CAPITULADO
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR POR CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES

Capítulo I.	Datos generales del proyecto, del promovente, del responsable del estudio de impacto ambiental y descripción del proyecto.
Capítulo II.	Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo.
Capítulo III.	Descripción de la región ecológica y señalamiento de la problemática ambiental detectada.
Capítulo IV.	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.
Capítulo V.	Instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en la MIA.

---------- // ----------

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.

CAPÍTULO I

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

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.

CONTENIDO

I.1. ANTECEDENTES....2
I.2. PROYECTO....3
I.2.1. Nombre del proyecto....3
I.3. PROMOVENTE....3
I.3.1. Nombre o razón social....3
I.3.2. Datos del Representante Legal....3
I.3.3. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa....4
I.3.4. Dirección del promovente para oír y recibir notificaciones....4
I.4. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL....4
I.4.1. Nombre del responsable técnico....4
I.4.2. Registro federal de contribuyentes o CURP....4
I.4.3. Dirección del responsable técnico....4
I.4.4. Declaración de Responsabilidad....5
I.5. UBICACIÓN DEL PROYECTO....5
I.6. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS....11
I.6.1. Descripción general del proyecto....11
I.6.2. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos....11
I.6.3. Costo de Inversión....15
I.6.4. Características particulares del proyecto....16
I.6.4.1. Dimensiones del proyecto....16
I.6.4.2. Áreas permeables....21
I.6.4.3. Descripción de los elementos del proyecto....23
I.6.4.4. Programa general de trabajo....24
I.6.4.5. Descripción de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (Preparación del sitio)....28
I.6.4.5.1. Descripción de obras provisionales....28
I.6.4.5.2. Descripción de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF)....34
I.6.4.5.3. Requerimientos de materiales....36
I.6.4.5.4. Requerimientos de mano de obra....37
I.6.4.5.5. Requerimientos de maquinaria y equipo....38
I.6.4.5.6. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones....39
I.6.4.5.7. Utilización de explosivos....40
I.6.4.5.8. Residuos....40
I.6.5. Cuadro resumen de características del proyecto....41

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.

I.1. ANTECEDENTES

En el Contrato de Fideicomiso de Administración y Desarrollo Inmobiliario 4105 (**ANEXO 1** de la MIA), la ubicación del predio motivo de estudio es referida únicamente como predio San Francisco, Municipio de Solidaridad. Una ubicación más específica se establece en la Autorización de Zonificación y Uso de Suelo adjunta como **ANEXO 8**, que ubica al predio San Francisco en la Región 004, Supermanzana 000, Manzana 002, Lote 074, Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen), Estado de Quintana Roo, a la altura del km 300 de la Carretera Federal 307.

Dicho predio ha sido objeto de aprovechamiento de roca caliza, al amparo de las autorizaciones en materia de impacto ambiental SEMA/DS/1192/2019 de fecha 11 de abril del 2019, SEMA/DS/3157/2019 de fecha 23 de septiembre del 2019 y 04/SGA/1195/2021 de fecha 17 de mayo del 2021.

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad, publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, el predio San Francisco se ubica en los usos de suelo con clave HC4 y HC5, que corresponden a Habitacional Campestre con posibilidad de 30 viv/ha y Habitacional Campestre con 40 viv/ha, respectivamente.

En el año 2023 Arquitectoma Playa S.A. de C.V. promovió la Relocalización de los Usos de Suelo aplicables al predio San Francisco a través de la presentación de un Estudio de Impacto Territorial para el desarrollo del proyecto HAZUL. El resultado de dicha relocalización fue la Zonificación y Usos de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado “San Francisco”, autorizada por la *Secretaría de Ordenamiento Territorial* y su *Dirección de Desarrollo Urbano y Fisonomía* del entonces Municipio de Solidaridad hoy Municipio de Playa del Carmen. Dicha Zonificación y Usos de Suelo se encuentra publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (POE), Número 153 Extraordinario, Tomo III, Décima Época, Página 289, con fecha 26 de septiembre de 2023 (incluido en formato electrónico en el USB adjunto).

Con base en lo anterior, la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo (SEMA), a través del oficio SEMA/DS/SGPA/DIRA/2431/2023 de fecha 26 de octubre del 2023, autorizó en el predio San Francisco el desarrollo del proyecto HAZUL, consistente en la ejecución de las obras y actividades de urbanización para el desarrollo de un proyecto inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial antes referido.

El proyecto autorizado contempla nueve etapas, con lotes para vivienda horizontal, lotes para vivienda vertical, lotes para *townhouses* (casas adosadas), lotes comerciales y mixtos, un hotel de 280 habitaciones, una playa artificial pública, áreas verdes y áreas con vegetación en estado natural.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental de competencia federal por el supuesto previsto en el Artículo 28, fracción VII, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y el Artículo 5, inciso O), fracción I, de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, consistente en el cambio de uso del suelo en terrenos con vegetación forestal para el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

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.

En consecuencia, el objeto específico de la presente Manifestación de Impacto Ambiental corresponde a las obras y actividades asociadas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ejecutarán durante la etapa de preparación del sitio, sin perjuicio de describir el proyecto integral HAZUL como marco de referencia para identificar el destino de las superficies sujetas a CUSTF y evaluar adecuadamente sus efectos ambientales.

I.2. PROYECTO

I.2.1. Nombre del proyecto

HAZUL.

I.3. PROMOVENTE

I.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.

I.3.2. Datos 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.

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.

I.3.4. Dirección del promovente para oír y recibir 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.

I.4. RESPONSABLE 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.

I.4.2. 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.

I.4.3. Dirección del responsable técnico

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.

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.

I.4.4. Declaración de Responsabilidad

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del 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.

La responsabilidad respecto del contenido del presente documento corresponderá a quien lo elabore. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.

I.5. UBICACIÓN DEL PROYECTO

En el Contrato de Fideicomiso de Administración y Desarrollo Inmobiliario 4105 (**ANEXO 1**), la ubicación del predio es referida únicamente como predio San Francisco, Municipio de Solidaridad. Una ubicación más específica se establece en la Autorización de Zonificación y Uso de Suelo adjunta como **ANEXO 8**, que ubica al predio San Francisco en la Región 004, Supermanzana 000, Manzana 002, Lote 074, Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen), Estado de Quintana Roo (ver Mapas I.1, I.2 y I.3).

De acuerdo con el Fideicomiso 4105, el Predio San Francisco cuenta con una superficie de 4,248,500.00 m² (424.85 ha). Sin embargo, el levantamiento topográfico del predio arrojó una superficie de 4,075,261.59 m^2, por lo que es esta última la que se ha utilizado para la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

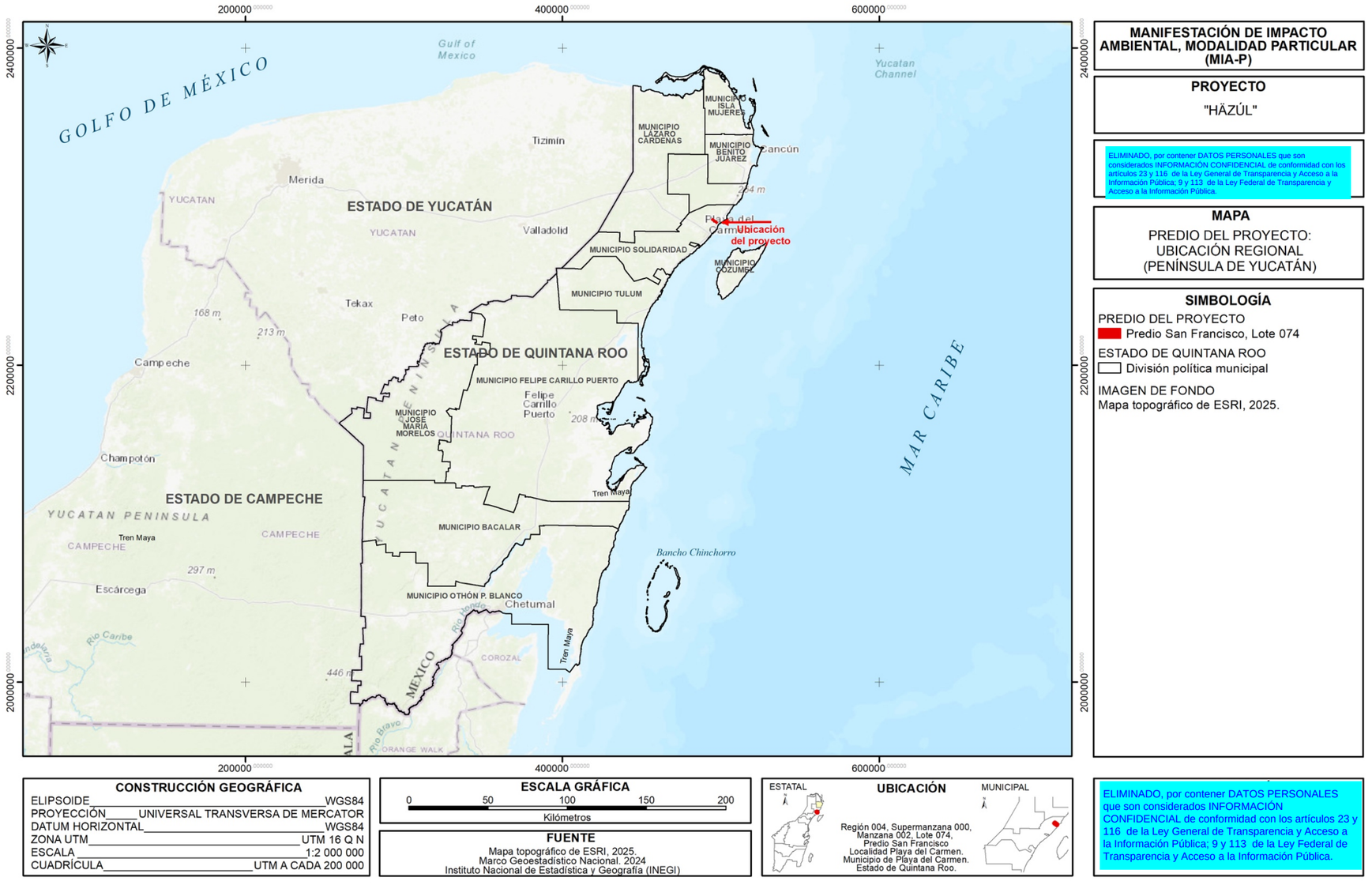
ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Los vértices del predio son los siguientes, pueden apreciarse geográficamente en el Mapa I.4 y se presentan en formato Excel integrados en el USB adjunto.

Cuadro I.1. Vértices del Predio San Francisco, UTM, Datum WGS84.

Vértice	Coordenadas UTM *Datum* WGS84	
	X	Y
1	497952.669	2290209.770
2	497368.636	2289397.909
3	494081.270	2291755.200
4	494727.990	2292557.350
SUPERFICIE	4,075,261.590 m^2	

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 (MIA-P)

PROYECTO

"HÄZÚL"

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.

MAPA

PREDIO DEL PROYECTO:
UBICACIÓN REGIONAL
(PENÍNSULA DE YUCATÁN)

SIMBOLOGÍA

PREDIO DEL PROYECTO
Predio San Francisco, Lote 074

ESTADO DE QUINTANA ROO
División política municipal

IMAGEN DE FONDO
Mapa topográfico de ESRI, 2025.

CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

ELIPSOIDE	WGS84
PROYECCIÓN	UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL	WGS84
ZONA UTM	UTM 16 Q N
ESCALA	1:2 000 000
CUADRÍCULA	UTM A CADA 200 000

ESCALA GRÁFICA

0 50 100 150 200
Kilómetros

FUENTE

Mapa topográfico de ESRI, 2025.
Marco Geoestadístico Nacional. 2024
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

UBICACIÓN

ESTATAL

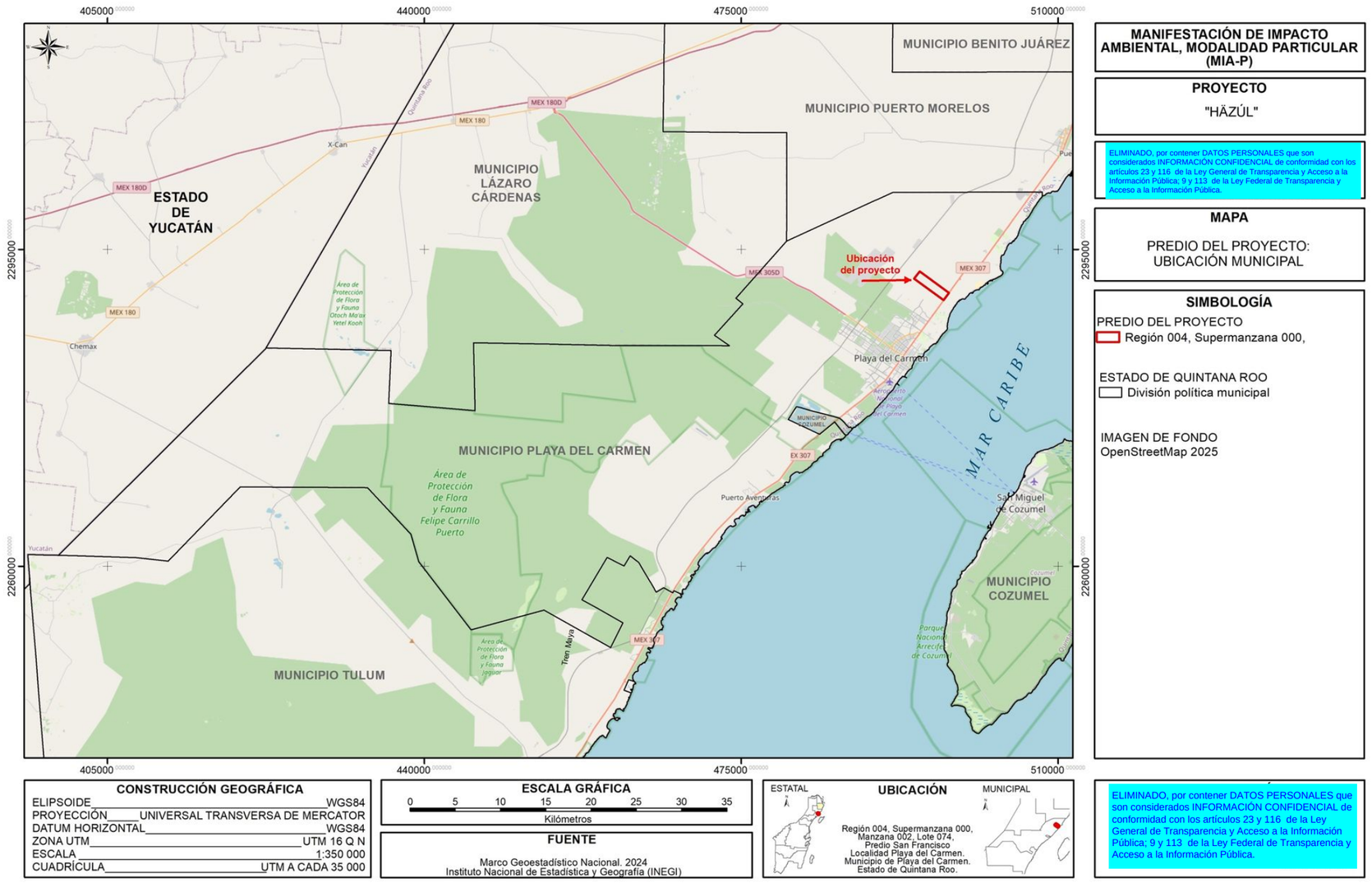
MUNICIPAL

Región 004, Supermanzana 000,
Manzana 002, Lote 074,
Predio San Francisco
Localidad Playa del Carmen.
Municipio de Playa del Carmen.
Estado de Quintana Roo.

