transportar (con jaulas) a sitios que presenten las condiciones ambientales similares al sitio donde se haya realizado la captura. Evaluar diferentes sitios para la reubicación de la fauna a 300 metros del polígono del banco. de forma conjunta con la autoridad local competente. Estos sitios deberán ubicarse en planos y se deberá establecer procedimientos y mecanismos de captura, marcado, registro y liberación; considerando los mejores horarios para realizar la liberación de los animales en función de sus hábitos. Verificar que sean considerados los criterios para seleccionar los sitios posibles de liberación para la fauna silvestre: a) cercanía al sitio, b) fácil acceso, c) hábitat en buen estado de conservación,

<table>
<tr><th colspan="2">Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre</th></tr>
<tr><td colspan="2">cercano a una ANP, d) tipo de vegetación, fauna y hábitat similar o equivalente, e) presencia de las mismas especies de animales y poblaciones, f) sin presencia de cacería y captura de ejemplares y g) poca actividad humana.

Dirigir las acciones del rescate y reubicación a las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como las especies con Índices de Riesgo alto y máximo, sin embargo, todas las especies que se presenten en el polígono del banco y puedan ser capturadas, deberán ser rescatadas y reubicadas.

Se deberá realizar la capacitación y concienciación del personal para el manejo y reubicación de especies, particularmente las peligrosas.

Verificar se realicen las actividades de este Programa, a través del registro de las especies, de las cuales algunas se encuentran consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se deberá documentar y llevar un control y registro de supervivencia hasta que los organismos se conviertan en adultos y sean liberados en terreno natural.

La protección, captura y reubicación de las especies de fauna presentes en la zona del proyecto, debe de realizarse según las técnicas de captura y reubicación de acuerdo con el grupo de vertebrados al que pertenezcan (herpetofauna, aves y mamíferos) y lo establecido en este Programa.

La asignación de personal capacitado en los diferentes frentes de trabajo y un especialista con permiso de colecta proporcionado por SEMARNAT, que detecte a los individuos de fauna presentes en el sitio que pudieran estar en riesgo por las acciones del Proyecto.

Verificar que las acciones de ahuyentado y captura sean realizadas de manera periódica durante el desarrollo del Proyecto y evitar el retorno de los organismos al sitio inicial.
Se prohíbe la captura, caza y tráfico de cualquier especie, por parte de personal de obra.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Método de control/registro:
Cédula de registro (diario y por actividad)
Fotográficos
Oficios / Minutas
Bitácora de obra
Registro de los individuos rescatados y reubicados por especie, grupo faunístico y su categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fase de aplicación:
Previo al inicio y durante el CUSTF</td></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie:

121.4004 ha</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frecuencia de control:
1) Previo al inicio del CUSTF
Diario
2) Durante el desmonte y despalme
Diario</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sitio de muestreo:
En la superficie de ocupación del Proyecto</td></tr>
<tr><td>- Indicadores ambientales
- <u>Ahuyentamiento de fauna</u>
- Indicador de Seguimiento
En donde:
ea = eficiencia de ahuyentamiento
af = animales ahuyentados al final de las brigadas</td><td>- Rescate de nidos o madrigueras activas
- <u>Indicador de Seguimiento</u>
En donde:
or = nidos o madrigueras activas rescatados
orb = número de nidos o madrigueras activas rescatados durante las brigadas
oip = número nidos o madrigueras activas identificados en los recorridos previos</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre</th></tr>
<tr><td>ai= animales ahuyentados al inicio de las brigadas
$ea = \left(\frac{af}{ai}\right) \times 100$

- Eficiencia de la medida
$ea = \leq 5\%$
- <u>Rescate de organismos</u>
- Indicador de Seguimiento
En donde:
or = organismos rescatados
orb = número de organismos rescatados durante las brigadas
oip = número organismos identificados en los recorridos previos
$or = \left(\frac{orb}{oip}\right) \times 100$
- Eficiencia de la medida
$or = 100\%^{3}$
- <u>Cursos Ambientales</u>
- Indicador de Seguimiento
En donde:
c = esfuerzo del curso impartido
j = Número de trabajadores vinculados a la obra a los cuales se le impartió el curso
$c = \left(\frac{j}{t}\right) \times 100$
Eficiencia de la medida
C=100%</td><td>$nr = \left(\frac{nrb}{nip}\right) \times 100$
Eficiencia de la medida
$nr = 100\%^{4}$

- <u>Liberación de organismos</u>
Indicador de Seguimiento
pl = población liberada
prt = población rescatada

- Eficiencia de la medida
$\varphi_t = 100\%$
$\varphi_t = \left(\frac{ol}{or_t}\right) \times 100$
$\varphi_t =$ probabilidad de supervivencia</td></tr>
<tr><td colspan="2">Umbral de alarma
Índice de eficiencia < 70%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Informes:
Informes rutinarios mensuales
Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación</td></tr>
</table>

6.2.5.3 Ficha Técnica del Programa de Compensación Ambiental

Programa de Compensación Ambiental
Objetivo de la medida: Verificar que las acciones de recuperación de ecosistemas sean llevadas a cabo conforme lo establecido en el programa correspondiente
Acciones para ejecutar y/o verificar: Verificar que se lleven a cabo las acciones de recuperación de ecosistemas con especies arbóreas y arbustivas endémicas incluyendo las especies rescatadas.

Programa de Compensación Ambiental
Analizar el valor de restauración de los sitios a recuperar: a) identificar las áreas críticas de conservación con especies en la norma, b) estado de conservación, c) zonas afectadas por el CUSTF, d) funciones ecosistémicas, como corredores biológicos de flora y fauna, conformación del paisaje, etc. Llevar a cabo el trasplante de las especies desarrolladas en el vivero provisional a los sitios de recuperación. Verificar que se cuente con los recursos humanos y materiales suficientes para llevar a cabo las acciones de recuperación de ecosistemas. Verificar que se instalen los oasis y cumplan su función para que la fauna silvestre tenga dónde beber agua, y así evitar que se acerquen a zonas habitacionales en busca de líquido y alimento. Verificar que los oasis sean robustecidos con la plantación de especies nativas. . En caso de realizarse convenios con instituciones, ejidos o pobladores para la restauración de los ecosistemas, verificar que este sea cumplido conforme o lo estipulado en dicho convenio. Verificar que se realicen monitoreos biológicos en caso de que este sea convenido con alguna institución, ejido o pobladores.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: Al concluir las actividades CUSTF
Superficie: 90.4673 ha
Frecuencia de control: 1)Durante las acciones de restauración Diario 2) Al finalizar las acciones restauración Entrega de trabajos 3) Posterior a las acciones de restauración Primer año: registros semestrales
- Sitio de muestreo En la superficie seleccionadas donde se llevan a cabo las acciones de restauración.
- Indicadores ambientales - Índice de eficiencia - Índice de supervivencia - Reposición de planta Estado sanitario Censo de plantación
- Umbral de alarma Índice de eficiencia < 80% Índice de supervivencia < 80% Reposición de planta > 20%

Programa de Compensación Ambiental
- Informes Informes rutinarios mensuales Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

6.2.5.4 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Protección y Conservación de Suelos

Programa de Protección y Conservación de Suelos
Objetivo de la medida: Verificar que las acciones señaladas para el producto de desmonte provenientes de las superficies afectadas se implementen de acuerdo con lo planteado por el Programa correspondiente para la conservación de suelos y control de erosión
Acciones para ejecutar y/o verificar: Triturar los residuos provenientes del desmonte como ramas, hojas y arbustos, que serán incorporados al suelo a conservar, para incrementar el porcentaje de materia orgánica. Incorporar la materia orgánica recolectada al suelo acamellonado con la finalidad de aumentar sus propiedades edafológicas. ● Capacitar al personal encargado de la colecta y triturado de los residuos vegetales. ● Implementar obras de conservación de suelo en caso de ser necesario para prevenir erosión del suelo ● Promover la revegetación natural a partir de la incorporación de suelo orgánico acamellonado de las actividades de despalme ● Restaurar las áreas afectadas por el CUSTF (caminos de acceso, suelos compactados, áreas de campamentos)
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: Previo y después de la CUSTF
Frecuencia de control: Semanalmente
Sitio de muestreo: En las superficies propuestas a restaurar y el trazo del proyecto
- Indicadores ambientales - Índice de eficiencia - Proporción de la materia orgánica triturada - Acamellonamiento del suelo orgánico producto del despalme En donde: s = volumen (m3) de suelo recuperado s1 = volumen (m3) de suelo recuperado en el área afectada Núm. 1

Programa de Protección y Conservación de Suelos
sn = volumen (m3) de suelo recuperado en el área afectada Núm. n $\sum_{s=x}^{n} s = s_1 + s_2 + \cdots + s_n$ - Eficiencia de la medida $\sum_{s=x}^{n} s \cong 8910\ m^3$
Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70%
Informes Informes rutinarios mensuales Estas acciones se tendrán que integrar a los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante la preparación del sitio del Proyecto.

Rescate y acamellonamiento del suelo
Objetivo de la medida: Verificar que las acciones señaladas para el rescate del horizonte orgánico existente en las superficies afectadas por el CUSTF se implementen de acuerdo con lo planteado por el Programa correspondiente.
Acciones para ejecutar y/o verificar: Verificar que la superficie de remoción sea únicamente la autorizada Verificar se realice la conservación y almacenamiento/acamellonamiento del horizonte orgánico a remover dentro de la superficie identificada por el Programa y dentro del área de afectación del Proyecto. Verificar sean construidas pilas de aproximadamente de 30 m largo por 4 m de ancho y 2 m de alto, dejando entre cada pila un espacio de 4 m, cuyas dimensiones podrán variar en función de la superficie disponible para dichas actividades. Siendo la superficie ideal los costados del polígono del banco con poca vegetación que no serán afectados por la ejecución del Proyecto. El área seleccionada para el almacenamiento debe ser delimitada con estacas, cinta preventiva o algún medio visual. Previo al desmonte se recomienda recolectar hojarasca (respetando los límites dentro del polígono del banco) con escobas metálicas, transpórtala con ayuda de costales, para agregar este material al suelo conservado. Colocar una cubierta vegetal con los materiales del desmonte sobre las pilas de suelo para protegerlo de efectos erosivos como el agua y el viento. Capacitar previamente al personal encargado a las labores de despalme, conservación y transporte del horizonte orgánico por un especialista. Se recomienda regar con cierta periodicidad el suelo orgánico conservado, sobretodo en la época de estiaje.