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.

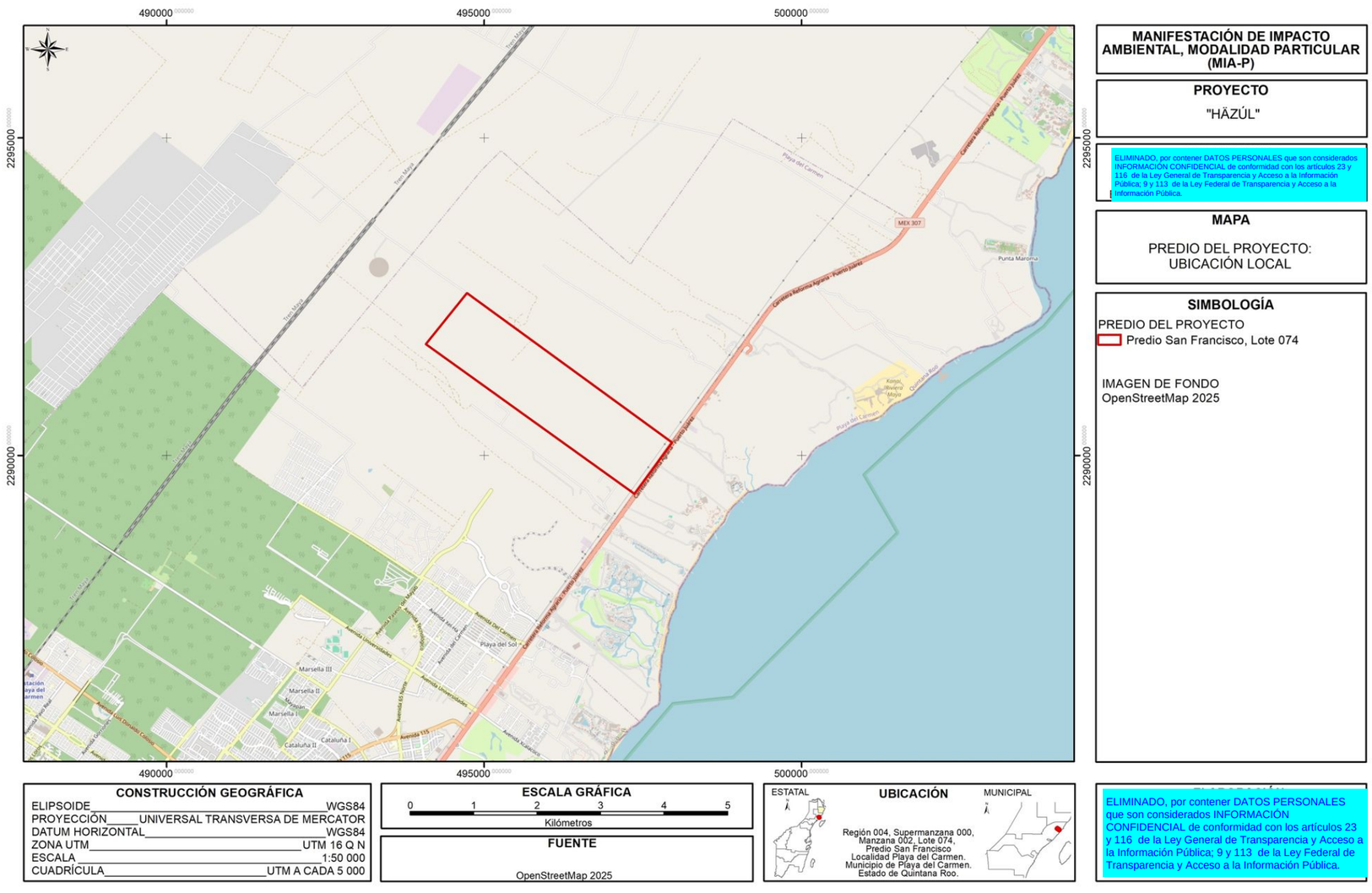
Mapa I.1. Ubicación regional del predio San Francisco.

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.

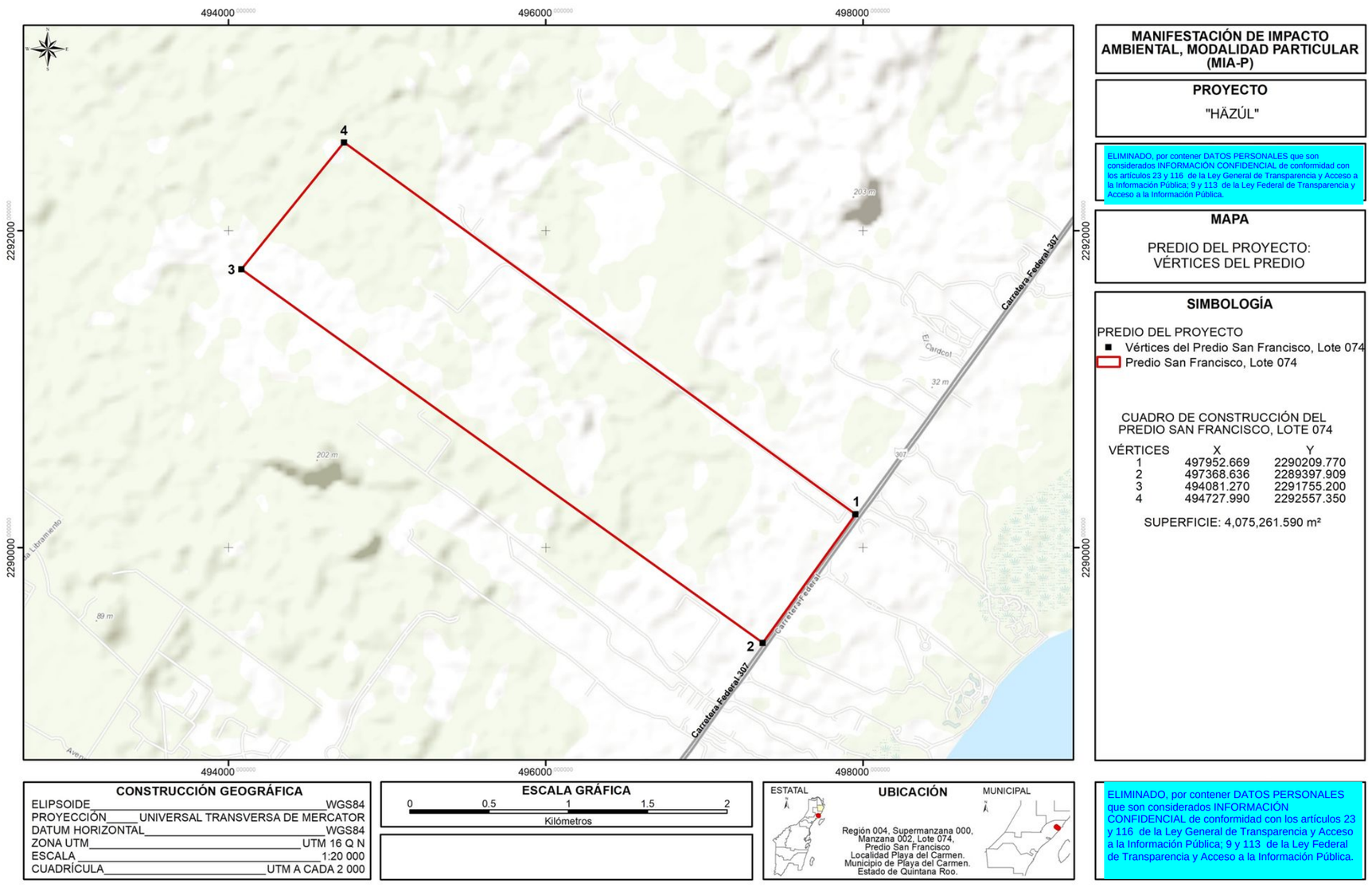


Mapa I.2. Ubicación municipal del predio San Francisco.

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.


490000
495000
500000
2295000
2290000
Tren Maya
Playa del Carmen
Carretera Federal Nuevo Xcan - Puerto Juárez
MEX 307
Punta Maroma
Playa del Sol
Marsella III
Marsella II
Marsella I
Cataluña I
Cataluña II
Avenida 115
Avenida Universidades
Avenida del Carmen
Avenida Xaman Ha
Avenida Kukulcán
Avenida Tulum
Avenida Xcaret
Avenida Xpu Ha
Avenida Xpu Ha - Tulum
Avenida Xpu Ha - Playa del Carmen

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.



Mapa I.4. Vértices del Predio San Francisco, UTM, DATUM WGS 84.

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.

I.6. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS

I.6.1. Descripción general del proyecto

HAZUL consistirá en la ejecución de las obras y actividades de urbanización de un predio denominado San Francisco, adyacente a la Carretera Federal 307, Municipio de Playa del Carmen, para el desarrollo de un proyecto inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023 (Incluido en formato electrónico en el USB adjunto).

El proyecto contempla su desarrollo en nueve etapas. Sus elementos, diseñados alrededor de un eje rector conformado por una serie de lagos inducidos continuos, que recorren longitudinalmente el predio, consistirán en lotes para vivienda horizontal, lotes para vivienda vertical, lotes para townhouses (casas adosadas), lotes comerciales y mixtos, un hotel de 280 habitaciones, una playa artificial pública, áreas verdes y áreas con vegetación en estado natural.

El diseño de HAZUL fue concebido para permitir la convivencia armónica con los elementos naturales existentes en el predio, a través de la conexión visual con las zonas con vegetación en estado natural y los espejos de agua existentes, conformados por aguas subterráneas, ambos claves en el diseño.

Así también la ubicación del predio a solo 9 km de la Ciudad de Playa de Carmen y cercana al aeropuerto internacional de la Ciudad de Cancún, y con fácil acceso a dichos destinos a través de una de las principales vialidades de la zona, la Carretera Federal 307 que se encuentra adyacente al predio, constituirá un atractivo adicional para una amplia gama de usuarios.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental se integra con la finalidad de evaluar los impactos posibles de generarse, y proponer las medidas de prevención y mitigación **únicamente por las actividades que corresponden al cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo del proyecto (CUSTF)**. Para ello, se analizan los posibles impactos derivados de las actividades asociadas al CUSTF y se establecen las medidas de prevención y mitigación aplicables, mismas que se ejecutarán durante la etapa de preparación del sitio.

I.6.2. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Accesibilidad.

Al sitio se accede directamente desde la Carretera Federal 307, a la altura del km 300.

Requerimientos de electricidad.

El suministro de energía eléctrica durante las actividades de CUSTF se resolverá mediante una planta generadora accionada con diésel, con capacidad aproximada de 75 kVA, que contará con un

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.

tablero de distribución de la energía. Estará instalada sobre una plataforma impermeable con dique de contención, techada y delimitada, ubicada dentro del área de servicios del campamento.

Las cargas que atenderá la planta corresponderán a los servicios temporales o provisionales y a la operación de equipos menores: iluminación del campamento (dormitorios, baños y cocina), refrigeración de alimentos en la cocina, operación de las oficinas, incluyendo su climatización, iluminación de bodegas, taller, bombeo del agua almacenada para su uso en el campamento y en la obra, herramienta eléctrica del taller de mantenimiento menor.

La demanda estimada del conjunto se sitúa en el orden de 40 a 50 kW, frente a los aproximadamente 60 kW que entrega una planta de 75 kVA operando con un factor de potencia de 0.8. La capacidad prevista resulta por tanto adecuada.

No se contempla la existencia de acometida a la red pública durante el CUSTF. A medida que se concluya la urbanización de las primeras etapas y entre en servicio la red eléctrica interna definitiva, el suministro provisional podrá sustituirse total o parcialmente por dicha conexión, reduciendo el consumo de diésel y las emisiones asociadas.

Requerimientos de agua.

Durante las actividades de CUSTF el agua requerida para los servicios del campamento, las oficinas de obra y el vivero se abastecerá mediante pipas de 10 m³ adquiridas a proveedores autorizados, con entrega dentro del propio predio, y será descargada en un tanque de almacenamiento con capacidad aproximada de 20 m³, dispuesto sobre una plataforma de material de sascab compactado, ubicado dentro del área de servicios del campamento. Este depósito funcionará como reserva operativa y punto de carga. Su propósito no será contener el total del consumo diario, sino garantizar la continuidad del servicio ante variaciones en la frecuencia del suministro. Se instalará una red provisional que conduzca el agua del tanque hacia el campamento (baños y cocina), las oficinas y el vivero.

El agua destinada al riego para control de polvo, por su parte, se transferirá directamente de las pipas adquiridas a un camión pipa de riego mediante viajes sucesivos, sin pasar por el tanque, dado que su volumen es sensiblemente mayor y su consumo es regularmente continuo a lo largo de la jornada.