Rescate y acamellonamiento del suelo
Verificar que haya sido conservada la cantidad de suelo orgánico requerida para las labores de restauración de las áreas analizadas. Evitar el derrame de sustancias contaminantes sobre el suelo, provenientes del mantenimiento y manejo de la maquinaria; así como del almacenamiento de residuos. En caso de derrame de algún combustible, se deberá de evitar la expansión del mismo y remover la parte afectada para que ésta sea impregnada lo menos posible de materiales peligrosos, la que debe ser depositada en un contenedor adecuado. Las actividades para realizar deberán de estar debidamente ordenadas y planeadas con base al calendario de obra del Proyecto. Demostrar a través del seguimiento e indicadores físicos, químicos y biológicos la calidad edáfica de los sitios en donde se realizaron dichas acciones.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: Durante la actividad de despalme.
Frecuencia de control: Inicia en el despalme en la superficie de afectación dentro del polígono del banco y áreas de infraestructura provisional (en su caso). Diario durante el despalme y su conservación en pilas Posteriormente cada mes en el periodo de acamellonamiento y mantenimiento del suelo orgánico.
Sitio de muestreo - En la superficie de ocupación del Proyecto y aquellas áreas destinadas al acamellonamiento del suelo orgánico.
- Indicadores ambientales - Índice de eficiencia - Porcentaje de suelo orgánico conservado 1) Medición de contenidos nutrimentales del suelo (nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, entre otros micronutrientes) 2) Características del suelo (color, textura, estructura, consistencia, penetrabilidad de raíces, porosidad, pH)
- Umbral de alarma - Índice de eficiencia (ei) < 80% Porcentaje de suelo orgánico conservado < 80 % Proporción de materia orgánica triturada < 80 %
- Informes Índice de eficiencia (ei) < 80% Porcentaje de suelo orgánico conservado < 80 % Proporción de materia orgánica triturada < 80 %

Descompactación del suelo y reutilización del suelo en actividades de restauración
Objetivo de la medida: Verificar que las acciones señaladas para la reutilización del suelo y áreas a restaurar del Proyecto se implementen de acuerdo con lo planteado por el Programa correspondiente.
Acciones para ejecutar y/o verificar: Disgregar la superficie del suelo a una profundidad de 40 cm, permitiendo adquirir una condición suelta de los horizontes del suelo Utilizar un escarificador de tal forma que al introducir los dientes se produzca un ripiado constante en toda la zona a descompactar disgregando los terrones y obteniendo agregados homogéneos. Realizar el arrope de taludes seleccionados para su posterior revegetación que forman parte del banco de semillas y de herbáceas seleccionadas.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: Durante la estabilización de taludes y las actividades de revegetación
Frecuencia de control: Semanalmente durante las labores de descompactación y reutilización del suelo
Sitio de muestreo: En las superficies seleccionadas para la revegetación
- Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70%
- Informes Informes rutinarios mensuales Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

6.2.5.5 Ficha técnica de seguimiento ambiental del Programa de Manejo Integral de Residuos

Programa de Manejo Integral de Residuos
Objetivo de la medida: Verificar la aplicación de prácticas adecuadas para el manejo integral de los residuos, evitar el derrame de combustibles en el suelo y, en su caso, implementar acciones eficientes para el manejo de suelos contaminados; de acuerdo con las indicaciones ambientales señaladas en el Programa correspondiente.
Acciones para ejecutar y/o verificar: ● Colocar los residuos generados durante Obra en los depósitos y sitios destinados para ello, evitando sean arrojadas al suelo, sobre todo en aquellas áreas donde fue acamellonado el horizonte orgánico, causes y vegetación aledaña el proyecto. ● Colocar señalamientos de advertencia en las áreas de conservación del horizonte orgánico, para evitar sea utilizado como vertedero de residuos y cruce de personas o vehículos. ● La recarga de combustibles a vehículos, equipo y maquinaria de Obra deberá ser preferentemente en estaciones de servicio fijas. En caso contrario se deberán de atender medidas de seguridad para la recarga de combustibles en Obra, dirigidas tanto al personal como al área destinada para la recarga. ● Verificar la construcción del almacén temporal de residuos peligrosos ● Almacén temporal de residuos peligrosos deberán contar con un pretil de contención sobre piso, preferentemente de concreto; o en su caso con materiales absorbentes. ● Atender la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT//SS-2003 la cual establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.

Programa de Manejo Integral de Residuos
● En caso de incidente se deberá atender lo establecido en la Norma mencionada.
Método de control/registro: ● Cédula de registro (diario y por actividad) ● Fotográficos ● Bitácora de obra
Fase de aplicación: Durante la preparación del sitio del Proyecto
Frecuencia de control: Diariamente
Sitio de muestreo: En la superficie de ocupación del Proyecto
- Indicadores ambientales - Índice de eficiencia - <u>Control del posible derrame de combustibles, aceite y/ grasa</u> En donde: ed= número de eventos por derrame de combustible, aceite y/o grasa ed1= número de derrames de combustible, aceite y/o grasa Núm. 1 edn= número de derrames, combustible, aceite y/o grasa Núm. n $\sum_{ed=1}^{n} ed = ed_1 + ed_2 + \cdots + ed_n$ Eficiencia de la medida $\sum_{ed=1}^{n} ed = 0$
- Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70%
- Informes ● Informes rutinarios mensuales ● Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental.

6.2.5.6 Fichas técnicas de la categoría de seguimiento ambiental de los programas ambientales

Seguimiento ambiental de los programas ambientales
Objetivo de la medida: Documentar el progreso de todas las acciones implementadas en cada uno de los programas específicos
Acciones para ejecutar y/o verificar: Verificar el cumplimento de los siguientes programas: Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre. Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre. Programa de Compensación Ambiental. Programa de Manejo Integral de Residuos. Programa de Protección y Conservación de Suelos. Programa De Prevención, Mitigación y Manejo De Contingencias Ambientales Presentar los Informes Anuales de los resultados registrados ante la Delegación de la PROFEPA en el estado y copia de los mismos, así como de la constancia de recepción la DGIRA de la SEMARNAT.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: Periodo de reportes anuales o a la conclusión de cada programa según sea su vigencia
Frecuencia de control: Anual durante las actividades del proyecto
Sitio de muestreo: En la superficie de incidencia del proyecto
Indicadores ambientales: Los indicadores de cada una de las acciones implementadas en el programa
Umbral de alarma: Índice de eficiencia > 70%
- Informes - Informes parciales Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Anuales de Cumplimiento Ambiental durante la implantación del proyecto.

6.2.5.7 Fichas técnicas de la categoría de manejo ambiental y medidas generales

Medidas generales
Objetivo de la medida: Verificar que sean consideradas medidas de prevención para la planificación del CUSTF
Acciones para ejecutar y/o verificar: Aplicación de las campañas de capacitación y concienciación al personal en obra. Verificar que existan los procedimientos mínimos necesarios para el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos generados en las actividades de CUSTF.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra Registro documental de los trámites y permisos necesarios para el CUSTF
Fase de aplicación: Durante la fase de preparación del sitio
Frecuencia de control: Diario durante la preparación del sitio
Sitio de muestreo: En la superficie de ocupación del Proyecto
- Indicadores ambientales Índice de eficiencia
- Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70%
Informes Informes rutinarios mensuales Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

Capacitación al personal sobre protección ambiental
Objetivo de la medida: Verificar que se lleven a cabo campañas de concientización ambiental al personal que labora en la obra.
Acciones para ejecutar y/o verificar: Llevar a cabo las campañas de concienciación, para difundir el material que se elabore, en pro de los recursos naturales, y sea del conocimiento del personal, para todas las actividades del proyecto. Acordar con el (los) encargados, los tiempos para la aplicación de las campañas de capacitación y concientización, las cuales se realizarán por lo menos cada que exista un una rotación y requerimientos de personal. Difundir los lineamientos establecidos en el Reglamento de Comportamiento, en cuanto a la protección del ambiente presente en la superficie afectada por el Proyecto. Presentar el folleto con un lenguaje sencillo al nivel del personal de obra. Verificar que las campañas presenten las acciones de protección y conservación, así como las medidas de prevención y control a aplicar durante el Proyecto enfocadas a la flora, fauna, suelo y agua. Verificar que sea asignado y/o contratado personal especializado.

Capacitación al personal sobre protección ambiental
Divulgar los procedimientos de prevención y control a los que se encuentra sujeto el proyecto sobre protección ambiental durante el desarrollo del Proyecto. Verificar que la contratista organice y prevea la realización de las campañas de concienciación con una periodicidad trimestral, con el fin de actualizar a todo el personal de nuevo ingreso a la Obra. Verificar sea colocada información (carteles, mantas, etc.) referente a la prohibición de captura de animales o maltrato de la vegetación fuera de las áreas autorizadas para la Obra. Verificar que, durante las campañas de concienciación, sean difundidas las medidas integradas en los Programas a desarrollar para cada uno de los componentes ambientales a afectar por el Proyecto.
Método de control/registro: Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación: En todas las actividades de ejecución de CUSTF
Frecuencia de control: Mensualmente
Sitio de muestreo En el área del proyecto
- Indicadores ambientales - Índice de eficiencia $$Porcentaje\ de\ capacitación = \frac{Personal\ capacitado}{Personal\ Total}$$ $$Frecuencia\ de\ las\ campañas\ (semestral) = \frac{Campañas\ aplicadas\ (meses)}{Período\ de\ obra\ (semestral)}$$ - Pláticas con trabajadores - Indicador de Seguimiento En donde: *c = esfuerzo del curso impartido* *j* = Número de trabajadores vinculados a la obra a los cuales se le impartió el curso *t* = Número total de trabajadores vinculados a las actividades de despalme y desmonte

Capacitación al personal sobre protección ambiental
$c = \left(\frac{j}{t}\right) \times 100$ Eficiencia de la medida C=100%
Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70% Porcentaje de capacitación < 75% Frecuencia de aplicación de campañas < 2
Informes - Informes rutinarios mensuales - Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

Control de emisiones de contaminantes, polvo, ruido y mantenimiento a vehículos y maquinaria
Objetivo de la medida Verificar que sean aplicadas las Normas Oficiales Mexicanas al respecto de la generación de partículas suspendidas y emisiones a la atmosfera.
Acciones a ejecutar y/o verificar Los vehículos de carga deberán ajustarse a las normas y reglamentos ambientales vigentes (NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-041-SEMARNAT-2006). En cuanto a la generación de ruido los vehículos y maquinaria se deben de ajustar a la NOM-080-SEMARNAT-1994. Además de contemplar los horarios de trabajo, sobre todo en zonas cercanas a áreas urbanas El polvo generado durante el desmonte será poco, sin embargo, es necesario humedecer constantemente las superficies de trabajo cercanas al área urbana. El agua utilizada para el riego de los materiales procedentes del desmonte o para su colocación en obras, deben ser regados con agua tratada o de tomas municipales autorizadas. Se debe procurar generar la mínima cantidad de polvo, sobre todo en sitios cercanos a zonas urbanas. Se utilizará tapial de forma temporal o permanente en las zonas urbanas con mayor densidad de población para disminuir las afectaciones por el polvo, impacto visual, ruido e incrementar la seguridad y prevenir accidentes. La constructora NO podrá darle mantenimiento directo en el sitio de la obra a sus vehículos automotores, deberá buscar un taller particular o realizar estas actividades en sitios asignados debidamente habilitados, lo cual se debe de controlar y registrar, por medio de una bitácora el mantenimiento de cada vehículo y maquinaria pesada en la que se demuestren condiciones adecuadas de operación y su mantenimiento periódico. La constructora deberá asegurar que los materiales sobrantes del material brindado a sus vehículos (baterías, filtros, llantas, aceites, etc.), sean entregados a empresas recicladoras, que tengan los permisos para transportarlos, reciclarlos y disponerlos en donde la autoridad competente ambiental así lo determine. Se deberá de tener en cuenta el uso de mecanismos de mitigación de ruido para lograr la atenuación del impacto generado por las actividades de maquinaria y trituración en las comunidades circundantes. No se deberá de realizar el desmonte o despalme en horarios nocturnos principalmente con motosierras y/o maquinaria pesada en zonas cercanas a poblados o localidades.
Método de control/registro Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra Verificaciones y permisos
Fase de aplicación En todas las actividades de ejecución de CUSTF
Frecuencia de control