El agua para el personal será suministrada a través de garrafones de 20 litros. Se prevé una disponibilidad mínima aproximada de 17 garrafones por jornada, cantidad que podrá incrementarse cuando las condiciones de temperatura, humedad, exposición solar o intensidad de las actividades así lo requieran.

Los usos y volúmenes de agua estimados son los siguientes, para cada una de las nueve etapas, es decir, corresponden al consumo durante el CUSTF de cada etapa:

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.

Cuadro I.2. Estimación aproximada de los volúmenes de agua requeridos para el CUSTF.

Uso	Consumo estimado	Forma de suministro
Consumo humano (agua potable)	0.33 – 0.5 m³/día	Agua embotellada o en garrafón
Servicios del campamento: regaderas, sanitarios, cocina y limpieza	3 – 3.5 m³/día	Pipa y tanque de reserva de ≈ 20 m³
Riego para control de polvo y humectación de terracerías	40 – 100 m³/día en temporada seca	Carga directa al camión pipa de riego
TOTAL EN PERIODOS DE MÁXIMA ACTIVIDAD	**≈ 43 – 106 m³/día**	**Equivalente a 5 – 11 viajes de pipa de 10 m³**

El riego para control de polvo constituirá el uso predominante y también el más variable. Su demanda alcanzará los valores máximos indicados en el Cuadro I.2 durante la temporada de estiaje y se reducirá de manera sustancial durante la temporada de lluvias y durante las fases dominadas por el rescate de flora y fauna, en las que prácticamente no hay superficie descubierta ni tránsito intenso de vehículos. El consumo asociado al personal, en cambio, se mantendrá relativamente estable a lo largo del año.

Drenaje sanitario.

El predio San Francisco cuenta con una condición particular: la explotación previa como banco de materiales que alcanzó el manto freático, el cual aflora actualmente en los cuerpos de agua existentes, elementos claves en el diseño de HAZUL. Por esta razón la totalidad de las aguas residuales se manejarán con especial cuidado, mediante su almacenamiento hermético y su extracción y disposición a través de empresas autorizadas.

Durante el CUSTF se llevarán a cabo las siguientes acciones para el manejo de los residuos sanitarios:

1. Se usarán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, distribuidos entre los frentes de trabajo activos, ubicados en sitios con sombra y de fácil acceso para el personal durante su jornada. Estos sanitarios serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, cada dos días o incluso diaria, con base en las necesidades específicas que se presenten.

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. Se instalará un contenedor hermético, tipo *rotoplas*, de al menos 10 m^3, que recibirá las aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios (lavabos), de las regaderas del campamento y de la cocina. El volumen estimado a recibirse se sitúa en el orden de 2.25 a 2.63 m^3/día de aguas residuales por día para la plantilla de personal prevista, cifra que variará conforme al número de personas laborando y a la proporción de personal alojado en el campamento. Se contratarán los servicios de un prestador de servicios autorizado que retirará las aguas residuales cuando el contenedor se encuentre a ¾ de su capacidad total, para eliminar totalmente la posibilidad de rebosamiento.

Drenaje pluvial.

Durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal (rescate de vegetación y fauna, desmonte y despalme) la infiltración de las aguas pluviales al subsuelo se mantendrá tal como ocurre actualmente.

Sin embargo debe considerarse el escurrimiento pluvial de las vialidades existentes y del área de campamento, el cual se pretende conducir mediante zanjas, bordos provisionales y pendientes hacia las áreas de infiltración natural del propio predio, es decir, las zonas naturales adyacentes, previa filtración a través de sacos rellenos con sascab, que retengan sólidos, evitando así su descarga directa al sistema de lagos y su paso por las áreas de almacenamiento de combustible, de residuos peligrosos y sólidos, y del taller.

Conforme se construyan las obras de drenaje pluvial definitivas de cada etapa, estas irán sustituyendo a las conducciones provisionales.

Adicionalmente, el proyecto mantendrá una superficie total permeable[1] de 1,703,559.9 m^2 que corresponde al 41.80% del total del predio. Las áreas consideradas incluyen las áreas verdes, el área de Preservación Ecológica en Ríos Subterráneos (área con vegetación en estado natural que se conservará dentro de la Etapa A), los lagos y la playa pública. En estas superficies el agua de lluvia continuará filtrándose hacia el subsuelo.

Combustibles.

El combustible que se utilizará durante el CUSTF es esencialmente diésel, que consumen la maquinaria pesada, los vehículos de obra, el equipo de triturado de material vegetal y la planta generadora de energía eléctrica. De manera complementaria y en menores volúmenes, la herramienta menor de motor de dos tiempos, como motosierras y desbrozadoras empleadas durante el desmonte selectivo, opera con mezcla de gasolina y aceite, que se maneja en recipientes portátiles.

[1] La permeabilidad es la capacidad que tiene un ***material*** de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su composición. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos: la porosidad del material y su estructura; la viscosidad del fluido considerado, afectada por su temperatura; la presión a que está sometido el fluido.

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.

Los consumos estimados se calcularon con base en los periodos de mayor actividad de la Etapa A, considerando que se repetirán para el resto de las etapas, correspondiendo a la operación simultánea de la mayor parte del personal y maquinaria requeridos.

El consumo será menor durante el rescate de flora y de fauna, así como durante los periodos de lluvia en los que la maquinaria pesada permanecerá en gran medida detenida. Por esta razón el volumen real consumido dependerá del número de equipos en operación simultánea en cada momento del programa de obra (Cuadro I.3).

Cuadro I.3. Estimación aproximada de la cantidad de combustibles a utilizar en el CUSTF para la Etapa A considerando que se repetirán para el resto de las etapas.

Consumidor	Combustible	Consumo estimado (l/día)
Maquinaria pesada y vehículos de obra	Diésel	700 – 1,300
Equipo de triturado o astillado de material vegetal	Diésel	400 – 500
Planta generadora de energía eléctrica	Diésel	≈ 300
Herramienta menor de dos tiempos (motosierras y desbrozadoras)	Mezcla de gasolina y aceite	30 – 50
TOTAL EN PERIODOS DE MÁXIMA ACTIVIDAD	**—**	**≈ 1,430 – 2,150**

Para el almacenamiento de combustibles se acondicionará un espacio de 50 m^2, con piso impermeable, techo no inflamable, ventilación y un sistema de contención, como fosa o canaleta, capaz de retener el volumen almacenado ante un eventual derrame. Se dotará de señalización de seguridad y de equipo contra incendio.

I.6.3. Costo de Inversión

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.

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.

I.6.4. Características particulares del proyecto

I.6.4.1. Dimensiones del proyecto

El diseño de HAZUL se ajusta al publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (POEQRoo) con fecha 26 de septiembre del 2023 (consultar documento en el USB adjunto).

HAZUL constituye un desarrollo habitacional-comercial planteado en nueve etapas. Consistirá en la ejecución de las obras y actividades de urbanización necesarias para el desarrollo de los siguientes elementos: lotes para vivienda horizontal, lotes para vivienda vertical, lotes para townhouses (casas adosadas), lotes comerciales y mixtos, un hotel de 280 habitaciones, una playa artificial pública, áreas verdes y áreas con vegetación en estado natural. Dichos elementos se disponen alrededor de un eje rector conformado por una serie de lagos inducidos continuos que recorren longitudinalmente el predio.

El Cuadro I.4 muestra el resumen de la distribución de las superficies del proyecto y el Cuadro I.5 constituye la Figura 30 publicada en la página 347 del POEQRoo, donde se desglosan los usos de suelo y parámetros urbanos aplicables a HAZUL. Como se aprecia, los lagos son el resultado de la explotación de roca caliza, señalado en el cuadro como uso de “Cantera”, por lo que constituyen lagos inducidos.

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.

Cuadro I.4. Distribución de superficies del proyecto HAZUL.

Elemento	Superficie (m^2)
Vivienda horizontal	818,734.29
Vivienda horizontal lago	186,743.79
Vivienda vertical	250,399.52
Townhouses	78,976.95
Comercio	25,142.02
Usos mixtos	77,261.00
Hotel	69,950.00
Lagos	908,217.11
Playa pública	11,020.52
Áreas verdes	719,298.36
PE/rs	65,023.91
Banquetas y vialidades	684,059.13
Vía	42,646.86
Vialidades	98,408.40
CFE	39,379.73
TOTAL	**4,075,261.59**

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.

Cuadro I.5. Usos de suelo y parámetros aplicables a HAZUL (POEQRoo, 26 de septiembre del 2023).

Figura 30. Tablas de Parámetros propuestos.

Parámetros Polígono de Actuación SAN FRANCISCO.																	
ZONAS		CLAVE DE LOTE		SUP.	VIV.	C.O.S. VIVIENDA		C.U.S. VIVIENDA		LOTE	ALTURAS		C.M.S. TOTAL		CAV	
						SUP.	COEF.	SUP.	COEF.	SUP.	NIV.	MTS.	SUP.	COEF.	SUP.	COEF.
HABITACIONAL CAMPESTRE	DENSIDAD BAJA	HC4	VIV HORIZONTAL	838,734.29	3,199	368,430.43	0.45	921,076.08	1.125	250.00	3	10.00	532,177.29	0.65	286,557.00	0.35
			VIV HORIZONTAL LAGO	186,743.79	435	84,034.71	0.45	233,429.74	1.25	300.00	3	10.00	121,383.46	0.65	65,360.33	0.35
				1,005,478.08	**3,634**	**452,465.14**	-	**1,154,505.81**	-		-		**653,560.75**	-	**351,917.33**	-
	DENSIDAD MEDIA	HC5	VIV VERTICAL	250,399.52	3,111	87,639.83	0.35	525,838.99	2.10	1,000.00	6	24.00	150,239.71	0.60	100,159.81	0.40
			TOWNN HOUSES	78,976.95	928	55,283.87	0.70	165,851.60	2.10	200.00	3	12.00	59,232.71	0.75	19,744.24	0.25
				329,376.47	**4,039**	**142,923.70**	-	**691,690.56**	-		-	-	**207,472.42**	-	**119,904.05**	-
ZONA COMERCIAL Y DE SERVICIOS	CORREDOR REGIONAL MIXTO	MCR1	COMERCIO	25,142.02	0	12,571.01	0.50	25,142.02	1	350.00	2	8.00	17,599.41	0.70	7,542.61	0.30
			USOS MIXTOS	77,261.00	619	38,630.50	0.50	231,783.00	3	1,000.00	6	24.00	54,082.70	0.70	23,178.30	0.30
			HOTEL	69,950.00	280	24,482.50	0.35	73,447.50	1.05	1,000.00	3	12.00	41,970.00	0.60	27,980.00	0.40
				172,353.02	**899**	**75,684.01**	-	**330,372.52**	-	-	-	-	**113,652.11**	-	**58,700.91**	-
CUERPOS DE AGUA	CANTERA	L	LAGOS	**908,217.11**	0	-	-	-	-	-	-	-	908,217.11	1.00	-	-
PRESERVACION	AREAS VERDES	AV	PLAYA PUBLICA	11,020.52	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,020.52	1.00
			AREAS VERDES	719,298.36	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	719,298.36	1.00
				730,318.88	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**730,318.88**	1.00
	ECOLOGICA	PE/rs	PE/rs	**65,023.91**	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIALIDADES	VIALIDADES INTERNAS	V	BANQUETAS Y VIALIDADES	**684,059.13**	-	-	-	-	-	-	-	-	684,059.13	1.00	-	-
AFECTACION	DERECHO DE	VIA	VIA	42,646.86	0	-	-	-	-	-	-	-	42,646.86	1.00	-	-
	RESTRICIONES	VIA	VIALIDADES	98,408.40	0	-	-	-	-	-	-	-	98,408.40	1.00	-	-
	DERECHO DE	CFE	CFE	39,379.73	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				180,434.99	**0**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SUPERFICIES EN METROS CUADRADOS			**4,075,261.59**	**8,572**	**671,072.84**		**2,176,568.92**					**2,710,016.79**		**1,260,841.16**	

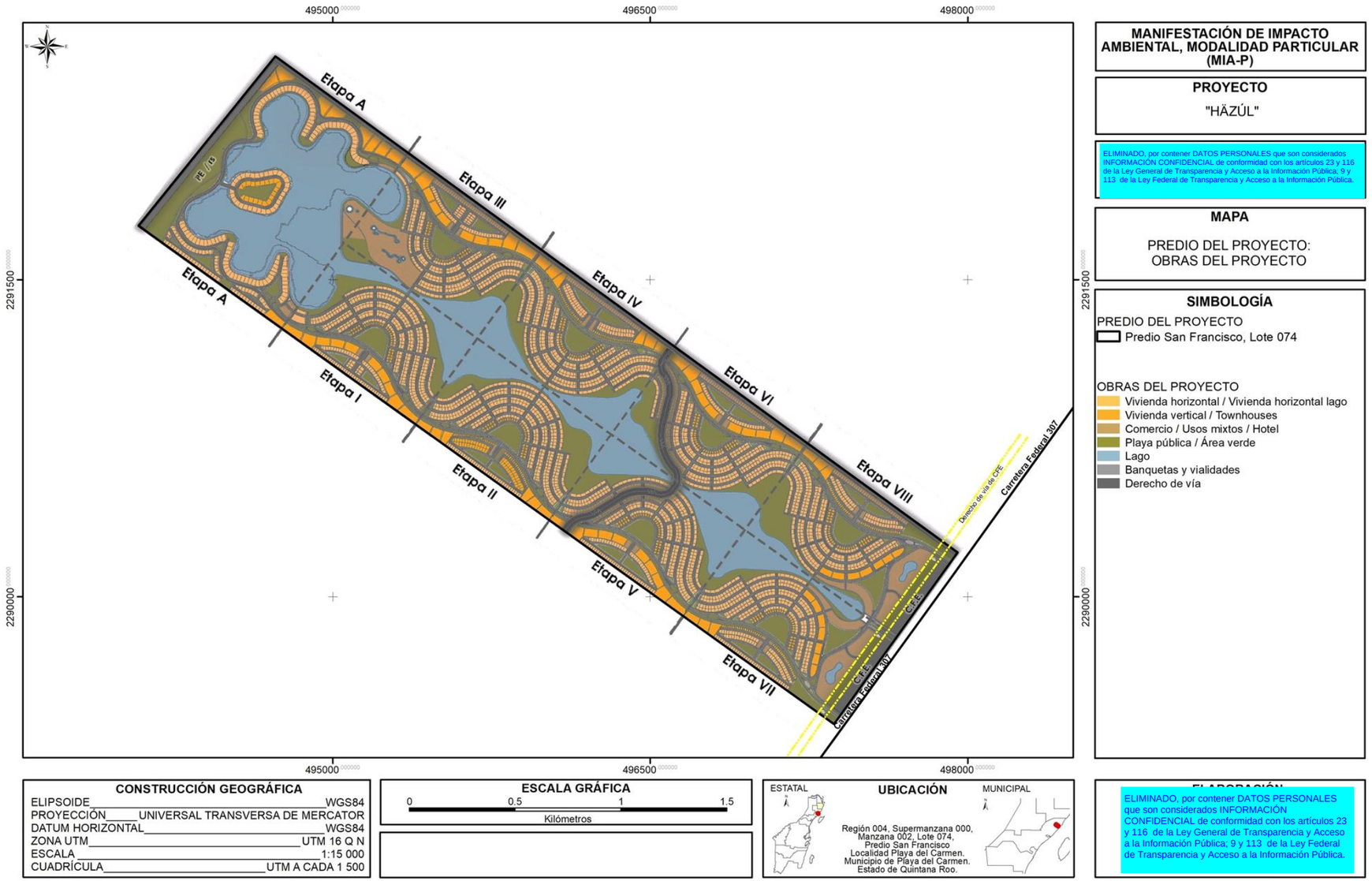
Fuente: parámetros propuestos.

En el Mapa I.5 se representan los elementos del proyecto HAZUL, tal como se relacionan en el POEQRoo.

Por último, el Mapa I.6 representa la superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) requerida para el desarrollo del proyecto, de la cual se han extraído las zonas intervenidas como resultado de la explotación de roca caliza.

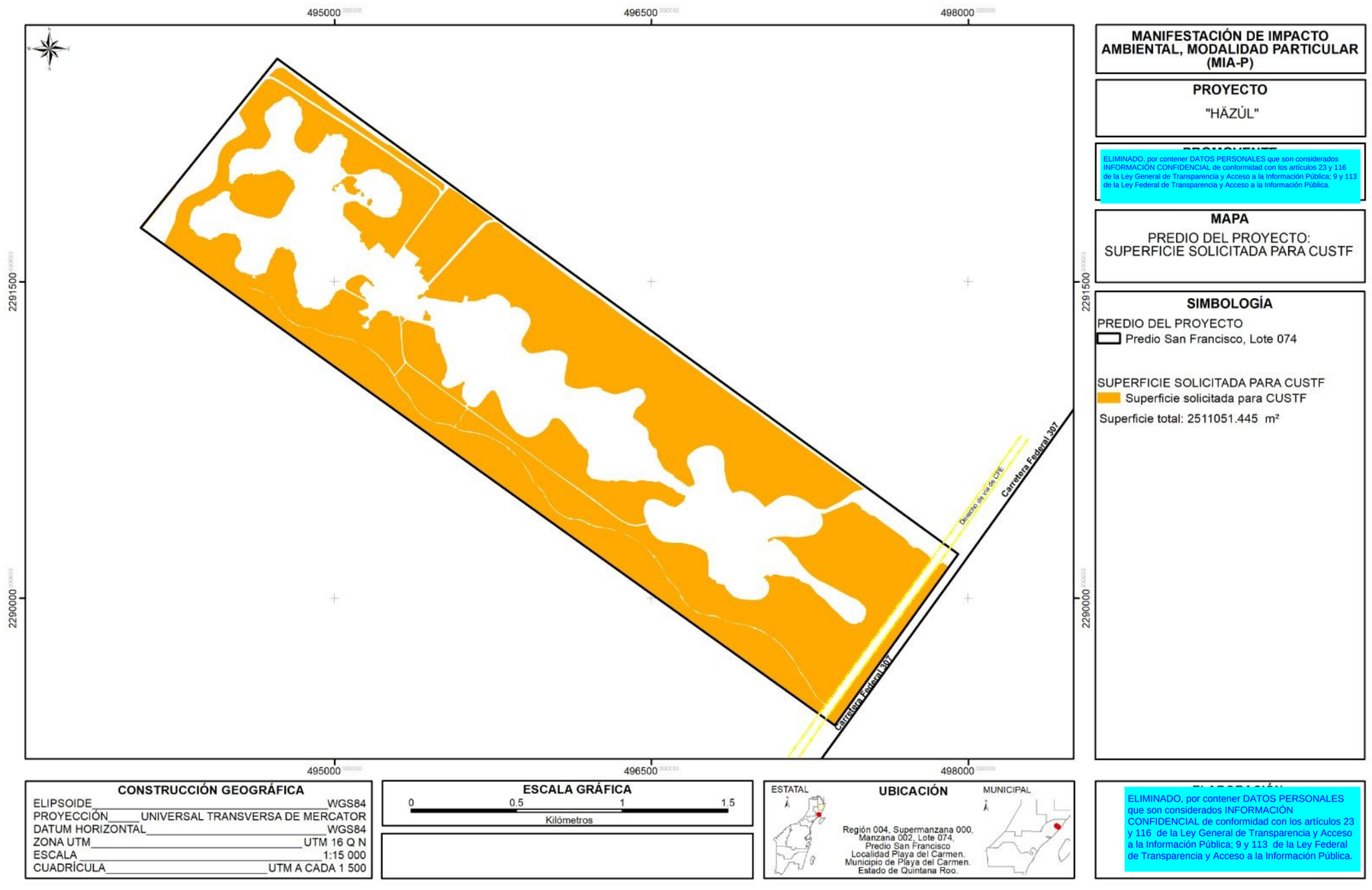
La superficie de CUSTF corresponde a 2,511,051.445 m^2 (251.1051 ha) de vegetación de selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación.

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.



Mapa I.5. Elementos que contempla el proyecto.

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.



Mapa I.6. Superficie de CUSTF requerida para el desarrollo de HAZUL.

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.

I.6.4.2. Áreas permeables

El Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, establece lo siguiente:

> *"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, con los siguientes porcentajes:*
>
> *(…) En predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.".*

En cumplimiento de este artículo, el proyecto mantendrá una superficie total permeable[2] de 1,703,559.9 m^2 que corresponde al 41.80% del total del predio. Las áreas consideradas incluyen las áreas verdes, el área de Preservación Ecológica en Ríos Subterráneos (área con vegetación en estado natural que se conservará dentro de la Etapa A), los lagos y la playa pública.

En el Mapa I.7 se puede apreciar la ubicación dentro del predio de las áreas permeables referidas.

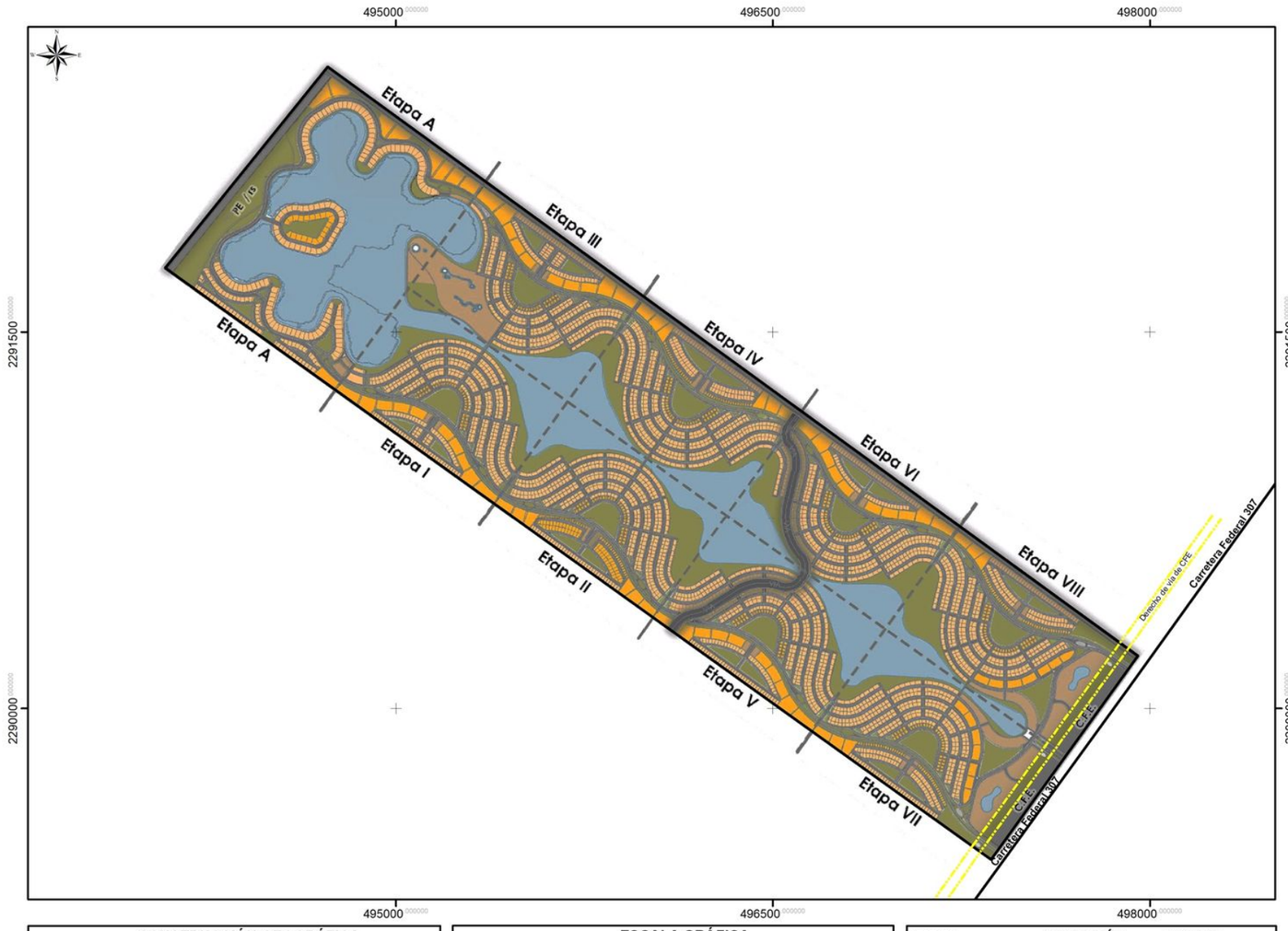
En el Cuadro I.6 se detallan las superficies y porcentajes de las áreas permeables descritas.

Cuadro I.6. Áreas permeables consideradas en el proyecto.

ÁREAS PERMEABLES	SUPERFICIE (m²)	% del predio
Lagos	908,217.11	22.29
Playa pública	11,020.52	0.27
Áreas verdes	719,298.36	17.65
Área con vegetación en estado natural (Preservación Ecológica en Ríos Subterráneos)	65,023.910	1.60
Superficie permeable	**1,703,559.9**	**41.80**

[2] La permeabilidad es la capacidad que tiene un ***material*** de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su composición. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos: la porosidad del material y su estructura; la viscosidad del fluido considerado, afectada por su temperatura; la presión a que está sometido el fluido.

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 (MIA-P)

PROYECTO

"HÄZÚL"

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.

MAPA

PREDIO DEL PROYECTO:
ÁREA PERMEABLES

SIMBOLOGÍA

PREDIO DEL PROYECTO
Predio San Francisco, Lote 074

ÁREA PERMEABLES
Playa pública / Área verde / PE/rs
Lago

Superficies:
Playa pública: 11020.520 m²
Áreas verdes: 719298.360 m²
PE/rs: 65023.910 m²
Lago: 908217.110 m²
Total: 1703559.900 m² (41.80 %)

ÁREA NO PERMEABLES
Vivienda horizontal / Vivienda horizontal lago
Vivienda vertical / Townhouses
Comercio / Usos mixtos / Hotel
Banquetas y vialidades
Derecho de vía

ELABORACIÓN

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.

Mapa I.7. Áreas permeables que contempla el proyecto.

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.

I.6.4.3. Descripción de los elementos del proyecto

A continuación se describen los elementos que contempla el proyecto, tal cual se relacionan en la publicación del Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, del 26 de septiembre del 2023.

Vivienda Horizontal
Las zonas de vivienda horizontal tienen una superficie total de 818,734.29 m^2, en donde se desarrollarán 3,199 viviendas, de 2.5 niveles y una altura máxima de 10.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma orgánica, tendrán banquetas en ambos sentidos, así como vialidades internas y áreas verdes.

Vivienda Horizontal Lago
Las zonas de vivienda horizontal lago tienen una superficie total de 186,743.79 m^2, en donde se desarrollarán 435 viviendas, de 2.5 niveles y una altura máxima de 10.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma orgánica, la mayoría de los lotes en esta zona tienen una vista privilegiada hacia el lago, contarán con banquetas, vialidades internas y áreas verdes.

Vivienda Vertical
Las zonas de vivienda vertical tienen una superficie total de 250,399.52 m^2, en donde se desarrollarán 3,111 viviendas en 81 lotes, de 6 niveles y una altura máxima de 24.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma orgánica y se sitúan a los extremos del proyecto.

Townhouses
Las zonas de Townhouses tienen una superficie total de 78,976.95 m^2, en donde se desarrollarán 928 viviendas en 464 lotes, de 3 niveles y una altura máxima de 12.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma orgánica y se sitúan cercanos a las áreas verdes centrales de cada etapa prevista en el proyecto, de igual manera contarán con banquetas y vialidades internas.

Comercio
Las zonas comerciales tienen una superficie total de 25,142.02 m^2, las cuales están conformadas por 20 lotes, de 2.0 niveles y una altura máxima de 8.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma rectangular y se encuentran cercanos a las áreas verdes centrales de cada etapa prevista del proyecto, contarán con banquetas, áreas verdes, cajones de estacionamiento y vialidades para su fácil acceso.

Usos Mixtos
Las zonas de usos mixtos tienen una superficie total de 77,261.00 m^2, en donde se desarrollarán 619 viviendas en 8 lotes, de 6 niveles y una altura máxima de 24.00 m. El diseño urbano de dichas zonas presenta una forma orgánica y se sitúan en el acceso principal del proyecto, tendrán banquetas, áreas verdes y vialidades para su fácil acceso.