Control de emisiones de contaminantes, polvo, ruido y mantenimiento a vehículos y maquinaria
Semanalmente
Sitio de muestreo En la superficie de ocupación del Proyecto
Indicadores ambientales Índice de eficiencia
Umbral de alarma Índice de eficiencia < 70%
Informes - Informes rutinarios mensuales - Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

Seguridad, control y servicios al personal
Objetivo de la medida Verificar sean aplicadas medidas preventivas por la presencia de personal
Acciones a ejecutar y/o verificar Verificar que durante el desarrollo del Proyecto se consideren los servicios que el personal requiere, así como un reglamento de comportamiento sobre el uso adecuado de dichos servicios, sobre todo cuidando las condiciones higiénicas del personal y su seguridad. Contar con un plan de traslado, comunicación con personal médico y atención de primeros auxilios para trabajadores que pudieran sufrir algún percance durante la realización de los trabajos del proyecto. Aplicable en todas las actividades del proyecto, con la finalidad de proveer a los trabajadores en obra y prestadores de servicio, la seguridad básica para la realización de sus labores, así como capacitar al personal al respecto de los primeros auxilios básicos que deben de conocer en caso de contingencia Higiene en los alimentos servidos al personal, para evitar la propagación de enfermedades contagiosas, mediante la contratación de servicios de comedor de servicios locales, solo en el tiempo que dure la obra y verificando que dichas instalaciones sean removidas en su totalidad y que los sitios sean descompactados y restaurados con cobertura vegetal. Proveer y verificar el uso de mascarillas y equipos de seguridad por parte de los trabajadores (guantes, mascarilla para solventes, ropa de algodón, botas, etc.) según se requiera, siguiendo las disposiciones de la Ley del Trabajo. Evitar la colocación de expendios de comida, provocando asentamientos irregulares. Los servicios sanitarios deben ser regularmente higienizados con la finalidad de que los trabajadores los utilicen y se evite la defecación al aire libre. Para la instalación de campamentos para los trabajadores, se debe dar preferencia a los sitios cercanos a las zonas urbanas y que cuenten con mayor número de servicios. Los almacenes y patios de maniobra se localizarán en sitios cercados, que cuenten con la seguridad e instalaciones adecuadas que brinden la seguridad del personal de la obra. El establecimiento de mecanismos de coordinación con las autoridades locales correspondientes para garantizar la seguridad del personal que labore en la obra, su clara identificación mediante gafetes y uniformes. Establecer mediante un reglamento interno, la prohibición a los trabajadores de incursionar en predios vecinos, fuera del área del proyecto, con las sanciones correspondientes.
Método de control/registro Cédula de registro (diario y por actividad) Fotográficos Bitácora de obra
Fase de aplicación En todas las actividades de ejecución de CUSTF
Frecuencia de control Diariamente
Sitio de muestreo En el área del proyecto

Seguridad, control y servicios al personal
Indicadores ambientales Índice de eficiencia $$\text{Porcentaje de aplicación del reglamento en obra} = \frac{\text{Número de hallazgos}}{\text{Número de actividades registradas conforme el reglamento}}$$
Umbral de alarma - Índice de eficiencia < 70% - Porcentaje de aplicación del reglamento en obra < 70%
Informes - Informes rutinarios mensuales - Integración de las acciones y sus resultados en los Informes Semestrales de Cumplimiento Ambiental durante su implantación

6.2.5.8 Otras actividades e indicadores de seguimiento de impacto ambiental que deberán seguirse:

- **Manejo y disposición de residuos sólidos y de aguas residuales (MIA-P)**

Para el manejo de residuos se establecerán indicaciones específicas a los trabajadores, considerando lo considerando siguiente:

Se establecerán en áreas estratégicas, recipientes con tapa para el acopio de residuos, en los diferentes frentes de trabajo. Los residuos urbanos y de manejo especial serán recolectados, manejados y dispuestos por una empresa especializada para la correcta disposición final de estos.

Durante la ejecución de las obras, se organizarán semanalmente los frentes de obra para la colocación de contenedores y recolección de los residuos. Así mismo se debe mantener los aceites y grasas en contenedores y sobre dentro del almacén temporal de residuos.

- **Control de emisiones a la atmósfera**

Se establecerán las siguientes acciones;

- Las vías de tránsito de la maquinaria y vehículos de carga deberán ser regados periódicamente además de que se fomentará que los vehículos que transiten en ellas lo hagan a una velocidad moderada.
- Los camiones que transporten tierra o material en el área del proyecto, área de influencia o SA para la construcción del proyecto, deberán transitar con lonas o transportar el material húmedo para evitar la dispersión de polvo. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, todos los vehículos deben mantener una velocidad máxima de 30 km/h dentro del polígono del proyecto para reducir la dispersión de material particulado.
- Se llevarán a cabo mantenimientos preventivos a maquinaria, vehículos y equipo lo cual se registrará en bitácora, con la finalidad de evitar que el mal funcionamiento de esta genere ruido y GEI fuera de norma, aun cuando estén excluidos por tratarse de equipo y maquinaria dedicada a la industria de la construcción, cumplan en la medida de lo posible con lo establecido en las siguientes normas oficiales mexicanas:

  NOM-041-SEMARNAT-2015, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación, que usan gasolina como combustibles.
  NOM-045-SEMARNAT-2017, que establecen los niveles máximos de opacidad de humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.
  NOM-050-SEMARNAT-2018, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

- Una vez reconocidas las actividades especialmente generadoras de ruidos, se deberán de ajustar a un horario regular de trabajo, de 9:00 a 18:00 horas, con el fin de beneficiar el mantenimiento de las actividades diurnas y nocturnas de alimentación y parcheo de la avifauna local.

- Durante el desarrollo del proceso constructivo, se deberá mantener con una residencia de supervisión ambiental, que cuente con autoridad y capacidad técnica para indicar las acciones que la empresa constructora deberá llevar a cabo a efecto de que su maquinaria, equipo y vehículos presenten el mantenimiento periódico para reducir los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera.

6.2.6 Umbrales de efectividad

- **Rangos de umbral cuando la eficiencia es el 100%**

Cuando el éxito de la medida resulta en porcentaje del 100% de eficiencia, se considerarán los siguientes umbrales de efectividad:

Tabla 6. Umbral cuando la eficiencia es el 100%

Rango del umbral (%)	Consideración de su efectividad
100 – 90	Cumple totalmente con la medida, la cual es efectiva y constante
89 – 71	Cumple de manera efectiva la medida, con alguna omisión ocasional
70 – 51	Cumple de manera efectiva la mayor parte de la medida
50 – 21	cumple parcialmente la medida
20 – 1	inicia de forma incipiente el cumplimiento de la medida
0	No se han iniciado acciones para el cumplimiento de la medida

- **Rangos de umbral cuando la eficiencia es una cifra**

Cuando el éxito de la medida resulta ser una cifra determinada: 0, 6, 4, etc., se considerará un porcentaje de desviación con respecto a dicha cifra, para lo cual los umbrales de efectividad son los siguientes:

Tabla 7. Rangos de umbral cuando la eficiencia es una cifra

Rango del umbral (%)	Consideración de su efectividad
0	Cumple totalmente con la medida, la cual es efectiva y constante
1-20	Cumple de manera efectiva la medida, con alguna omisión ocasional
21-40	Cumple de manera efectiva la mayor parte de la medida
41 – 60	Cumple parcialmente la medida
61 – 80	Inicia de forma incipiente el cumplimiento de la medida
100	No se han iniciado acciones para el cumplimiento de la medida

- **Rangos de umbral cuando la eficiencia es la unidad**

Los umbrales de efectividad cuando el éxito de la medida resulta ser la unidad:

Tabla 8. Rangos de umbral cuando la eficiencia es la unidad

Rango del umbral	Consideración de su efectividad
1 – 0.81	Cumple totalmente con la medida, la cual es efectiva y constante

Rango del umbral	Consideración de su efectividad
0.80 – 0.61	Cumple de manera efectiva la medida, con alguna omisión ocasional
0.60 – 0.41	Cumple de manera efectiva la mayor parte de la medida
0.40 – 0.21	Cumple parcialmente la medida
0.20 – 0.01	Inicia de forma incipiente el cumplimiento de la medida
0.0	No se han iniciado acciones para el cumplimiento de la medida

Cabe señalar que las responsabilidades asignadas al personal dentro del PVA tendrán como base la correcta integración de las actividades que han sido planteadas en el presente documento, previamente al inicio de la obra, durante la construcción del Proyecto y los primeros años de su operación; desde una ampliación perspectiva de integración social, económica y ambiental.

El personal que requiere la empresa constructora para la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) deberá tener claro el objetivo y alcances del manejo ambiental integral; para que no se entienda como un mero trámite. Dado que todas las acciones a realizar y a valorar, son parte intrínseca de estas y son ejecutadas a favor del medio ambiente; de ser llevadas a cabo correctamente simplificarían la valoración y el impacto de esta.

Así, desde una óptica de responsabilidad ambiental, cuando cada una cumpla con los objetivos del Plan trazado previamente y en concordancia con la aplicación de la normatividad ambiental vigente, se tendrá una buena gestión ambiental reflejada en un manejo racional de los recursos.

Por lo tanto, la responsabilidad compartida no limita de alguna forma a las actividades que cada uno tendrá en su momento, si no se tendrá un funcionamiento vinculado en virtud de las dimensiones del PVA aquí propuesto y de acuerdo con la envergadura del Proyecto en cuestión.

Se plantea la conformación de un equipo de manejo ambiental para la construcción del Proyecto, en sus diferentes frentes, tomando en cuenta la magnitud de los trabajos a vigilar, conformado por un responsable del Manejo Ambiental, que podría requerir el apoyo de dos Asistentes Técnicos y un Asistente Administrativo.

El responsable del Programa de Vigilancia Ambiental será el responsable directo con la Compañía Constructora y ante la Oficina Central que sea asignada para realización de estos trabajos durante la preparación del sitio y construcción del Proyecto. Este también será aquella persona que coordine las actividades de un equipo de 3 personas integrado por dos Asistentes Técnicos y un Asistente Administrativo.

6.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

Para asegurar el cumplimiento de las medidas de control, prevención, mitigación y compensación ambiental, la Promovente a través de la empresa que contrate para la ejecución de los trabajos contará con personal especialista en el área de supervisión y vigilancia de obra en materia ambiental, quienes darán el seguimiento puntual y permanente a todos los trabajos en el sitio del proyecto y a los programas ambientales.

La supervisión ambiental (personal ambiental) registrará y documentará en las bitácoras respectivas, los avances de los trabajos de preparación del sitio del proyecto, así como los avances de cumplimiento a cada medida de control, prevención, mitigación, compensación, establecidas.

Ahora bien, para garantizar el debido cumplimiento en materia ambiental, adicionalmente la Promovente designará a un responsable externo a la empresa contratista, encargado de realizar la supervisión ambiental del proyecto, con suficientes conocimientos y experiencia en materia ambiental, para satisfacer cubrir los siguientes objetivos:

1. Registrar la información generada de cumplimiento ambiental y estructurar resultados de cumplimiento de tipo cualitativo y cuantitativo, que permita reconocer la efectividad de las medidas de control, prevención, mitigación y compensación ambiental aplicadas.

2. Elaborar informes técnicos de avance, cumplimiento y efectividad de las medidas, que serán presentados conforme lo requiere la autoridad competente.

3. Reconocer la ocurrencia de situaciones o condiciones en uno o varios componentes del sistema ambiental, que puedan reflejar la existencia de alteraciones imprevistas relacionadas con la ejecución del proyecto y que ameriten el establecimiento de acciones correctivas o nuevas medidas de control.

4. Llevar e integrar una memoria documental y gráfica de todo el proceso de desarrollo del proyecto y del cumplimiento a los programas y acciones ambientales, para evidenciar la protección de los recursos naturales adyacente a la superficie afectada (entorno ambiental).

5. En caso de ser necesario, los responsables de la supervisión ambiental deberán recurrir a la ayuda de personal especializado o instituciones públicas o privadas (ej. Universidades) para la atención de situaciones de contingencia o el monitoreo específico de factores ambientales.

6.4. CONCLUSIONES

Acorde a la identificación de los impactos generados por el proyecto "***BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ***", se han establecido diversas medidas de prevención, control, mitigación y compensación, las cuales se implementan a través de los programas ambientales del proyecto. Estas medidas han sido diseñadas para atender los impactos específicos diagnosticados durante la evaluación del proyecto y están alineadas con sus características y especificaciones técnicas. El objetivo principal de estas medidas es preservar las condiciones ambientales identificadas en el estudio, asegurando que el desarrollo del proyecto no comprometa la integridad ecológica de la zona.

Aunque la mayoría de los impactos generados por el proyecto son considerados irrelevantes o compatibles, se han identificado impactos más significativos que requieren atención especial. Entre estos se incluyen la pérdida de suelo debido a las actividades de despalme, alteraciones en la capacidad de infiltración del suelo por el retiro de la cobertura vegetal forestal, y la reducción de la abundancia faunística debido al desplazamiento y pérdida de hábitat. Para mitigar estos impactos, se han contemplado medidas específicas como el almacenamiento y conservación del suelo despalmado, que se utilizará en las acciones de restauración. Estas medidas no solo ayudarán a reducir la erosión del suelo, sino que también favorecerán la restauración de selvas degradadas, evitarán el escurrimiento superficial del agua y promoverán su infiltración.

Finalmente, a través de los reportes de los programas ambientales se demostrará la aplicación efectiva de estas medidas, así como cualquier posible adecuación que se haya realizado en respuesta a particularidades o imprevistos presentados en campo durante la ejecución del proyecto. Estos reportes permitirán mostrar la transparencia y eficacia de las acciones emprendidas, con el propósito de proteger y preservar el medio ambiente en el contexto del proyecto.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO VII
PRONÓSTICOS AMBIENTALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

7 PRONÓSTICOS AMBIENTALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....3

7.1 ESCENARIO SIN PROYECTO, CON PROYECTO Y CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL.....5

7.2 PRONÓSTICO AMBIENTAL.....10

7.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....12

7.4 CONCLUSIONES.....12

7 PRONÓSTICOS AMBIENTALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El Sistema Ambiental (SA) se ubica en estado de Quintana Roo; corresponde al interior de la Región Hidrológica No. 32 Yucatán-Norte (RH32). La RH32 se divide a su vez en dos cuencas: (A) Quintana Roo y (B) Yucatán, siendo la primera de estas, la cuenca A Quintana Roo, dentro de la cual se ubica el SA y el AP (municipio de Benito Juárez).

El SA incide dentro de las RMP Dzilam-Contoy con clave 62 y Punta Maroma-Nizuc con clave 63, respecto a las ANP federales el SA incide en el Arrecife de Puerto Morelos, Caribe Mexicano, Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, en la ANP Estatal Kabah, así como también incide en Manglares de Nichupté y Manglares de Puerto Morelos (Cap IV).

La ejecución del proyecto, a pesar de las complicaciones ambientales que pueda llegar a tener, tiene una gran importancia económica y social; principalmente para mejorar el desarrollo económico y la conectividad de los poblados, el transporte de insumos, materias primas, productos y mercancías, por lo que, la importancia y desarrollo de este es primordial para el impulso, crecimiento y modernización de la zona.

Derivado del análisis de impactos elaborados para este proyecto (Capitulo V) se determinó que uno de los factores de cambio más significativo es el retiro de la vegetación, por lo que, varios de los pronósticos que se desarrollan en este capítulo tendrán este factor como principal componente.

La sustentabilidad regional faunística hace referencia a la gestión y conservación de la fauna silvestre en un área geográfica específica, asegurando que las poblaciones de animales puedan mantenerse viables a largo plazo.

Las aves migratorias dependen de sitios específicos para descansar, alimentarse o reproducirse durante sus rutas, al llevar a cabo la remoción de vegetación debido al cambio de uso de suelo en terrenos forestales se alteran sus sitios de desplazamiento, sin embargo cabe mencionar que mediante las medidas de compensación ambiental se llevará a cabo un programa de reforestación y un programa de rescate y reubicación de flora silvestre en el cual se pretende llevar a cabo la plantación de especies nativas para de esta manera mitigar los impactos generados por el proyecto, asegurando para estos individuos zonas de provisión de alimentos y refugio.

Dentro del SA existe la Selva Mediana Subperennifolia en diferentes estados sucesionales (siendo en el caso del AP vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), está vegetación está sufriendo modificaciones graduales a lo largo del tiempo, provocados principalmente por el aumento de la población y los cambios antropogénicos que de ella derivan; como la creciente demanda de tierras para pastoreo, asentamientos humanos y desarrollos turísticos, lo que ha orillado a que las diferentes especies de animales que se desenvuelven en estos ecosistemas se disgreguen hacia zonas menos perturbadas, la tendencia a seguir urbanizando la zona a mediano y largo plazo, provocará que el hábitat de estas comunidades se vea mermado, poniendo en riesgo la sustentabilidad regional de las especies faunísticas que se desarrollan dentro del polígono del SA, ya que se generarán interrupciones en las rutas migratorias de varias especies terrestres.

Actualmente en SA se observan importantes continuos de selva mediana subperennifolia, selva baja espinosa subperennifolia, vegetación manglar, Tular, así como extensiones agricultura en las colindancias de los núcleos urbanos. En la selva se encuentra la mayor diversidad florística y faunística reportada, ya que presentan características idóneas para sustentar a grupos tan diversos. Uno de los factores que afectará a estos grupos, es la competencia intra e interespecífica por el territorio, ya que la fragmentación del hábitat y el cambio de uso de suelo obligan a los grupos de fauna con mayor oportunidad a moverse, refugiarse o recorrer grandes distancias para encontrar sitios seguros para su desarrollo.

Por otro lado, el sur y sureste del país es uno de los atractivos turísticos más importantes, sin embargo, no existe la infraestructura suficiente y adecuada para el traslado eficiente de los productos, personas, insumos, materias primas y mercancías, que se producen en las comunidades y localidades (rurales y urbanas) más alejadas. Por lo que, la tendencia de desarrollo en el SA concuerda al crecimiento de las actividades antropogénicas como la urbanización y la consecuente pérdida de la cubierta vegetal, ocasionando el deterioro ambiental, para evitar en gran medida estos daños se elaboraron las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para asegurar la viabilidad ambiental del proyecto dentro del SA.

Según las acotaciones previas y el análisis de las condiciones de crecimiento de la región, se prevén actividades que generarán cambios a corto, mediano y largo plazo:

- Cambios de Uso de Suelo en terrenos Forestales (CUSTF), generados para dar paso a la expansión de la zona agrícola, pastizales, áreas urbanas y de comunicaciones.
- La degradación de suelos y aguas superficiales, derivado de las actividades agropecuarias y urbanas.
- Pérdida del paisaje original y deterioro de la calidad visual, debido a los constantes cambios de uso y fragmentación de los terrenos que dan pie a la expansión agrícola y la urbanización de las áreas.

El desarrollo del Proyecto solo afectará un tipo de vegetación clasificada como vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ). Como medidas compensatorias, se realizará la compensación ambiental con fines de restauración en una superficie de 44.1027 ha dentro del SA para establecer una cobertura vegetal. Además, como parte del programa de rescate y reubicación de flora silvestre, se establecerán especies rescatadas. La importancia de los impactos causados a la flora está determinada por el efecto acumulativo de las actividades antropogénicas, principalmente el cambio de uso de suelo. En este sentido, se establecerá una base de datos previa al inicio del Proyecto con el porcentaje de cubierta vegetal a afectar, la diversidad y abundancia de especies, la sucesión y estructura de las comunidades, así como la conectividad de corredores biológicos. Posteriormente, se podrán establecer los resultados durante la aplicación de las medidas de mitigación y compensación.

El principal causante de modificación es el ser humano, que facilita el cambio en el uso del suelo, lo cual afecta al medio ambiente. Esto incluye el impacto sobre el medio físico, que cambiará en proporción al desarrollo del proyecto. La pérdida de vegetación puede aumentar el efecto de claro en las selvas y provocar un aumento en la erosión hídrica. El retiro de la vegetación también puede conducir a una disminución en la biodiversidad, cambios microclimáticos y mesoclimáticos (dependiendo de la escala), así como erosión y degradación de suelos debido a la traslocación de arcillas y salinización.

Con base al análisis del escenario ambiental modificado y con los estudios realizados para la preparación, construcción, operación y mantenimiento del proyecto; así como las características biofísicas del lugar, se considera que en el AP habrá cambios significativos.

A continuación, se describen tres escenarios

- Sin proyecto.
- Con proyecto y sin medidas de mitigación.
- Con proyecto y con medidas de mitigación.

7.1 ESCENARIO SIN PROYECTO, CON PROYECTO Y CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL

Tabla 1. Escenario sin proyecto, con proyecto y con medidas de mitigación por componente ambiental.