Hotel
El lote del Hotel considera una superficie de 69,950.00 m^2, en el cual se desarrollarán 280 llaves, conforme a la equivalencia CE-15, de cuartos a viviendas, como lo señala el POEL Solidaridad, un cuarto hotelero es equivalente a una vivienda de dos recámaras. Por lo que se consideran 280

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.

viviendas para la contabilidad de total de densidades, de 3.0 niveles y una altura máxima de 12.00 m. El diseño urbano de esta zona presenta una forma orgánica y la ubicación de esta tiene un gran potencial ya que colinda con el lago. Contará con acceso directo a la vialidad primaria del desarrollo.

Lagos
Toda el área de lagos tiene una superficie de 908,217.11 m^2, la cual tiene una forma orgánica y se encuentra situada al centro, a todo lo largo del proyecto, creándose con esto el eje rector del desarrollo.

Playa pública
El área de playa pública tiene una superficie de 11,020.52 m^2, tiene una forma orgánica y será artificial, su ubicación esta continua a la zona del hotel.

Áreas verdes
Las zonas de áreas verdes tienen una superficie total de 730,318.88 m^2, el diseño de dichas zonas presenta una forma orgánica y se sitúan estratégicamente por todo el proyecto. Cabe mencionar que el área de Preservación Ecológica en Ríos Subterráneos que se sitúa en la etapa A, se incluye en áreas verdes y no se verá afectada.

Banquetas y Vialidades
Las zonas de banquetas y vialidades tienen una superficie total de 684,059.13 m^2, el diseño de dichas zonas presenta una forma orgánica, las vialidades principales se encuentran por todo el perímetro del proyecto y las vialidades internas se encuentran en las zonas habitacionales.

Derecho de vía
El área del derecho de vía del PMDUS 2010-2050, tiene una superficie total de 33,035.26 m^2, la cual no solo se respeta, sino que se amplía, al diseñar una vialidad de acuerdo al proyecto con una sección de 39.00 m y una superficie de 42,646.86 m^2.

I.6.4.4. Programa general de trabajo

El cambio de uso de suelo de terrenos forestales de HAZUL se ejecutará en nueve etapas: la Etapa A y las Etapas I a VIII.

Cada etapa se desarrollará en un plazo de ejecución estimado de 5 años. Aunque en el Cronograma propuesto en el Cuadro I.7 se integran las nueve etapas consecutivamente a modo de representación, la programación y ejecución de las mismas no seguirá necesariamente un orden consecutivo o secuencial, sino que su inicio y desarrollo se determinarán en función de los intereses de los promoventes, la disponibilidad de recursos financieros, las condiciones económicas prevalecientes, el comportamiento del mercado, así como otros factores técnicos, comerciales y operativos que incidan en la viabilidad de su desarrollo. En consecuencia, las etapas podrán ejecutarse en un orden distinto al de su numeración.

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.

Se ha considerado además un periodo de un año previo para la gestión de otros permisos y autorizaciones necesarias, alcanzándose un periodo total de **46 AÑOS**.

El plazo de 46 años es, en sí mismo, una medida de mitigación importante en el proyecto que nos ocupa. Al distribuir el CUSTF y la inmediata urbanización en nueve etapas, la superficie que permanecerá desprovista de cubierta vegetal en cualquier momento del programa no corresponde a la etapa completa, sino únicamente al frente de trabajo activo dentro de ella, de modo que la superficie simultáneamente descubierta se mantiene en una fracción reducida del predio.

En el cronograma que se presenta como Cuadro I.7, se observa la propuesta de ejecución de las actividades de CUSTF en HAZUL.

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.

Cuadro I.7. Cronograma de trabajo del CUSTF de HAZUL.

| ETAPAS (CUSTF) | AÑOS | | |

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.

El Cuadro I.8 muestra el periodo de ejecución de las actividades involucradas en el CUSTF con duración de 5 años cada una.

Cuadro I.8. Calendarización de las actividades del CUSTF con duración de 5 años.

ACTIVIDADES	**5 AÑOS**									
	SEMESTRES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acondicionamiento del vivero temporal										
Delimitación topográfica y física de las áreas de desmonte										
Rescate de vegetación										
Ahuyentamiento y/o rescate de fauna										
Desmonte de las áreas de desplante										
Selección y acopio de material vegetal para su uso dentro del predio										
Acopio y triturado de material vegetal										
Despalme y rescate de tierra vegetal										

En los términos expuestos anteriormente, **se solicita que la vigencia de la autorización en materia de impacto ambiental abarque un periodo de 46 AÑOS**.

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.

I.6.4.5. Descripción de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (Preparación del sitio)

I.6.4.5.1. Descripción de obras provisionales

Las obras provisionales son las instalaciones de apoyo que se requieren para poder ejecutar las actividades y que no forman parte del proyecto definitivo. Se habilitan al inicio de los trabajos y se desmantelan al concluirlos. Se ubican en zonas autorizadas para desplante, con la intención de evitar afectaciones adicionales.

En el caso de HAZUL se ubicarán en un área previamente afectada por las actividades autorizadas de extracción de materiales pétreos (Ver Mapa I.8), en un sector del predio próximo al acceso desde la Carretera Federal 307. Esta ubicación responde a tres razones:

1. No interfiere con las actividades, las cuales iniciarán con la Etapa A que se ubica al Oeste del predio.
2. La proximidad al acceso reduce el recorrido interno de los vehículos, como pipas de agua, auto-tanque de suministro de combustible, transporte de personal y proveedores.
3. Al no ubicarse en las zonas de desplante de HAZUL, pueden permanecer durante los 45 años por los que se prolongarán las actividades, sin necesidad de reubicaciones conforme avanzan las etapas.

A continuación se describen las obras provisionales contempladas para el CUSTF de HAZUL.

Caseta de vigilancia y control de acceso (≈20 m²). Instalación situada en el acceso principal del predio, destinada al control de ingreso y salida de personal, visitantes, proveedores y vehículos. Consistirá en una caseta prefabricada o camper y operará de manera permanente durante todo el plazo de la obra. En este punto se llevará el registro de accesos y se verificará que los vehículos que ingresen y salgan cumplan con las condiciones establecidas para el tránsito interno, en particular enfatizando en la velocidad máxima permitida y a la cubierta de las cajas de volteo.

Camper para oficina de obra (≈30 m²). Oficina temporal para las actividades administrativas, la residencia y supervisión de obra, la supervisión ambiental y las reuniones de coordinación. Se integrará con módulos prefabricados tipo camper y alojará el archivo técnico de la obra, es decir, los planos vigentes, los estudios ambientales, las autorizaciones vigentes, entre otros. Será también el punto de atención para las visitas de verificación de las autoridades. Contará con un baño incluido, cuyas aguas residuales se canalizarán al contenedor hermético donde se mantendrán hasta su retiro por una empresa autorizada.

Bodega de resguardo de material (≈100 m²). Espacio destinado al almacenamiento temporal de los materiales e insumos que se emplearán durante el CUSTF, tales como sacos para material pétreo (para filtrado de aguas pluviales), cemento para instalación de obras provisionales, tubería y ductería para conducción de agua, elementos de señalización y accesorios diversos. Se construirá con estructura metálica ligera y cubierta de lámina, con piso de concreto simple o firme compactado y ventilación natural, de manera que los materiales queden protegidos de la lluvia y de la radiación solar directa. Su ubicación se define con acceso directo desde el camino provisional principal, para

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.

permitir la maniobra de los vehículos de suministro sin necesidad de circular por el resto de las áreas.

Bodega de resguardo de equipos (≈80 m²). Área destinada al almacenamiento y protección de herramienta menor, equipo topográfico, motosierras, desbrozadoras, compactadores manuales, refacciones y equipo de medición. Se construirá con estructura metálica ligera y techo de lámina, con piso de concreto simple o firme compactado y ventilación natural, con control de acceso, dado que resguardará los bienes de mayor valor unitario de la obra. Al concentrar en un solo sitio la herramienta y el equipo menor se facilita su control, su mantenimiento y la entrega diaria a las cuadrillas.

Bodega general (≈80 m²). Espacio para el resguardo de consumibles, equipo de protección personal, señalización, papelería de obra y materiales diversos que no requieren condiciones especiales de almacenamiento. Se construirá igualmente con estructura metálica ligera desmontable, techo de lámina, piso de concreto simple o firme compactado y ventilación natural.

Almacén de combustibles (≈50 m²). Esta área se acondicionará con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitada con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separada del campamento de personal y de las bodegas de material, contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Permanecerá cerrada y con acceso restringido a personal autorizado.

Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor que requieren disponibilidad inmediata, se dispondrá de un tanque nodriza portátil de doble pared, con capacidad de entre 1,000 y 2,000 litros, que será rellenado por un auto-tanque (descrito en el párrafo que precede) y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames. Adicionalmente este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria.

El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), que realizará entregas programadas conforme al consumo estimado y despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y/o con charolas y tapetes de contención. Esta modalidad evitará el almacenamiento de grandes volúmenes de hidrocarburos en el predio y reducirá la infraestructura y los trámites asociados a un tanque fijo de gran capacidad.

Almacén de residuos peligrosos (≈50 m²). Esta área se acondicionará con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitada con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separada del campamento de personal y de las bodegas de material. Permanecerá cerrada y con acceso restringido a personal autorizado.

Contará con contenedores, preferentemente de 200 litros, con tapa, pintados de color rojo, con letreros de identificación del residuo que se almacena, como aceites usados, filtros, estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, solventes y sus envases. Contará con equipo contra incendio y *kit* antiderrames.

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.

Se llevará una bitácora de entrada y salida de los residuos siguiendo el formato establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se contratará a una empresa autorizada para el retiro y disposición de los residuos.

Campamento de personal (≈621 m²). Área destinada al alojamiento temporal de los obreros que lo necesiten. Se integrará con campers dormitorio y/o estructuras temporales de madera, garantizando en todo momento una adecuada ventilación e iluminación, e incluirá regaderas, servicios sanitarios y área de lavado de ropa. El conjunto se dotará de suministro de agua y energía eléctrica. Se ubicará separado de las áreas de almacenamiento de combustible, del taller y de las áreas de manejo de residuos. El campamento se concibe con condiciones estables de habitabilidad y con capacidad para ajustarse al número de personas a lo largo de los 45 años de ejecución de las actividades propuestas.

Comedor y cocina (≈80 m²). El área de comedor será construida con estructuras temporales de madera, garantizando la ventilación. En ella se colocarán mesas y sillas de plástico o elaboradas con madera. Contará con lavamanos, jabón y agua.

La cocina contará con trampa de grasas previo al paso de las aguas residuales al contenedor hermético donde se mantendrán hasta su retiro por una empresa autorizada. El personal acatará todas las indicaciones y recomendaciones de la Secretaría de Salud y de la Secretaría del Trabajo. Así mismo se implementarán todas las medidas de seguridad necesarias que solicite Protección Civil.

Tanto en el comedor como en la cocina se colocarán contenedores para los residuos generados, debidamente señalizados con base en el código de colores vigente. Estará prohibido el uso de unicel.

Sanitarios provisionales (≈18 m²). Durante el inicio del CUSTF de la Etapa A los sanitarios del campamento serán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, ubicados en un sitio techado, de aproximadamente 18 m^2. Posteriormente, mientras se desarrolla el CUSTF de esta etapa, dichos sanitarios serán sustituidos por baños con módulos de WC, conectados al contenedor hermético donde se mantendrán las aguas residuales hasta su retiro por una empresa autorizada.

Adicionalmente existirán sanitarios portátiles distribuidos entre los frentes de trabajo, ubicados en sitios con sombra y de fácil acceso para el personal durante su jornada, también en proporción de 1 cada 10 trabajadores.

Todos los sanitarios portátiles serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, frecuencia que podrá ser con más periodicidad, cada dos días o incluso diaria, con base en las necesidades específicas que se presenten.

Atención médica y primeros auxilios (≈18 m²). Se habilitará un área de primeros auxilios, contigua al campamento, dotada de botiquín, camilla y equipo básico de atención, con personal capacitado en primeros auxilios durante la jornada. Se mantendrá identificada la ruta y el procedimiento de

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.

traslado hacia los servicios médicos de la ciudad de Playa del Carmen para los casos que lo requieran.

Área de almacenamiento de residuos sólidos (≈50 m²). Espacio destinado a la separación, el almacenamiento y el manejo temporal de los residuos sólidos urbanos generados por el personal y de los residuos de manejo especial derivados de la obra. Se habilitará como una superficie delimitada, señalizada con base en el código de colores vigente, techada y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato.

Taller de mantenimiento menor (≈100 m²). Área destinada a las actividades menores de inspección y mantenimiento preventivo de la maquinaria y los equipos de la obra: revisión de niveles, cambios de aceite y filtros, engrasado, ajuste de elementos de corte y reparaciones ligeras. Se construirá con estructura ligera y piso impermeable de concreto, con pendiente y canalización hacia un punto de recolección, de manera que cualquier derrame quede confinado dentro del área. Las reparaciones mayores y las que requieran instalaciones especializadas se realizarán fuera del predio, en talleres establecidos. Se contará con un contenedor de color rojo con la leyenda "*Residuos Peligrosos*", donde los mismos se colocarán hasta su traslado al *Almacén de residuos peligrosos* ya descrito.

Estacionamiento de maquinaria (≈1,682 m²). Superficie destinada al resguardo de la maquinaria pesada y de los vehículos de obra fuera del horario de operación. Se conformará como un terreno nivelado y compactado con sascab, delimitado y señalizado, con espacios definidos para cada tipo de equipo y con circulaciones que permitan la maniobra sin obstrucción. Al concentrar el resguardo en un solo punto se protege el suelo y subsuelo de posibles derrames accidentales de aceites o combustibles, y de esta forma el material de sascab contaminado podría retirarse e incorporarse al manejo de residuos correspondiente.

Estacionamiento de vehículos del personal (≈621 m²). Superficie contigua al acceso principal, nivelada y compactada con sascab, destinada a los vehículos particulares y a las unidades de transporte de personal. Su ubicación próxima a la caseta de control evitará el ingreso de vehículos ajenos a la obra hacia el interior del predio.