Componente ambiental	Sin proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación	Con proyecto y medidas de mitigación
Clima	El clima como factor dentro del SA ha sido promotor de los ecosistemas que actualmente se presentan, principalmente en lo que refiere a las selvas medianas, además de que estas mismas condiciones han promovido el establecimiento de agricultura en su mayoría de temporal y el establecimiento de núcleos poblacionales. No obstante, a pesar de que actualmente los patrones climáticos pueden calificarse como estables, los riesgos y peligros que se identificaron son atenuados por la presencia de las selvas y humedales. Es por eso por lo que, al mediano y largo plazo, se pudiera provocar un desequilibrio climático por las tasas de cambio de uso de suelo en las que se reemplazan los ecosistemas originales por asentamientos humanos y agricultura, perdiendo su función reguladora del clima, haciendo más tangible los incrementos en la temperatura y cambios negativos en los ciclos hidrológicos, así como los efectos proyectores que ofrecen ante los ciclones tropicales. Debido al cambio de uso de suelo, específicamente por la pérdida de los ecosistemas originales, provocará que los patrones climatológicos actuales remarquen el incremento de la temperatura e irregularicen los ciclos hidrológicos, además de que los riesgos y peligros por eventos extremos presenten un mayor impacto.	El presente proyecto requerirá el desmonte y despalme de 44.1027 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) en donde los ecosistemas originales se encuentran en un estado secundario por la presión agrícola y humano, por lo que se prevé que su ejecución pudiera acelerar los patrones de cambio negativo dentro del SA.	Por ello, al implementarse medidas de prevención, mitigación y compensación, específicamente al reestablecer una cobertura forestal a través de una reforestación, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre los patrones climáticos** puesto que se establecerán medidas de compensación como la reubicación de flora silvestre y la reforestación**.** En ese sentido, se implementarán medidas como el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **en una superficie de 6.0120 ha** y el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie 89.7559 ha.**
Geología y geomorfología	Si bien dentro del SA, en general las actividades antrópicos y naturales no suelen modificar su geomorfología ya que, en esencia, es plana, se presenta una serie de riesgos asociados a la karstisidad de la zona puesto que los hundimientos, las subsidencias y los agrietamientos están presentes y han sido detectados por la CENAPRED a lo largo de su extensión. Además, este SA incide sobre áreas de peligro por karstisidad. Relacionado a ello, se detectaron múltiples fracturas focalizadas principalmente en la parte sur del SA.	El presente proyecto se establecerá en una superficie que no incide en zonas de riesgo por hundimiento, agrietamiento ni subsidencias, además de que las actividades de este no provocarán un colapso de las estructuras kársticas (a pesar de que el riesgo es bajo). Por ello, a pesar de la ejecución de este proyecto no se considera una afectación significativa sobre la geología y geomorfología.	Puesto que se implementarán las medidas de prevención desarrolladas dentro del capítulo VI. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre los riesgos y peligros asociados a la karstisidad ni afectará a las estructuras de esta naturaleza, ni tampoco a la geomorfología del SA.**

Componente ambiental	Sin proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación	Con proyecto y medidas de mitigación
Suelo	Los procesos actuales de degradación y erosión del suelo del SA son considerados ligeros y de poca preocupación, se identificó que los principales factores que provocan su deterioro son la pérdida de cobertura vegetal para el establecimiento de áreas agrícolas y asentamientos humanos, los cuales están en constante expansión. También es posible que dentro de este SA en realidad no se presenta un estado de degradación y erosión del suelo que represente un riesgo para un desequilibrio ecológico futuro. Sin embargo, sin una buena planeación territorial en donde no se restrinja la frontera agrícola y de asentamientos humanos, en un mediano y largo plazo los suelos de este SA pudieran quedar desnudos o ser sometidos a procesos que provoquen la pérdida de la cobertura orgánica y cambio de su estructura, resultando en una degradación y erosión futura.	La ejecución del CUSTF tendrá un efecto que promoverá la erosión de suelo de manera hídrica y eólica, afectará su capacidad infiltración y modificará su estructura y fertilidad.	En las medidas de mitigación se propone el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** que contempla la revegetación de áreas degradadas recuperando y conservando las especies de flora que se han removido debido a las actividades antropogénicas, con especies que se rescataron mediante el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora*** **en una superficie de 6.0120 ha**. Asimismo, se implementará el ***Programa de Protección y Conservación de Suelos*** con la finalidad de evitar la erosión hídrica y eólica generada una vez implementadas las últimas actividades del desarrollo del proyecto. Una vez implementadas, se asegura que la ejecución del proyecto no acelerará los patrones de erosión hídrica ni eólica, así como a la degradación del suelo.
Agua	Dentro de la dinámica hidrológica dentro del SA, existe un riesgo y peligro por inundaciones, en donde los ecosistemas originales fungen como los principales puntos de sumidero para su infiltración. Asimismo, han sido fundamentales para mantener en buena calidad el agua superficial y subterránea. No obstante, el cambio de uso de suelo para el establecimiento de asentamientos humanos, agricultura e industria son promotores para interrumpir los patrones de infiltración e incrementar de manera desfavorable los parámetros que indican contaminación. Además, es posible la infiltración de hidrocarburos hacia los mantos freáticos. Con base en los análisis expuestos, el SA es una zona con riesgo y peligro de inundación derivado de los ciclos hidrológicos y la naturaleza plana de este sistema, por lo que las asociaciones vegetales como infiltradoras del agua son fundamentales para disminuir los daños provocados por las mismas. Por ello, el aumento del cambio de uso de suelo para establecimiento de núcleos urbanos y agricultura promoverán el aumento y peligrosidad de las inundaciones. Asimismo, si en la actualidad se considera como buena la calidad del agua, el aumento de las aguas sanitarias, industriales y	Con la ejecución del CUSTF existirá la contaminación del suelo por derrames accidentales de hidrocarburos que a su vez alterarán a los cuerpos de agua superficiales. Con la remoción de cobertura vegetal se habrá perdido la captación e infiltración del agua al subsuelo.	Como medida de mitigación se implementará el ***Programa de Protección y Conservación del Suelo***, el cual tiene como finalidad mejorar la capacidad de infiltración de agua, así como también se llevará a cabo el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** y se ejecutará el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre*** **con una superficie de 6.0120 ha** para propiciar la revegetación, que, de igual manera, beneficiará en la capacidad de infiltración de agua. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre la contaminación del agua superficial ni subterránea, así como en los patrones del flujo del agua e inundaciones.**

Componente ambiental	Sin proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación	Con proyecto y medidas de mitigación
	contaminadas por agroquímicos se podrían convertir en promotores de un aumento de la contaminación y pérdida de la calidad del agua.		
Aire	En el caso de este componente, la velocidad de los vientos no se encuentra asociada a procesos de deterioro dentro del SA puesto que estos no son muy fuertes lo cual es congruente con que no se presente erosión eólica, además de que las grandes coberturas vegetales ayudar a cubrir el suelo y evitar la disgregación de las partículas del suelo. Por otra parte, se identificó que dentro de los contaminantes como PM10, PM2.5, SO2, CO, NOX, COV, NH3 y CH4 teniendo como principales fuentes de emisión la industria de los alimentos y bebidas, la quema de los residuos de la caña del ingenio azucarero, el manejo y distribución de combustibles, así como el empleo desmedido de solventes y productos domésticos, los cuales ya sea por quema o volatilización, se integran a la atmósfera dando origen a los contaminantes. Cabe resaltar que, en específico para los COVs, estos si bien parte tiene su origen a través de las fuentes antes expuestas, estos también son generados a partir de los metabolitos secundarios y compuestos volátiles de los macizos forestales y vegetación presente, y que su vez, gracias a estas grandes extensiones, también fungen que sumideros para su captura (y del resto de contaminantes) quedando atrapados en sus estructuras leñosas. La contaminación del aire no es un problema que actualmente sea de relevancia puesto que la concentración de los contaminantes no ha generado una problemática a la salud y los ecosistemas. No obstante, la pérdida de cobertura vegetal que funge como sumidero y captura de los contaminantes, por lo que la tendencia al mediano y largo plazo del cambio de uso de suelo podría acelerar la concentración de estos contaminantes, además de que el establecimiento de más núcleos urbanos, industrias y áreas agrícolas aportarían una mayor liberación de estos mismos a la atmósfera.	En el marco de este proyecto se emplearán fuentes móviles que tendrán un correcto mantenimiento y revisión previo a su operación, además de que funcionarán bajo los límites permisibles que establece la normatividad vigente, esto como medida de prevención de la liberación de contaminantes.	Con la medida de mitigación, de mantenimiento periódico de la maquinaria y demás equipo, las emisiones de gases estarán controladas. La incorporación con humedad en las frentes de trabajo se reducirá la dispersión de polvos y partículas sólidas Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA sobre la contaminación de la atmósfera.**
Fauna	La tendencia es a la fragmentación del hábitat vegetal por claros en los macizos forestales de	La ejecución del CUSTF consta de la remoción de la vegetación forestal, lo cual afectará de forma directa	Como medida de mitigación se implementó el ***Programa de Ahuyentamiento, Rescate y***

Componente ambiental	Sin proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación	Con proyecto y medidas de mitigación
	selva, en cualquiera de sus ecosistemas, lo que acarrea la fluctuación población de las especies, ya que la creación de barreras artificiales promueve un desequilibrio en las poblaciones más sensibles a dicha perturbación. Otro de los factores que afectará a este grupo, es la competencia intra e interespecífica por el territorio, ya que la fragmentación, así como el cambio en el uso de suelo obligan a los grupos a adaptarse a las nuevas necesidades que el medio les provee, causando una baja poblacional dentro de las comunidades	y permanente sitios que son utilizados como madrigueras, refugio y alimentación; así como los senderos por donde circulan en busca de agua y comida algunas especies de invertebrados, mamíferos pequeños y medianos, así como también anfibios y reptiles. En lo que respecta a los mamíferos grandes la afectación se deberá a su intolerancia a la presencia antrópica y la fragmentación de sus rutas de movimiento. La presencia de maquinaria y ruido excesivo ocasionara el alejamiento de mamíferos de gran tamaño hacia zonas distantes, promoviendo la presión Inter e Intraespecífica por la búsqueda de nuevos territorios.	***Reubicación de Fauna Silvestre*** **en una superficie de 121.4004 ha** que tiene como finalidad asegurar la supervivencia de los individuos que se encuentren presentes dentro del área del proyecto, así como también se implementó el ***Programa de Rescate y Reubicación de Flora*** **en una superficie de 6.0120 ha** de tal manera que se aseguren sitios de refugio y alimento para los organismos presentes yendo de la mano con la revegetación y la implementación de ojos de agua que son acciones que se establecen en el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha.** Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro del SA a la pérdida de riqueza y abundancia de fauna, así como sus patrones de desplazamiento.**
Flora	Dentro del Sistema Ambiental se contemplan áreas que constan del cambio de uso de suelo debido a actividades antropogénicas, de las cuales destaca la agricultura la cual con el paso del tiempo incrementará de manera no regulada.	La remoción de vegetación forestal, la eliminación de suelo fértil generará un impacto acumulativo y residual sobre el componente flora. Estas acciones ocasionarán una modificación al paisaje. Esta remoción de vegetación y suelo puede comprometer la biodiversidad. El suelo se verá afectado debido a que se removerá la capa superficial, se favorece la perdida de suelo y la erosión de esta al exponer sus partículas al aire en la temporada de sequía y al agua en la temporada de lluvia	En las medidas de mitigación se llevó a cabo el ***Programa de Rescate y reubicación de flora*** **en una superficie de 6.0120 ha** que contempla aquellas especies de importancia que se encuentran en el sistema ambiental, así como aquellas enlistadas de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT, y su modificación en el Anexo III 2019. A su vez se implementará el ***Programa de Compensación Ambiental*** **en una superficie de 89.7559 ha** el cual propone el enriquecimiento selvas degradadas mediante la revegetación producto de las actividades de rescate y germinación de germoplasma, lo que ayudará a conservar las poblaciones.