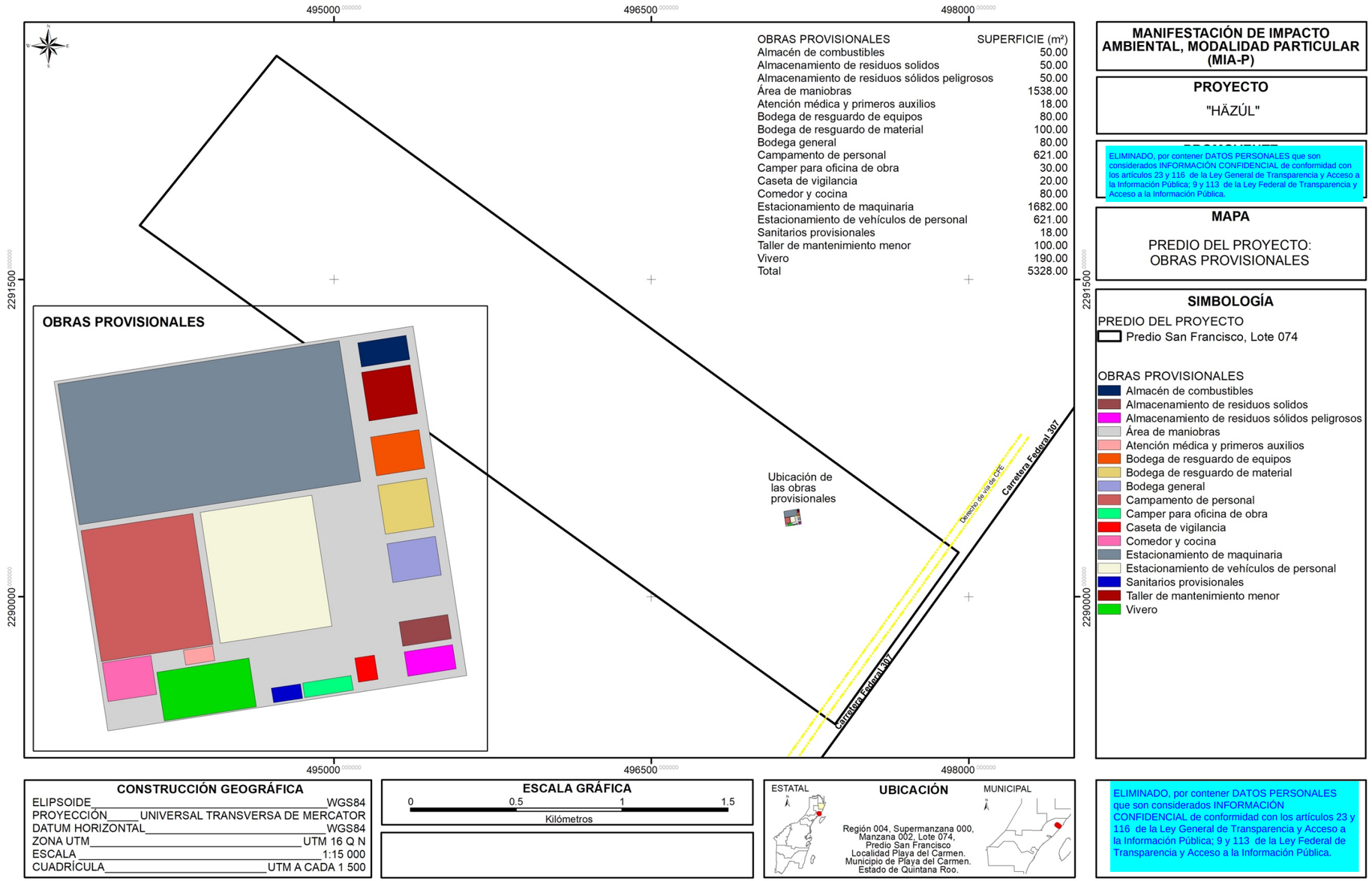
Vivero (≈190 m²). Destinado a la recepción, embolsado, resguardo y mantenimiento de los ejemplares rescatados hasta su reubicación definitiva en las áreas verdes y zonas con vegetación natural del proyecto, considerando que una parte de los ejemplares serán solicitados por las autoridades ambientales municipales como condicionante de las autorizaciones que emiten.

El vivero contará con un área para embolsado de plantas, áreas para almacenamiento del sustrato para embolsar (tierra vegetal recuperada del despalme) y un espacio para el resguardo de herramienta, bomba de 4" e insumos. Se habilitará de forma previa al primer rescate, y operará de manera ininterrumpida durante todo el plazo del proyecto, por lo que sus dimensiones podrían ampliarse conforme se incremente el número de ejemplares en resguardo.

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.

Cada día, las plantas recién rescatadas serán colocadas en un área arbolada, dentro de las áreas de aprovechamiento, donde se esté realizando el rescate de vegetación (frente de trabajo activo), donde se llevará a cabo el embolsado de las mismas. Esto acortará tiempos evitando el traslado constante de los ejemplares hacia el vivero, lo cual podrá realizarse al final de cada día.

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.



OBRAS PROVISIONALES	SUPERFICIE (m²)
Almacén de combustibles	50.00
Almacenamiento de residuos solidos	50.00
Almacenamiento de residuos sólidos peligrosos	50.00
Área de maniobras	1538.00
Atención médica y primeros auxilios	18.00
Bodega de resguardo de equipos	80.00
Bodega de resguardo de material	100.00
Bodega general	80.00
Campamento de personal	621.00
Camper para oficina de obra	30.00
Caseta de vigilancia	20.00
Comedor y cocina	80.00
Estacionamiento de maquinaria	1682.00
Estacionamiento de vehículos de personal	621.00
Sanitarios provisionales	18.00
Taller de mantenimiento menor	100.00
Vivero	190.00
Total	5328.00

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR (MIA-P)

PROYECTO

"HÄZÚL"

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.

MAPA

PREDIO DEL PROYECTO:
OBRAS PROVISIONALES

SIMBOLOGÍA

PREDIO DEL PROYECTO
- Predio San Francisco, Lote 074

OBRAS PROVISIONALES
- Almacén de combustibles
- Almacenamiento de residuos solidos
- Almacenamiento de residuos sólidos peligrosos
- Área de maniobras
- Atención médica y primeros auxilios
- Bodega de resguardo de equipos
- Bodega de resguardo de material
- Bodega general
- Campamento de personal
- Camper para oficina de obra
- Caseta de vigilancia
- Comedor y cocina
- Estacionamiento de maquinaria
- Estacionamiento de vehículos de personal
- Sanitarios provisionales
- Taller de mantenimiento menor
- Vivero

CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

ELIPSOIDE	WGS84
PROYECCIÓN	UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL	WGS84
ZONA UTM	UTM 16 Q N
ESCALA	1:15 000
CUADRÍCULA	UTM A CADA 1 500

ESCALA GRÁFICA

0 — 0.5 — 1 — 1.5

Kilómetros

UBICACIÓN

ESTATAL

MUNICIPAL

Región 004, Supermanzana 000, Manzana 002, Lote 074, Predio San Francisco
Localidad Playa del Carmen.
Municipio de Playa del Carmen.
Estado de Quintana Roo.

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.

Mapa I.8. Obras provisionales contempladas.

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.

I.6.4.5.2. Descripción de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF)

Acondicionamiento del vivero temporal.

Como ya fue descrito, el vivero contará con 190 m² y recibirá las plantas rescatadas, donde se embolsarán, resguardarán y se les dará el mantenimiento requerido hasta su reubicación definitiva en las áreas verdes y claros naturales de las zonas con vegetación natural del proyecto, considerando que una parte de los ejemplares podrán ser solicitados por las autoridades ambientales municipales para su uso en sus programas de reforestación.

Contará con un área para embolsado de plantas, áreas para almacenamiento del sustrato para embolsar (tierra vegetal recuperada del despalme) y un espacio para el resguardo de herramienta, bomba de 4" e insumos. Se habilitará de forma previa al primer rescate, y operará de manera ininterrumpida durante todo el plazo del proyecto, por lo que sus dimensiones podrían ampliarse conforme se incremente el número de ejemplares en resguardo.

Cada día, las plantas recién rescatadas serán colocadas en un área arbolada, dentro de las áreas de aprovechamiento, donde se esté realizando el rescate de vegetación (frente de trabajo activo), donde se llevará a cabo el embolsado de las mismas. Esto acortará tiempos evitando el traslado constante de los ejemplares hacia el vivero, lo cual podrá realizarse al final de cada día.

Delimitación topográfica y física de las áreas de desmonte.

Al inicio de cada etapa se realizará un levantamiento topográfico con estación total de las zonas de desmonte, así como su delimitación física (estacas, cinta precautoria, etc), de forma previa al rescate de flora y fauna.

Rescate de vegetación.

Después de la delimitación física de las zonas de desmonte se procederá al rescate selectivo y manual de las especies de flora que se encuentren en dicha superficie y que sean susceptibles de pasar por este proceso. Se priorizarán los ejemplares de especies enlistadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las de lento crecimiento y las de alto valor ecológico o paisajístico. Lo anterior con base en el Programa de Rescate de Flora y Ahuyentamiento y/o Rescate de Fauna adjunto como **ANEXO 9**.

El rescate de flora se ejecutará de manera continua a lo largo del programa de trabajo propuesto. Al concluir una etapa y comenzar la ejecución del desmonte, las brigadas de rescate de flora trabajarán en la etapa siguiente, y así sucesivamente.

Los ejemplares que se rescaten serán ubicados en un vivero provisional dentro del predio, donde se les ofrecerá el mantenimiento adecuado hasta su reubicación definitiva en las áreas verdes y zonas con vegetación natural del proyecto, considerando que una parte de los ejemplares serán solicitados por las autoridades ambientales municipales como condicionante de las autorizaciones que emiten.

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.

Ahuyentamiento y/o rescate de fauna.

De forma paralela al marcaje topográfico y durante el rescate de vegetación se realizarán recorridos en la zona sujeta a rescate, provocando ruido controlado. La presencia humana y el ruido constituyen una señal de alerta, y favorecerán el desplazamiento natural de las especies de fauna que pudieran estar presentes hacia las zonas con vegetación adyacentes. Si alguna especie quedara rezagada se procederá a trasladarla a las áreas de conservación dentro del predio, siguiendo las técnicas descritas en el Programa de Rescate de Flora y Ahuyentamiento y/o Rescate de Fauna adjunto como **ANEXO 9**.

Desmonte.

Consiste en el retiro de la cubierta vegetal arbustiva y arbórea, limitándose estrictamente a la huella autorizada del proyecto. El desmonte se realizará de manera manual con herramienta menor como machetes y motosierras hasta donde sea posible, y posteriormente con maquinaria pesada.

Selección y acopio de material vegetal para su uso dentro del predio.

Esta actividad consistirá en identificar, separar y concentrar de manera temporal los elementos vegetales que, por sus características, puedan ser reutilizados en las actividades y obras del proyecto.

El acopio se realizará dentro del área del predio previamente destinada para este fin, colocándolo de manera ordenada.

Acopio y triturado de material vegetal.

El material leñoso producto del desmonte (troncos, ramas y follaje) se rescatará y transportará a un área despejada dentro de las zonas de desplante o ya afectadas. Este material se someterá a un proceso de triturado o astillado mediante una trituradora y será acopiado en dicha área, para utilizarse en actividades de acondicionamiento de las áreas verdes y zonas con vegetación natural del proyecto, considerando que una parte de los ejemplares serán solicitados por las autoridades ambientales municipales como condicionante de las autorizaciones que emiten.

Despalme y rescate de tierra vegetal.

El despalme consiste en el retiro de tocones y la capa superficial de tierra vegetal, por no constituir un material apto para el desplante de edificaciones y terraplenes. El espesor exacto por despalmar se determinará con base en el estudio de mecánica de suelos del proyecto, evitando profundizar más allá del horizonte fértil para no mezclar la tierra vegetal con el material del subsuelo.

El despalme se ejecutará con maquinaria de bajo tonelaje, como retroexcavadora. Se programará preferentemente en condiciones de suelo seco, para facilitar su manejo y evitar la compactación excesiva del material. En las zonas donde el contenido de tierra vegetal lo justifique, el material obtenido del despalme se pasará por una criba y el volumen de tierra que se obtenga se acopiará

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.

de forma temporal dentro del predio, y se reutilizará en las actividades del vivero, y en la conformación de áreas verdes.

I.6.4.5.3. Requerimientos de materiales

Los materiales a utilizar, considerando los necesarios para el acondicionamiento de las obras provisionales son, en general, los siguientes.

Cuadro I.9. Materiales a utilizar durante el CUSTF.

Materiales	
Alambrón	Cimbra de madera (temporal)
Alambre recocido	Block de concreto 15x20x40
Clavos	Tubo Conduit PVC
Malla electrosoldada 10 X 10	Cable thw
Cemento gris	Alambre de conector desnudo
Cal hidratada	Tubo sanitario de PVC
Arena	Tubo hidráulico de PVC
Grava	Ducto cuadrado galvanizado
Concreto premezclado	Lámina galvanizada / zintro-alum
Perfil económico (PTR / canal ligero)	Malla ciclónica (cercado perimetral)
Malla sombra (vivero temporal)	Tinaco (almacenamiento de agua)
Contenedor hermético tipo rotoplas (aguas residuales)	

Todos los materiales de construcción serán adquiridos en sitios de materiales autorizados.

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.

I.6.4.5.4. Requerimientos de mano de obra

Las actividades de CUSTF requerirán la contratación de alrededor de 55 trabajadores (estimados por etapa, es decir, 55 trabajadores para la ejecución de cada etapa), que no se encontrarán simultáneamente en el predio, entre técnicos, supervisores, operadores de maquinaria y equipo, choferes y peones. De este total, se estima que hasta 52 personas podrían coincidir simultáneamente en el predio, en el que se sobreponen el rescate de flora y fauna, el desmonte, la selección y acopio de material vegetal, y el acopio y triturado.

A continuación se relaciona un número aproximado de la plantilla de personal propuesta.

Cuadro I.10. Personal aproximado requerido.