Componente ambiental	Sin proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación	Con proyecto y medidas de mitigación
Paisaje	Debido a que el área del proyecto se encuentra cerca de una zona urbana, la tendencia al cambio de uso de suelo es alta, por lo que la visibilidad aumentaría siendo modificado el paisaje por actividades antrópicas, a su vez la calidad paisajística disminuiría, aumentando de tal manera la vulnerabilidad y fragilidad del paisaje.	La remoción de vegetación forestal tendrá un impacto sobre el paisaje, ocasionando de tal manera la modificación de las condiciones actuales del mismo, incrementando de tal manera la visibilidad debida que al remover la cobertura vegetal el área del proyecto es más visible considerando la pendiente de esta, así como también disminuirá la calidad del paisaje lo cual a su vez aumentará la fragilidad y/o vulnerabilidad de este.	En las medidas de mitigación se propone la restauración de ecosistemas que tiene como objetivo mejorar la calidad paisajística, mediante actividades de enriquecimiento de selvas y la rehabilitación de hábitats que brinden alimento y refugio a la fauna silvestre. La visibilidad disminuirá de tal manera con la revegetación formando barreras forestales, la calidad del paisaje aumentará recuperando las condiciones más parecidas a su estado natural, en cuanto a la fragilidad está disminuirá correspondiendo a la revegetación y la capacidad de infiltración del suelo, así como también la disminución de la erodabilidad.

7.2 PRONÓSTICO AMBIENTAL

En este documento se presentaron actividades relacionadas con el proyecto "**BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"**. Se señalaron y examinaron los planes y regulaciones aplicables (Capítulo III), detectando que el proyecto es cumple con la legislación vigente a nivel federal, estatal y municipal, siendo compatible con lo establecido por los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial aplicables, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) el cual corresponde a la UAB 62 en la Región Ecológica 17.33 Karst de Yucatán y Quintana Roo, el Plan Municipal de Desarrollo Benito Juárez (2021-2024), así como con las Normas Oficiales Mexicanas y Reglamentos de Leyes pertinentes. Adicionalmente, no representa un efecto negativo para áreas de importancia ecológica.

Cabe señalar que el proyecto, incide dentro del AICA 177, Corredor Central Vallarta-Punta Laguna, dentro de la RHP-103 Contoy, el proyecto no incide en ninguna RTP, la más cercana se encuentra 23.97 km que se trata de Dzilam-Río Lagartos-Yum Balam. También se vinculó con las normas ambientales vigentes encontrándose que no incumple ninguna de sus artículos.

Se delimitó y caracterizó el SA mediante la sobreposición de capas temáticas entre las que se incluyeron subcuencas hidrológicas, edafología y uso de suelo. Después de caracterizarlo se elaboró su diagnóstico ambiental mediante los componentes del sistema ambiental regional con base en indicadores (Capítulo IV).

Mediante el trabajo de campo y gabinete se reconocieron las afectaciones que las actividades del proyecto pueden ocasionar sobre los factores ambientales (y el medio natural y social en su conjunto) (Capítulo V).

Según el análisis previo, se puede predecir un escenario modificado por el Proyecto y sus componentes, aplicando todas las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VI. El SA y el polígono del proyecto muestran selvas conservadas y cierto deterioro ambiental debido a actividades humanas como infraestructura y expansión urbana. Aunque estas actividades son pequeñas, la mayor parte del área sigue siendo vegetación natural en diversas etapas sucesionales. El sitio tiene suelos formados por sedimentos arrastrados, lo que provoca erosión durante las lluvias.

Como parte de las acciones del proyecto, se realizará un **Programa de Compensación Ambiental en una superficie de 89.7559 ha** con especies nativas en un área degradada dentro del SA, esto ayudará a compensar los impactos de erosión del suelo y promoverá la infiltración, así como, recuperar los servicios ambientales que las selvas proveen.

Durante las actividades de preparación del sitio, posiblemente se provoca que las especies de fauna pequeñas y de lento desplazamiento, que estén presentes en el área de interés, queden expuestas a depredadores y pierdan sus lugares de refugio, como madrigueras. Por tanto, previo a dichas actividades se busca remover y ahuyentar a la fauna presente en el sitio durante la eliminación de la cobertura vegetal, con especial atención sobre los taxones con poca movilidad.

Durante el trabajo de campo, se identificaron especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019), por lo que se realizarán actividades de rescate y reubicación. Se emitirán gases debido al uso de combustibles fósiles en maquinaria pesada y fuentes móviles. También habrá dispersión de polvo y emisiones de ruido. Para mitigar el ruido, se usará maquinaria en buen estado con mantenimiento periódico.

Los residuos sólidos domésticos generados durante la etapa de preparación del sitio serán acumulados en contenedores y bolsas plásticas para evitar que sean dispersados, hasta su trasportación y disposición por una empresa autorizada subcontratada, que se encarga principalmente de la disposición de residuos generados en el área del proyecto. El mantenimiento, retiro y manejo de los desechos generados por los servicios sanitarios durante la etapa de preparación del sitio y construcción serán realizados por una empresa que cuente con autorizaciones sanitarias para esos fines.

Habrá un impacto significativo en el paisaje natural debido a la remoción de cobertura vegetal forestal en la selva. Este impacto residual será visible desde las comunidades cercanas.

Sin embargo, el Proyecto también traerá impactos positivos:

- Generación de empleo para los habitantes locales.
- Subcontratación de empresas locales para servicios específicos.
- Derrama económica y empleo durante las primeras etapas del proyecto, especialmente en la preparación del sitio.

Aunque el Proyecto impacta el ecosistema, se sitúa en un paisaje ampliamente representado en la región con áreas de selvas medias.

La remoción de vegetación forestal genera residuos y pérdida de vegetación en el predio con selva. Sin embargo, el impacto se reduce con la correcta disposición de residuos y un programa de reforestación para recuperar la belleza del paisaje.

Las medidas de mitigación específicas y generales son parte del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA):

> Los programas ambientales incluyen medidas para prevenir o mitigar los impactos en las diferentes etapas del proyecto. Este plan también garantizará su aplicación.

El sistema ambiental actualmente se encuentra influenciado por el crecimiento exponencial de las poblaciones humanas lo que trae consigo el cambio de uso de suelo para de esta manera construir edificaciones u infraestructura, aumentando los parches de zonas urbanas y disminuyendo de tal manera la vegetación primaria, el desarrollo del proyecto trae consigo modificaciones que se suman a los efectos que prevalecen hasta la actualidad, entre los impactos que se identifican se encuentra la modificación en la geoforma el cual es considerado como un impacto acumulativo, otro efecto acumulativo son aquellos que se relacionan con la alteración de la atmósfera debido a la contaminación por dispersión de polvos y la emisión de GEI, sin embargo cabe mencionar que los daños acumulativos más significativos se establecen debido a la remoción de la vegetación primaria que corresponde a Selva mediana subperennifolia, debido a que de este desencadena la pérdida de diversidad y abundancia de las especies de flora, así como también en lo que respecta a la fauna disminuye su establecimiento ya que se reducen de manera significativa los lugares de alimentación y refugio, debido a la fragmentación del hábitat también se pueden generar barreras físicas que limiten sus rutas de desplazamiento, en lo que respecta a los efectos sinérgicos, estos se deben principalmente a la modificación en cuanto a la infiltración y el escurrimiento natural del agua.

Cabe mencionar que se establecerán los siguientes programas ambientales para de esta manera mitigar los impactos generados debido a la ejecución de las actividades del proyecto:

- Programa de Manejo Integral de Residuos.
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (en una superficie de 6.0120 ha).
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (en una superficie de 121.4004 ha).
- Programa de Protección y Conservación de Suelos.
- Programa de Compensación Ambiental (en una superficie de 89.7559 ha).
- Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales.

7.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

No hay alternativas al presente Proyecto en el SA o sus inmediaciones, ya que cualquier opción requeriría más remoción de vegetación. Se eligió el sitio del proyecto por su conectividad vial con el **Tren Maya, Tramo 5N,** y en específico cercano a la Terminal Multimodal Cancún, proyecto que se encuentra en evaluación en materia de impacto ambiental ante esta DGIRA.

7.4 CONCLUSIONES

El Proyecto no representa una afectación mayor o significativa en el área debido a la localización que se propone. Todas las actividades se realizarán en apego al cumplimiento de las normas, códigos, legislación y recomendaciones en materia de protección ambiental y equilibrio ecológico. De acuerdo con el análisis realizado sobre la normatividad federal, estatal y municipal y su vinculación con el Proyecto, tomando en cuenta las obligaciones ambientales legales que se desprenden de las leyes analizadas, incluyendo las disposiciones estatales y municipales en la materia, se concluye que:

La ejecución del desmonte y despalme para el presente proyecto es necesaria como complemento al Tren Maya y sus Estaciones de Carga, traerá beneficios económicos a las localidades cercanas y la región. Esta obra impulsará la actividad comercial local y contribuirá al desarrollo económico estatal. Sin embargo, su avance depende del cumplimiento de requisitos jurídicos y técnicos, así como de la obtención de los permisos, licencias, autorizaciones, registros o concesiones necesarios.

Como resultado de la evaluación del SA se concluye que:

- Lo principales impactos del Proyecto serán mitigados, de manera de que se mantenga la integridad funcional del SA.
- El principal impacto se generará durante la etapa de preparación, en el cual se realizará el CUSTF de las áreas estrictamente necesarias para la ejecución del proyecto, por lo que se propone la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de flora silvestre, Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y Programa de Compensación Ambiental.
- Los impactos de significancia baja que se generen serán mitigados mediante la aplicación de las medidas planteadas en el capítulo VI del presente estudio y con la ejecución de buenas prácticas ambientales, las cuales garantizarán el buen desempeño ambiental del Proyecto.

Se estima que se generará un número significativo de empleos directos durante las etapas de preparación, construcción y operación y mantenimiento beneficiando a las poblaciones cercanas al Área del Proyecto (AP) y generando una derrama económica en servicios como hospedaje y alimentación, entre otros.

De acuerdo con el análisis ambiental realizado considerando el Proyecto, y conforme a los pronósticos efectuados, la condición esperada para la mayoría de los componentes del Sistema Ambiental (SA) no presenta diferencias significativas en comparación con un futuro sin la construcción del Proyecto.

El tamaño del Proyecto no representa una afectación significativa, ya que, al ser un proyecto local, no modificará la estructura ni el funcionamiento del SA. La evaluación muestra que la mayoría de los impactos identificados para las etapas de preparación, construcción y operación son de significancia media y baja.

El Proyecto cumple con la legislación vigente a nivel federal, estatal y municipal, siendo compatible con lo establecido por los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial aplicables, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) a nivel federal, así como con las Normas Oficiales Mexicanas y Reglamentos de Leyes pertinentes. Adicionalmente, no representa un efecto negativo para áreas de importancia ecológica.