Personal	Cantidad	Área
Topógrafos	3	Obra Civil
Supervisor de obra civil	1	Obra Civil
Supervisor ambiental	1	Ambiental
Personal de seguridad e higiene	1	Obra civil
Biólogo especialista en rescate de flora	1	Ambiental
Brigadistas de rescate de flora	8	Ambiental
Encargado y auxiliares del vivero temporal	5	Ambiental
Biólogo especialista en ahuyentamiento y/o rescate de fauna	1	Ambiental
Brigadistas de rescate de fauna	3	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.

Personal	Cantidad	Área
Motosierristas y brigadistas de desmonte	12	Obra civil
Operadores de maquinaria pesada y ligera	8	Obra civil
Choferes (volteo y pipa)	6	Obra civil
Administración, almacén y vigilancia	5	Administración
TOTAL	**55**	

La mano de obra será contratada en el municipio de Playa del Carmen.

I.6.4.5.5. Requerimientos de maquinaria y equipo

La herramienta, equipo y maquinaria estimada requeridos durante el CUSTF se enlistan a continuación, y fueron estimados por etapa, es decir, para la ejecución de cada etapas.

Cuadro I.11. Herramienta, maquinaria y equipo requeridos.

Maquinaria y equipo	Cantidad	Función
Estación total y equipo GNSS/RTK diferencial	2 equipos	Levantamiento previo a la delimitación física de las zonas de desmonte
Herramienta manual para rescate de flora	Para 2 cuadrillas	Palas, picos, barretas, rastrillos y tijeras de poda
Compactador manual (bailarina o rodillo ligero)	1	Compactación de plataformas en la zona de instalaciones provisionales
Motosierras y desbrozadoras	8 – 12	Desmonte selectivo y manual

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.

Maquinaria y equipo	Cantidad	Función
Tractor sobre orugas (bulldozer)	1 – 2	Uso restringido a frentes de desmonte y despalme de gran superficie; se prioriza la herramienta manual y el equipo menor sobre este equipo
Trituradora o astilladora de material vegetal	1 – 2	Triturado del material derivado del desmonte
Retroexcavadora mixta	2	Despalme selectivo
Camión de volteo (12 – 14 m³)	4	Acarreo interno de materiales
Camión pipa de agua (10,000 L)	2	Riego para control de polvo en caminos y superficies expuestas
Camioneta pick-up	2	Recorridos de las brigadas técnicas ambientales y de supervisión de obra.
Planta de energía y equipo menor	1 – 2	Apoyo al campamento, al vivero temporal y a los frentes de trabajo.
Auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora, contratado)	1 (bajo demanda)	Suministro programado de diésel directo a la maquinaria; sustituye el almacenamiento fijo de gran volumen
Tanque nodriza portátil de doble pared (1,000 – 2,000 L)	1	Reserva de diésel para la planta de energía y el equipo menor, rellenado por el auto-tanque

I.6.4.5.6. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Se calcula que el proyecto tendrá una vida útil de 100 años, dependiendo del mantenimiento que se le ofrezca a las instalaciones, pues se ubica en un sitio con una elevada incidencia de huracanes.

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.

No se contempla el abandono de las instalaciones, pero en caso de que se requiera se presentará un programa de abandono del sitio y la restauración para validación de la autoridad competente, bajo los lineamientos ambientales vigentes en el momento del abandono.

I.6.4.5.7. Utilización de explosivos

No se utilizarán explosivos en ninguna de las actividades del proyecto.

I.6.4.5.8. Residuos

Residuos sólidos.

Biorresiduos. Durante las actividades del CUSTF, los residuos vegetales generados por el desmonte serán triturados y serán colocados en un área dentro del predio hasta su posterior utilización en las actividades de conformación de las áreas verdes y en el enriquecimiento de las áreas con vegetación natural. Los residuos generados por la ingestión de alimentos por parte de los trabajadores serán dispuestos a través de un recolector autorizado por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA).

Residuos reciclables (PET, cartón, aluminio, vidrio, madera, metal). Estos residuos sólidos serán separados y dispuestos a través de un recolector autorizado por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA).

Residuos no reciclables. Todos estos residuos serán transportados a sitios de disposición final a través de un recolector autorizado por SEMA.

Durante las actividades de CUSTF se estima una generación de aproximadamente 44 a 55 kg/día de residuos sólidos urbanos.

Residuos líquidos.

La totalidad de las aguas residuales durante el CUSTF se manejarán con especial cuidado, mediante su almacenamiento hermético y su extracción y disposición a través de empresas autorizadas.

Durante el CUSTF se llevarán a cabo las siguientes acciones:

1. Se usarán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, distribuidos entre el campamento y los frentes de trabajo activos, ubicados en sitios con sombra y de fácil acceso para el personal durante su jornada. Estos sanitarios serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, frecuencia que podrá ser con más periodicidad, cada dos días o incluso diaria, con base en las necesidades específicas que se presenten.

2. Se instalará un contenedor hermético, tipo *rotoplas*, de al menos 10 m^3, que recibirá las aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios, de las regaderas del campamento y de la cocina. El volumen estimado a recibirse se sitúa en el orden de 2.25 a 2.63 m^3 por

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.

día para la plantilla de personal prevista, cifra que variará conforme al número de personas laborando y a la proporción de personal alojado en el campamento. Se contratarán los servicios de un prestador de servicios autorizado que retirará las aguas residuales cuando el contenedor se encuentre a ¾ de su capacidad total, para eliminar totalmente la posibilidad de rebosamiento.

Emisiones a la atmósfera.

Durante las actividades se generarán polvos, los cuales son transportados por el viento. Esta generación de polvos será mitigada mediante el riego de las áreas de trabajo; la limitación de la velocidad de circulación de los vehículos dentro del predio a 20 km/h, lo que puede disminuir de forma significativa la cantidad de partículas generadas por el tránsito sobre caminos no pavimentados y la obligación de cubrir las cajas de los camiones de volteo durante el transporte de materiales.

Asimismo, el tránsito vehicular por el desarrollo del proyecto implicará la emisión de bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas suspendidas. Las cantidades y concentraciones de las emisiones varían dependiendo de la cantidad de vehículos y cantidad de combustibles consumidos y el estado de los motores. Los factores mencionados no pueden ser estandarizados a condiciones constantes, ya que son características que oscilan entre un vehículo y otro. Para contribuir a la disminución de estas emisiones contaminantes, la promovente se asegurará de que tanto la maquinaria como el equipo utilizado, así como los vehículos que ingresen al predio se encuentren en buenas condiciones mecánicas.

I.6.5. Cuadro resumen de características del proyecto

A continuación se presenta un cuadro resumen conforme a la Guía para la presentación y entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental. Las memorias del cálculo para obtener estos resultados se incluyen en el USB adjunto.

Cuadro I.12. Cuadro Resumen.

Concepto	Preparación del sitio (específicamente actividades de CUSTF) (cantidad y unidades)
Consumo de energía eléctrica	Planta generadora a diésel de 75 kVA (demanda estimada 40 – 50 kW); aproximadamente 300 l/día de diésel
Consumo de agua	Aproximadamente 43 – 106 m^3/día
Consumo de combustibles	Aproximadamente 1,430 – 2,150 L/día
Emisiones de gases de efecto invernadero	Durante los periodos de máxima actividad se estima una generación de aproximadamente 3,823–5,746 kg CO_2/día,

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.

Concepto		**Preparación del sitio (específicamente actividades de CUSTF) (cantidad y unidades)**
		equivalentes a 3.82–5.75 toneladas de CO_2 por día, asociado al consumo directo de combustibles durante las actividades de CUSTF.
Generación de residuos	Peligrosos	Para las actividades de CUSTF que se someten a evaluación de impacto ambiental no resulta técnicamente viable establecer la cantidad de residuos peligrosos que se generarán, debido a que su generación depende del tipo, número y condiciones de operación de la maquinaria y equipos que sean utilizados, así como de la frecuencia con que se requieran actividades de mantenimiento, reparación o sustitución de componentes. Su generación será principalmente eventual y la cantidad generada dependerá de factores que no pueden determinarse con exactitud antes del inicio de las actividades, como las horas reales de operación de cada equipo, su estado mecánico, frecuencia de mantenimiento, y necesidad de reparaciones no programadas.
	Manejo especial	De manera similar al rubro anterior, la generación de residuos de manejo especial durante el CUSTF dependerá del desarrollo efectivo de las actividades y de la vida útil de los materiales y componentes utilizados. Su volumen podrá variar en función de la sustitución de llantas, piezas, componentes, materiales de embalaje y otros residuos derivados de las actividades auxiliares del proyecto y la instalación de las obras provisionales.
	Sólidos urbanos	≈44 – 55 kg/día, estimados a razón de 0.8 – 1.0 kg/persona/día para la plantilla prevista
Aguas residuales		Se estima una generación diaria de aproximadamente 2.25 a 2.63 m^3/día de aguas residuales. No incluye lo relativo a los sanitarios portátiles.

----------//----------

CAPÍTULO II

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

CONTENIDO

II.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (D.O.F. 28 DE ENERO DE 1988. ÚLTIMA REFORMA PUBLICADA EN EL D.O.F. EL 19 DE ENERO DEL 2026)..... 2

II.2. REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (D.O.F. 30 DE MAYO DEL 2000. ÚLTIMA REFORMA PUBLICADA EN EL D.O.F. EL 31 DE OCTUBRE DEL 2014)..... 3

II.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POELMYR) (PUBLICADO EN EL D.O.F. EL 24 DE NOVIEMBRE DEL 2012)..... 3

II.4. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD (POEL) (PUBLICADO EL 25 DE MAYO DEL 2009 EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO).....21

II.5. PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD (PUBLICADO EL 20 DE DICIEMBRE DEL 2010 EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL ESTADO).....41

II.6. REGIONES PRIORITARIAS DE LA CONABIO.....45

II.6.1. Región Hidrológica Prioritaria 105: Corredor Cancún – Tulum (www.conabio.gob.mx).....50

II.6.2. Región Marina Prioritaria 63: Punta Maroma – Punta Nizuc (www.conabio.gob.mx).....52

II.7. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....53

II.8. SITIOS RAMSAR.....53

Partiendo de que el desarrollo constituye un proyecto inmobiliario - comercial, ubicado en el Municipio de Solidaridad, actualmente Municipio de Playa del Carmen, en el estado de Quintana Roo, a continuación se resumen las disposiciones legales que norman el procedimiento de evaluación de impacto ambiental aplicables, por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, y cuya última reforma se publicó el 19 de enero del 2026.
2. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo del 2000, y cuya última reforma se publicó el 31 de octubre del 2014.
3. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POELMyR), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre del 2012.
4. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL), publicado el 25 de mayo del 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo.
5. Programa de Desarrollo Urbano Municipal de Solidaridad publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo.

Además de los instrumentos legales antes referidos, se incluyó la vinculación del proyecto con:

1. Las Regiones Prioritarias según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
2. Las Áreas Naturales Protegidas
3. Los Sitios RAMSAR

A continuación, se desarrolla el análisis y vinculación del proyecto con los instrumentos antes referidos.

II.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (D.O.F. 28 de enero de 1988. Última reforma publicada en el D.O.F. el 19 de enero del 2026).

“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 ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

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

II.2. REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (D.O.F. 30 de mayo del 2000. Última reforma publicada en el D.O.F. el 31 de octubre del 2014).

Artículo 3.- Para los efectos del presente reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y las siguientes:

I Ter. Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación (Fracción adicionada DOF 31-10-2014).

"**Artículo 4**.- compete a la Secretaría:

I.- Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento..."

"**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.

II.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POELMyR) (publicado en el D.O.F. el 24 de noviembre del 2012).

En este apartado se realiza la vinculación del proyecto con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POELMyR), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre del 2012. De acuerdo a dicho instrumento el predio se localiza en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 139, denominada *Solidaridad*. La ubicación del predio en el POELMyR se representa en el Mapa II.1.

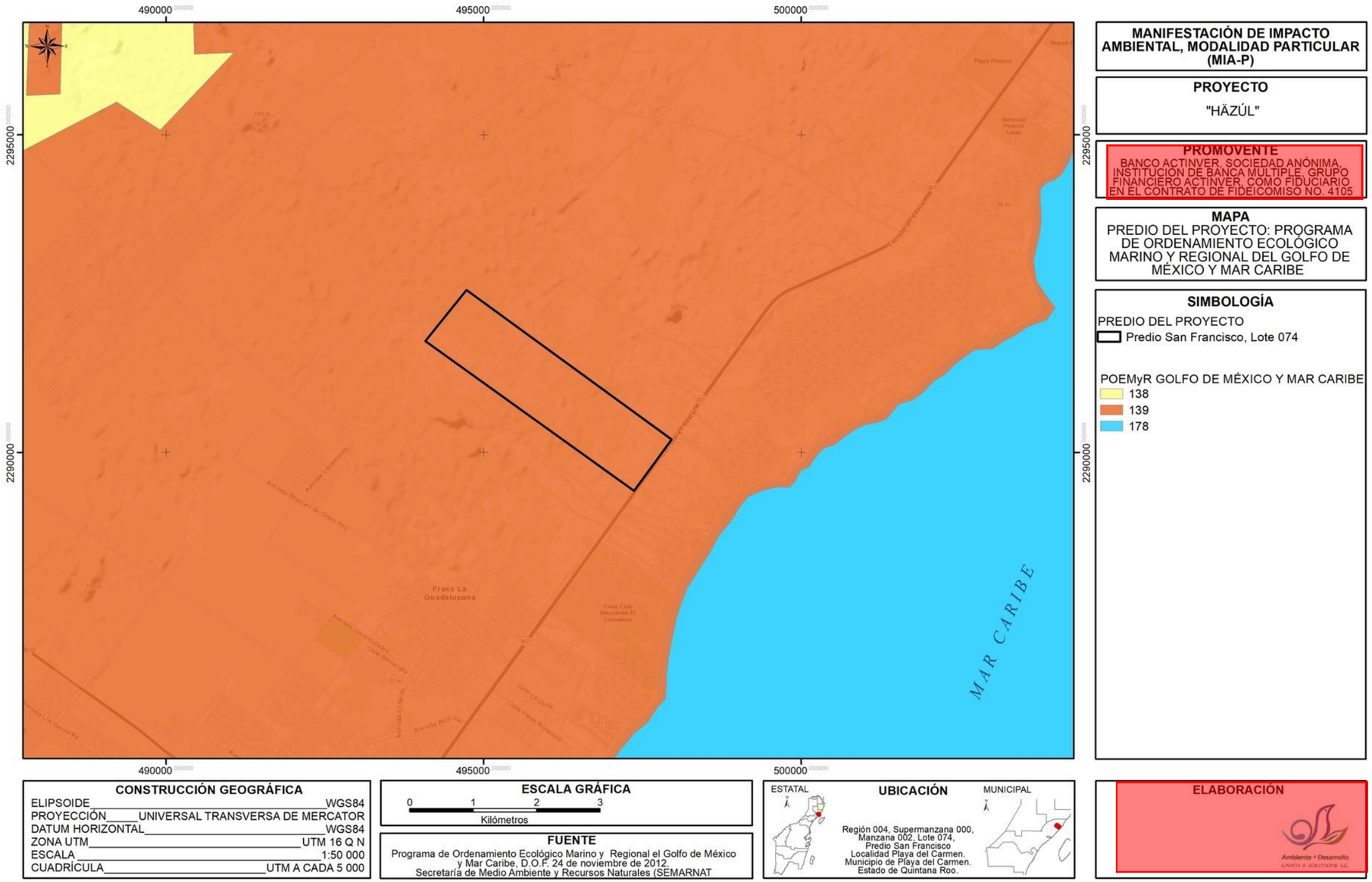
Las acciones previstas por el POELMyR presentan fundamentalmente un carácter de planeación, coordinación, orientación e inducción de políticas públicas, correspondiendo su instrumentación, en numerosos casos, a dependencias y entidades de los distintos órdenes de gobierno. De hecho, el propio Programa contiene un Anexo 6 denominado "Tabla de Responsables de la Instrumentación de las Acciones", lo que evidencia que las acciones generales y específicas se encuentran asociadas a autoridades responsables de promoverlas, ejecutarlas o instrumentarlas.