En consecuencia, las etapas del proyecto pueden llevarse a cabo de manera segura, habiendo incorporado estrategias, tecnologías y medidas de control y mitigación específicas para cada impacto identificado. Con base en los estudios y

análisis realizados sobre el medio físico y biótico del área, se concluye que el Proyecto no representa una afectación directa para el SA, el cual ya ha sido modificado previamente por actividades humanas.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO:

"BANCO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SAN JOSÉ"

CAPÍTULO VIII
IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAL AL INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

ÍNDICE

8 IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.....3

8.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....3

8.1.1 Anexo I. Proyecto y autorizaciones.....3

8.1.2 Anexo II. Memorias de cálculo para la descripción del medio biótico.....3

8.1.3 Anexo III. Matriz de identificación de impactos ambientales.....3

8.1.4 Anexo IV. Cartografía básica y temática.....3

8.1.5 Anexo V. Datos de promovente.....3

8.2 GLOSARIO.....3

8.3 BILIOGRAFÍA.....8

8 IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

8.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se adjunta la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad particular del proyecto para la ejecución del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

8.1.1 Anexo I. Proyecto y autorizaciones

Se incluye la información referente a la descripción del proyecto (vectores en formato .kml y SHAPEFILE), planos y descripciones técnicas, así como autorizaciones previas que dan factibilidad al proyecto.

8.1.2 Anexo II. Memorias de cálculo para la descripción del medio biótico

Se integra la información referente a los datos recopilados en campo sobre flora y fauna en formato EXCEL y WORD, así como la información vectorial que indica la ubicación de los muestreos biológicos en formato SHAPEFILE. Además, se integra la información sobre el análisis del diagnóstico ambiental y análisis del paisaje.

8.1.3 Anexo III. Matriz de identificación de impactos ambientales

Archivo Excel con Matriz de identificación impactos ambientales.

8.1.4 Anexo IV. Cartografía básica y temática

8.1.5 Anexo V. Datos de promovente

8.2 GLOSARIO

Abiótico: Caracterizado por la ausencia de vida. Lugar o proceso sin seres vivos.

Accidente Ambiental: Evento o circunstancia de origen natural o antropogénicos que afecte directa o indirectamente el medio ambiente.

Acumulación (AC): Este atributo del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada a la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como uno. Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro.

Adaptaciones y mejoras: Desarrollos tendientes a adecuar tecnologías y a introducir perfeccionamientos. Usualmente presentan pocos rasgos de originalidad y novedad.

Aditivos: Sustancias que son agregadas a un producto cualesquiera considerado como materia primordial y que inciden sobre alguna de sus características fisicoquímicas. Desde el punto de vista ambiental, en algunos casos, el aditivo agregado a un producto suele ser más perjudicial que el producto mismo.

Agentes nocivos: Sustancias que liberadas en el medio ambiente en concentraciones inadecuadas significan un peligro para la biota.

Agua potable: Agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

Agua subterránea: Agua existente debajo de la superficie terrestre en una zona de saturación, donde los espacios vacíos del suelo están llenos de agua.

Aluvial: Sedimento compuesto por peñascos, gravas, arenas, limos y arcillas, depositado en la boca de los cañones intermontaños durante las grandes avenidas fluviales.

Ambientalismo: Conjunto de corrientes que integran la gran meta por un mejor ambiente para todos con el objetivo de respetar el funcionamiento ecológico de la naturaleza y el significado cultural de la vida y la libertad.

Ambiente: *Región, alrededores y circunstancias en las que se encuentra un ser u objeto. El ambiente de un individuo comprende dos tipos de constituyentes: 1. El medio puramente físico o abiótico, en el cual él existe (aire, agua) y 2. El componente biótico que comprende la materia orgánica no viviente y todos los organismos, plantas y animales de la región, incluida la población específica a la que pertenece el organismo *La totalidad de cada una de las partes de un ecosistema sistema ecológico, interpretadas todas como elementos interdependientes o entornos más circunscriptos, ambientes naturales, agropecuarios, urbanos y demás categorías intermedias. Condiciones y circunstancias que rodean a las personas, animales o cosas. *El conjunto de los alrededores y las condiciones en que opera una organización, el cual incluye los sistemas vivos. Como el impacto ambiental de la organización podría alcanzar varias regiones, en este contexto el ambiente se extiende desde el lugar de trabajo hasta el resto del planeta.

Amplitud del Impacto (AI): REGIONAL Cuando el impacto alcanza a la población del área de influencia, LOCAL Cuando el impacto alcanza a una parte limitada de la población dentro de los límites del territorio, PUNTUAL Cuando el impacto alcanza a un grupo pequeño de gente.

Antropogénico: De origen humano, humanizado, opuesto a lo natural.

Aptitud de uso del suelo: Capacidad productiva del suelo hasta el límite en el cual puede producirse deterioro. Define su aptitud para el uso con fines agrícolas, pecuarios, forestales, paisajísticos, etc. Existen distintas metodologías para su determinación tanto para suelos bajo riego como de secano.

Áreas naturales protegidas: Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente ley.

Área urbana: Espacios que contienen la población nucleada, en los que prevalece como uso del suelo el soporte de construcciones, infraestructura y servicios, incluyendo espacios con vegetación destinados al esparcimiento. Constituyen el espacio territorial de mayor desarrollo de actividades secundarias y terciarias. Estos espacios urbanos, componentes de la estructura territorial, guardan relaciones interactivas con las áreas rurales circundantes, con una transición gradual mediante espacios intercalados de una y otra hasta la prevalencia de una de ellas.

Asentamiento: Instalación provisional, generalmente permitida por el Gobierno, de colonos o agricultores, en tierras destinadas casi siempre a expropiarse. Actualmente, se ha extendido su uso al ámbito urbano.

Asociaciones vegetales: Es un conjunto de plantas que forman las distintas etapas de una sucesión vegetal. En general, está compuesta por individuos de varias especies que las caracterizan. En una asociación dos o más especies son dominantes, cuando solo hay una especie dominante entonces la comunidad se denomina consolidación.

Autoridad de aplicación: Organismo, institución, ente encargado del cumplimiento de una determinada norma.

Basura: Desechos, generalmente de origen urbano y de tipo sólido. Hay basura que puede reutilizarse o reciclarse. En la naturaleza, la basura no sólo afea el paisaje, sino que además lo daña; por ejemplo, puede contaminar las aguas subterráneas, los mares, los ríos, etc.

Biodiversidad: Puede entenderse como la variedad y la variabilidad de organismos y los complejos ecológicos donde estos ocurren. También puede ser definida como el número diferente de estos organismos y su frecuencia relativa. Situación ideal de proliferación y diversidad de especies vivas en el planeta. Todas las especies están interrelacionadas, son necesarias para el equilibrio del ecosistema, nacen con el mismo derecho a vivir que el hombre, y a que sea respetado su entorno natural.

Contaminación atmosférica: Es la presencia en el ambiente de cualquier sustancia química, objetos, partículas, o microorganismos que alteran la calidad ambiental y la posibilidad de vida. Las causas de la contaminación pueden ser naturales o producidas por el hombre. Se debe principalmente a las fuentes de combustible fósil y la emisión de partículas y gases industriales. El problema de la contaminación atmosférica hace relación a la densidad de partículas o gases y a la capacidad de dispersión de las mismas, teniendo en cuenta la formación de lluvia ácida y sus posibles efectos sobre los ecosistemas.

Contaminación biológica: Es la contaminación producida por organismos vivos indeseables en un ambiente, como, por ejemplo: introducción de bacterias, virus protozoarios, o micro hongos, los cuales pueden generar diferentes enfermedades, entre las más conocidas se destacan la hepatitis, enteritis, micosis, poliomielitis, meningo encefalitis, colitis y otras infecciones.

Contaminación del suelo: Es el depósito de desechos degradables o no degradables que se convierten en fuentes contaminantes del suelo.

Contaminación hídrica: Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de las mismas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo.

Crítico: Se define como la medida cualitativa de las unidades ambientales que pondera su importancia como proveedora de servicios ambientales, la presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección y aquellos elementos de importancia desde el punto de vista social.

Criterios ecológicos: Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.

Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Deforestación: Término aplicado a la desaparición o disminución de las superficies cubiertas por bosques, hecho que tiende a aumentar en todo el mundo. Las acciones indiscriminadas del hombre ante la necesidad de producir madera, pasta de papel, y el uso como combustible, junto con la creciente extensión de las superficies destinadas a cultivos y pastoreo excesivo, son los responsables de este retroceso. Tiene como resultado la degradación del suelo y del tipo de vegetación que se reduce a arbustos medianos y herbáceos con tendencia a la desertización.

Desechos tóxicos: También denominados desechos peligrosos. Son materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la salud de la población.

Duración: El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

Elementos o componentes ambientales: Están definidos como entidades biológicas, particularmente por los órdenes taxonómicos de la fauna presente en los diferentes tipos de vegetación.

Equilibrio ecológico: La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Erosión: Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra, dejándola sin capacidad para sustentar la vida. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y esta favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna).

Escurrimiento: Se define como escurrimiento a la parte de la precipitación que no llega a infiltrarse sobre la superficie de la tierra y que aparece en las corrientes superficiales, sean éstas perennes, intermitentes o efímeras y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores.

Estudio de impacto ambiental: Proceso de análisis de carácter interdisciplinario, basado en estudios de campo y gabinete, encaminado a identificar, predecir, interpretar, valorar, prevenir y comunicar los efectos de una obra, actividad o proyecto sobre el medio ambiente.

Evaluación de impacto ambiental (EIA): Un conjunto formal de métodos científicos para estimar el impacto, su origen, naturaleza y magnitud, de una actividad económica (e.g. Exploración petrolera, prospección minera, construcción de represas, edificaciones, etc.). Sobre las condiciones del medio ambiente de una región.

Falla: Rasgo estructural manifestado por una fractura en un bloque, a lo largo de la cual se han desplazado los lados.

Fragilidad ambiental: Condición actual de un ecosistema, parte de él o de sus componentes, en comparación a su condición natural clímax.

Hábitat: Lugar o área ecológicamente homogénea donde se cría una planta o animal determinado. Sinónimo de biotopo.

Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto: Cambio producido en la constitución del sistema al de su funcionamiento, en forma brusca, repentina, como respuesta a ciertas influencias estímulos, disturbios, del medio externo. Es el efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio o en las unidades básicas y que puede ser beneficioso, es decir positivo, o perjudicial, negativo. Se manifiesta cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Son internos y se generan de las actividades del proyecto y nos estamos refiriendo a todas las acciones del proyecto, que se han identificado como agentes causales de afectaciones, positivas o negativas en el medio natural.

Impacto Benéfico: Como impactos benéficos, podemos reconocer aquellos que son infringidos al sistema socioambiental que retribuyen e impulsan un proceso positivo que puede o no significar retribuciones económicas.

Impacto negativo: Como impactos negativos, podemos reconocer a aquellos que son infringidos al sistema socioambiental que retribuyen e impulsan un proceso negativo o perjudicial.

Infiltración: la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.

Manifestación del impacto ambiental: El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Material peligroso: Elementos, substancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, toxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Norma Oficial Mexicana (NOM): La regla científica o tecnológica emitida por el Ejecutivo Federal, que deben aplicar los gobiernos del Estado y de los Municipios, en el ámbito de sus competencias.

Ordenamiento ecológico: El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso 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.

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

Residuo: cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, toxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Secretaría: La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Subcuenca: Fracción de una cuenca hidrológica, que corresponde a la superficie tributaria de un afluente o de un sitio seleccionado.

Valoración del impacto ambiental: Técnicas que permiten establecer el grado de afectación a las condiciones normales de un ambiente dado, proyectadas a realizar con la implementación de infraestructura construida y otras formas de gestión.

8.3 BILIOGRAFÍA

Aguilar-Velázquez, Mirurgia. (2022). Estimación del riesgo por hundimientos en terrenos cársicos. Contexto universitario en función del desarrollo local. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 10(3), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322022000300028&lng=pt&tlng=es.

Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo Ecológico de la Vegetación. https://www.researchgate.net/publication/343137042_Muestreo_Ecologico_de_la_vegetacion.

Arellano, A., R. Robles, F. Aguilar (coords). (2009). Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales, Administrativos y Legales para la Atención Inmediata a los Arrecifes por Encallamientos. SEMARNAT, SEMAR, SCT, PGR, Gobierno Federal.

Arita, H. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Fauna y la conformación de la Provincia Biótica Yucateca: biogeografía y macroecología. In Naturaleza y sociedad en el área Maya, pasado, presente y futuro. P. Colunga-García y A. Larqué-Saavedra (eds.). Academia Mexicana de Ciencias, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, Mérida. P.60-80.

Armstead, J., Ayala-Varela, F., Torres-Carvajal, O., Mason, R. y Poe, S. (2017). Systematics and ecology of Anolis biporcatus (Squamata: Iguanidae). Salamandra, 53(2): Pp. 285-293.

Caballero-Aragón, H., S. Perera- Val derrama, S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L.O. Rosi que-de la Cruz, E. Vera-Vázquez, H. Marcos-Benítez, R. Ressl, B. I. van Tussenbroek. (2021). Tarjeta de Reporte del estado de los Pastizales Marinos. Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, México, 2019. Sistema de alerta de la condición ecológica de los ecosistemas marino-costeros (EcoSAT), del Sistema de Información y Análisis Marino y Costero (SIMAR), Conabio, México.

Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín e Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología 9:21-71.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Atlas de Riesgo. http://atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad (Marco Geoestadístico 2020). Atlas Nacional de Riesgo. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/indicadores-municipales.html.

Cerdeira-Estrada S., L. Rosique-de la Cruz, Paul Blanchon, A. Uribe-Martínez, Raul Martell-Dubois, M. Martínez-Clorio, S. Perera-Valderrama, H. Caballero-Aragón, M.A. Cruz López, Rainer Ressl (2022). Submarine relief map of the marine ecosystems in the Mexican Caribbean: Cabo Catoche – Xcalak. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16728871.v1.

Chaves-Acuña, W. y Salas-Solano, D. (2024). Notes on feeding and mating behavior of Anolisbiporcatus (Squamata: Dactyloidae) in Costa Rica. Phyllomedusa, 23(1): Pp. 87-92.

Chavez-Lugo, E., Pech-Canché, J., Canseco-Márquez, L. y Lucas-Cobos, L. (2015). Registro de Coleonyx elegans en el norte de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86(4): Pp. 1103-1106.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2024. Apéndices de la CITES. https://cites.org/esp/app/index.php.

COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2007. Evaluación Externa en materia de Diseño del Programa Nacional de Microcuencas (PNM). https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/10/09/1457/09102018-microcuencas-2007.pdf.

Comisión Nacional del Agua (2017). Corales, guardianes submarinos. Recuperado el 9 de abril de 2025, de https://www.gob.mx/conagua/articulos/corales-guardianes-submarinos?idiom=es#:~:text=Los%20corales%20son%20animales%20que,sus%20cualidades%20van%20m%C3%A1s%20all%C3%A1.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (sf). Avicennia germinans (L.) L. SIRE: Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Avicennia germinans (L.) L.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (sf). Conocarpus erectus L. SIRE: Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Conocarpus erectus L.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (16 de abril, 2025). Tillandsia elongata. Enciclovida. https://enciclovida.mx/especies/161419-tillandsia-tillandsia-elongata.

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (17 de noviemmbre, 2019). Sabal gretherae. Enciclovida. Palma de guano (Sabal gretherae).

CONABIO (Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (sf). Rhizophora mangle. Species plantarum, 1: 443. 58-RHIZO1M.PDF.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spt1mgw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Sitios Prioritarios para la Restauración. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spr_gw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Cuerpos de agua. Biodiversidad mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx/cuerpos-de-agua.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Enciclovida. https://enciclovida.mx/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Portal de Información Geoespacial. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema de Monitoreo de Humedales en México (SIMOH-Mx). https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. https://www.snib.mx/.

CONABIO. (2022a). Praderas de pastos marinos. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/praderasPastos.

CONABIO. (2022b). Bosques de macroalgas. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueMacroalgas.

CONABIO. (2022c). Dunas costeras. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 21 de marzo de 2025, de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/dunasCosteras.

CONABIO. (2022d). Arrecifes. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 8 de abril de 2025, de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Indicadores de Calidad del Agua. https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Estaciones Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Información Estadística Climatológica. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

Contreras-Calvario, A., Mora-Reyes, A., Fuentes-Moreno, A., Arretúa, M., Cázares-Hernandez, E., Lara-Hernández, F. y López-Luna, M. (2024). New distributional records for an endangered turtle, Claudius angustatus (Reptilia: Testudines), and notes on its threats in Veracruz, Mexico. REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA, 7(2): Pp. 23-28.

Domínguez-Gervacio, N. (sf). Thrinax radiata. Enciclovida, CONABIO. Guano de costa (Thrinax radiata).

Domínguez-Gervacio, N. y R. Álvarez-Mora. (sf). Vanilla planifolia. Enciclovida, CONABIO. Vainilla (Vanilla planifolia).

Estrella, E., Pech-Canché, J.M., Hernández-Betancourt, S.F., López-Castillo, D.L. y C. Moreno. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana. 30 (1): 188-200.

Forman R. y L. E. Alexander. 1998. Roads ad their major ecological effects. https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.

González-González, J. (1992). Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. Ciencias 6: 13-33.

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE. MÉXICO https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2021.pdf.

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). Informes y Almanaques de datos de calidad del aire en ciudades mexicanas https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php.

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Uso de Suelo y Vegetación serie VII. https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/ (consultado el 02 de diciembre de 2024; 15:44 h).

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Vulnerabilidad al cambio climático. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Límites Municipales 2020 con censo INEGI 2020. https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Amun_censo_pv_2020.

IPCC. (2014). CAMBIO CLIMÁTICO 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf.

Jiménez, J. A. (s.f.). Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f. White Mangrove. SO-ITF-SM3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 64 p.

Jones, J.K., Jr., J.D. Smith y H.H. Genoways. 1973. Annotated checklist of Mammals of the Yucatan Peninsula, México. I. Chiroptera. Occas. Papers Mus., Texas Tech Univ., 13:1-31.

JSTOR. 2024. Global Plants on JSTOR. https://plants.jstor.org/.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). (2024). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. 01/04/2024. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf.

López-Calderón, J. & R. Riosmena-Rodríguez. (2010). Pastos marinos en Laguna San Ignacio, Baja California Sur: un ecosistema desatendido. CONABIO. Biodiversitas 93: 7-10.

López-Luna, M., Hidalgo-Mihart, M. y Aguirre-León, G. (2011). Descripción de los nidos del Cocodrilo de pantano Crocodylus moreletii en un paisaje urbanizado en el sureste de México. Acta Zoológica Mexicana, 27(1): Pp. 1-16.

Medellín, R.A., O. Sánchez-Herrera y G. Urbano-V. 1992. Ubicación zoogeográfica de la Selva Lacandona, Chiapas, México, a través de su fauna de quirópteros, p. 233-251. En Vásquez-Sánchez, M.A. & M.A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Publ. esp. Ecósfera México. 1:233-251.

Miranda, F. y X. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. https://www.researchgate.net/publication/306160721_Los_tipos_de_vegetation_de_Mexico_y_su_clasification.

Missouri Botanical Garden. 2024. Trópicos. https://www.tropicos.org/home

Morrone J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Provincias biogeográficas mexicanas 2017. https://www.researchgate.net/publication/261077687_Biogeographical_regionalisation_of_the_Neotropical_Region.

Olcina, J. & Ayala-Carcedo, F. (2002). Riesgos naturales, conceptos fundamentos y clasificación. Ariel Ciencia. España. ISBN: 84-344-8034-4.

Paramo-Figueroa, J. V. (26 de febrero del 2019). Estado de la Calidad del Aire en México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). https://www.gob.mx/inecc/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es.

Pech-Canché, J.M. 2010. Riqueza de especies y diversidad funcional en los ensambles de murciélagos de dos tipos de selva en Yucatán, México. (Tesis doctoral, Instituto de Ecología, A.C.), Xalapa, Veracuz.

Portal de Geoinformación. 2025. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Consultado el 2 de mayo de 2025 de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

Pozo, C. y J.E. Escobedo. 1999. Mamíferos Terrestres de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Rev. Biol. Trop. 47 (1-2): 251-262.

ProyectoSub. (s/f). Arrecifes rocosos. Org.ar. Recuperado el 21 de marzo de 2025, de https://www.proyectosub.org.ar/arrecifes-rocosos/.

Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. Regiones y provincias mastogeográficas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/rmast4mgw.

Rodríguez, L. (2020). La nueva composición de los sedimentos marinos: arena, nutrientes y plásticos. ElDiario.es. Consultado el 21 de marzo de 2025. https://www.eldiario.es/ballenablanca/biodiversidad/composicion-sendimentos-marinos-nutrientes-plasticos_1_5967670.html.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014. Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Semarnat, México.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Guía para la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental para Proyectos que Requieran Cambio de Uso de Suelo o Proyectos Agropecuarios. Modalidad: particular. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690899/GUIA-MIA-PARTICULAR-CUS-AGROPECUARIO.pdf.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. ATLAS DE CUERPOS DE AGUA. Gobierno de México. https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Documentos del Inventario Nacional de Emisiones. Inventario Nacional de Emisiones 2018 Resumen. https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (10 de noviembre de 2016). Los manglares mexicanos. Gobierno de México. Los manglares mexicanos | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx

SEMARNAT. (2023). Ríos de México, venas de agua, cultura y civilización. A la orilla de sus cauces se han cimentado desde siempre las principales ciudades. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). https://www.gob.mx/semarnat/articulos/rios-de-mexico-venas-de-agua-cultura-y-civilizacion#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos%20de,65%25%20de%20la%20superficie%20nacional

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). 2020. TAREA 3: Estudio de Impacto Ambiental. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/372098/TAREA_3._ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL.pdf (consultado el 02 de diciembre de 2024; 10:20 h).

Sosa-Escalante, J.E., Pech-Canché, J.M., McSwiney, M.C y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la Península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84 (3): 949-969.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 1990. Provincias herpetofaunísticas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/pherpe8mgw

UNESCO Worl Heritage Convention. 2025. Sian Ka'an. Recuperado el 30 de abril de 2025 de https://whc.unesco.org/es/list/410#:~:text=En%20la%20lengua%20de%20los,por%20un%20arrecife%20de%20barrera.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2024. Lista Roja de Especies Analizadas. https://www.iucnredlist.org/es

WWF. (s/f). Sistema Arrecifal Mesoamericano. AGUA.ORG.MX. (2024). Cuerpos de agua. Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/#:~:text=Un%20cuerpo%20de%20agua%20es,de%20agua%20salada%20o%20dulce.

.