En los Cuadros II.1 y II.2 se realiza la vinculación del proyecto HAZUL con los criterios de aplicación general y específica del POELMyR, respectivamente.

Con respecto a los Criterios de Regulación Ecológica de la Zona Costera Inmediata del Mar Caribe, si bien la ficha correspondiente a la UGA 139 "*Solidaridad*" señala la aplicación de los mismos, debe considerarse el ámbito para el cual fueron establecidos dichos criterios.

El POELMyR define la *Zona Costera Inmediata* como la franja de aguas marinas comprendida entre el nivel de pleamar, en su porción costera, y la isobata de 60 m, en su porción marina. Asimismo, establece que los criterios de regulación ecológica correspondientes a esta zona tienen como finalidad precisar las acciones aplicables al desarrollo de actividades en la zona marina adyacente a la línea de costa.

En este sentido, el proyecto HAZUL se desarrollará en una superficie que no forma parte de la Zona Costera Inmediata definida por el Programa, y las obras y actividades que lo integran no se realizarán en aguas marinas ni en la línea de costa. Por lo tanto, no existe una correspondencia entre las actividades del proyecto y el ámbito específico para el cual fueron establecidos los criterios de regulación ecológica de la Zona Costera Inmediata al Mar Caribe, por lo que en consecuencia dichos criterios no resultan aplicables al proyecto.



Mapa II.1. Ubicación del predio dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POELMyR, 2012).

Cuadro II.1. Vinculación con los criterios generales del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POELMyR, 2012).

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
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.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo se insistirá con los trabajadores en el ahorro del recurso agua, mediante pláticas y la colocación de letreros que lo promuevan. Asimismo se pondrá especial atención en que no existan fugas de agua, específicamente en la zona de obras provisionales.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	Se considera que el presente criterio no aplica, debido a la naturaleza del proyecto.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMAs para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	El proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental consiste en las actividades de cambio de uso de suelo forestal para un desarrollo inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023. Por lo anterior, el presente criterio no aplica.
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).	Se considera que la aplicación de este criterio compete a las autoridades.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	El proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental consiste en las actividades de cambio de uso de suelo forestal para un desarrollo inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023. Por lo anterior, el presente criterio no aplica.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Para reducir la emisión de gases durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal se verificará que la maquinaria y equipo que se use se encuentre en buenas condiciones

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		mecánicas y de afinación.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	Se considera que la aplicación de este criterio compete a las autoridades.
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	El proyecto no implica el uso de organismos genéticamente modificados. Este criterio no aplica.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El paisaje del sistema ambiental donde se encuentra inmerso el predio, se concibe como un espacio geográfico de creciente antropización, combinado con elementos naturales, principalmente selva mediana subperennifolia, mientras que la infraestructura carretera, las áreas urbanizadas, los caminos y las actividades productivas generan elementos de fragmentación. No obstante, el diseño del proyecto permitirá el libre movimiento de la fauna dentro del predio y hacia los predios vecinos.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	El proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental consiste en las actividades de cambio de uso de suelo forestal para un desarrollo inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023. Se considera que este criterio no aplica.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	El proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental consiste en las actividades de cambio de uso de suelo forestal para un desarrollo inmobiliario - comercial, con base en la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023. En el capítulo IV de este estudio se relacionan las medidas de prevención y mitigación que se llevarán a cabo para minimizar las afectaciones producidas por las actividades de cambio de uso de suelo referidas.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	Este criterio no es vinculante con el proyecto que nos ocupa.
G013	Evitar la introducción de especies	No se pretende la introducción de especies

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	invasoras en el predio.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	Estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	
G018	Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	
G019	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	Se considera que la aplicación de este criterio compete a las autoridades.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	Este criterio no es vinculante con el proyecto.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	Se considera que los presentes criterios no aplican.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	La aplicación de este criterio compete a las autoridades.
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.	Entre las medidas de mitigación propuestas se contempla el enriquecimiento de las áreas verdes y de los claros naturales existentes dentro de las superficies que conservarán su cobertura natural, mediante la incorporación de especies características de la selva mediana subperennifolia, provenientes de las actividades de rescate. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase. Es probable que una parte de las plantas obtenidas sean solicitadas por Dirección de Ecología del H. Ayuntamiento de Solidaridad
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		para ser utilizadas en los programas de reforestación municipales.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y en su caso, son competencia de las autoridades.
G027	Promover el uso de combustibles de origen no fósil.	
G028	Promover el uso de energías renovables.	
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	En la actualidad se implementan cada vez más acciones a favor de un uso responsable de la energía y el proyecto que nos ocupa no constituye la excepción. Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, motivo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, se promoverá el ahorro de la energía eléctrica a través de pláticas y letreros alusivos.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	
G031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con las actividades de uso de cambio de uso de suelo en terrenos forestales que nos ocupan, y en su caso, son competencia de las autoridades.
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	
G034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	Por su naturaleza, este criterio no es aplicable al proyecto que nos ocupa.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	ecológicos locales en el ASO.	en su caso, son competencia de las autoridades.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	
G042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	
G043	LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	Por su naturaleza, este criterio no es aplicable al proyecto que nos ocupa.
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	Por su naturaleza, este criterio no es aplicable al proyecto que nos ocupa.
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y en su caso, son competencia de las autoridades.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y en su caso, son competencia de las

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	autoridades.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, motivo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se llevarán a cabo las siguientes acciones: 1. Se usarán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, distribuidos entre los frentes de trabajo activos, ubicados en sitios con sombra y de fácil acceso para el personal durante su jornada. Estos sanitarios serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, frecuencia que podrá ser con más periodicidad, cada dos días o incluso diaria, con base en las necesidades específicas que se presenten. 2. Se instalará un contenedor hermético, tipo *rotoplas*, de al menos 10 m^3, que recibirá las aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios y las regaderas del campamento y de la cocina. El volumen estimado a recibirse se sitúa en el orden de 4 a 6 m^3 por día para la plantilla de personal prevista, cifra que variará conforme al número de personas laborando y a la proporción de personal alojado en el campamento. Se contratarán los servicios de un prestador de servicios autorizado que retirará las aguas residuales cuando el contenedor se encuentre a ¾ de su capacidad total, para eliminar totalmente la

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		posibilidad de rebosamiento.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	Este criterio no aplica al proyecto que nos ocupa.
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.	Se acatará lo establecido. En el presente capítulo se vinculan las actividades propuestas con el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y en su caso, son competencia de las autoridades.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	
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.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, motivo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental: 1. Se acondicionará un almacén temporal para los residuos peligrosos, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitada con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separada del campamento de personal y de las bodegas de material. Permanecerá cerrada y con acceso restringido a personal autorizado. Contará con contenedores, preferentemente de 200 litros, con tapa, pintados de color rojo, con letreros de identificación del residuo que se almacena, como aceites usados, filtros, estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, solventes y sus envases. Contará con equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Se llevará una bitácora de entrada y salida de los residuos siguiendo el formato establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se contratará a una empresa autorizada para el retiro y disposición de los residuos.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		2. Entre las medidas de mitigación propuestas se contempla el enriquecimiento de las áreas verdes y de los claros existentes dentro de las superficies que conservarán su cobertura natural, mediante la incorporación de especies características de la selva mediana subperennifolia, provenientes de las actividades de rescate. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase. En virtud de lo anterior, se prevé que el uso de agroquímicos será mínimo; no obstante, en caso de requerirse, se utilizarán exclusivamente productos autorizados por la CICOPLAFEST, atendiendo las especificaciones y medidas de manejo correspondientes. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	Este criterio no es aplicable. El proyecto no se ubica dentro de un ANP.
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	Las obras que se pretenden no afectan ninguna zona con vegetación acuática sumergida.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	No se propone la construcción de infraestructura costera, por lo que este criterio no es aplicable.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	Por su naturaleza, estos criterios no son vinculantes con el proyecto que nos ocupa, y en su caso, son competencia de las autoridades.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean	Por su naturaleza, este criterio no es vinculante con el proyecto que nos ocupa.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	inevitables.	
G065	La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	Este criterio no es aplicable. El proyecto no se ubica dentro de un ANP.

Cuadro II.2. Vinculación con los criterios específicos del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POELMyR, 2012).

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	Entre las medidas de mitigación propuestas se contempla el enriquecimiento de las áreas verdes y de los claros existentes dentro de las superficies que conservarán su cobertura natural, mediante la incorporación de especies características de la selva mediana subperennifolia, provenientes de las actividades de rescate. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase. En virtud de lo anterior, se prevé que el uso de agroquímicos será mínimo; no obstante, en caso de requerirse, se utilizarán exclusivamente productos autorizados por la CICOPLAFEST, atendiendo las especificaciones y medidas de manejo correspondientes.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	
A003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agrícolas y forestales.	
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Se considera que el cumplimiento de este criterio es competencia de las autoridades.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	Se considera que este criterio no aplica durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, sino durante la operación del proyecto.
A007	Promover la constitución de áreas Destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	Se considera que el cumplimiento de este criterio es competencia de las autoridades.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de	El predio San Francisco no colinda con la playa. Se considera que este criterio no es vinculante.

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	conservación.	
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	Se considera que el cumplimiento de este criterio es competencia de las autoridades.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	Se considera que el cumplimiento de estos criterios es competencia de las autoridades.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	El predio San Francisco no colinda con la playa. Se considera que este criterio no es vinculante.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	No se contempla la introducción de especies exóticas invasoras de ninguna índole.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	Estos criterios son competencia de las autoridades y no son vinculantes con el proyecto.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerado 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).	En las áreas de desplante se implementará un Programa de Rescate de Flora de forma previa al inicio de las actividades en el predio, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
A019	Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	Para el proyecto no se prevé la necesidad de elaborar un programa de remediación, toda vez que se implementarán medidas de prevención y mitigación orientadas a evitar la contaminación del sitio durante sus distintas etapas. En consecuencia, este

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		criterio no resulta aplicable al proyecto.
A020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	Por su naturaleza, este criterio no aplica al proyecto.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	Las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto implicarán la utilización de maquinaria y equipo, y el uso de vehículos para el transporte de materiales y personal, que invariablemente emitirán emisiones a la atmósfera, y el uso de aceites y combustibles que pueden representar un riesgo de contaminación al suelo por derrames accidentales. Para disminuir al máximo los impactos que esto puede ocasionar, se utilizará maquinaria y equipo en buenas condiciones mecánicas. Para disminuir al máximo la dispersión de polvos y la suspensión de partículas durante las actividades de construcción, se realizará el riego de las áreas de trabajo.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Este criterio no aplica para el proyecto y la zona en la que se ubica.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación *in situ*, en términos de la legislación aplicable.	Las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto implicarán la utilización de maquinaria y equipo, y el uso de aceites y combustibles que pueden representar un riesgo de contaminación al suelo por derrames accidentales. En este sentido, se utilizará maquinaria y equipo en buenas condiciones mecánicas para disminuir la posibilidad de derrames accidentales.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	Estos criterios no aplican al proyecto que nos ocupa.
A025	Promover la participación de las industrias en	

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	El predio San Francisco no colinda con la playa, por lo que estos criterios no aplican.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	Se considera que este criterio es competencia de las autoridades.
A030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	El predio San Francisco no colinda con la playa, por lo que estos criterios no aplican.
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	Este criterio no es vinculante al proyecto.
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	El predio San Francisco no colinda con la playa, por lo que estos criterios no aplican.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales no se contempla el aprovechamiento de la energía eólica, sin embargo, se contemplan acciones para el ahorro de la energía eléctrica, como pláticas y colocación de letreros alusivos.
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	Se considera que este criterio no aplica

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, sino durante la operación del proyecto.
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	Estos criterios no aplican al proyecto.
A039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	El proyecto no considera la utilización de embarcaciones. Este criterio no es vinculante.
A050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	El cumplimiento de estos criterios compete a las autoridades.
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	
A052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	Estos criterios no aplican al proyecto.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	
A054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	El cumplimiento de estos criterios compete a las autoridades.
A056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	El cumplimiento de estos criterios compete a las autoridades.
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	
A066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	El cumplimiento de este criterio compete a las autoridades.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	El diseño del proyecto implica el mantenimiento de una superficie permeable equivalente al 41.80% del total de la superficie del predio con lo cual se garantizará que la captación del agua pluvial en el sitio continúe sin afectaciones.
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona	Manejo de residuos peligrosos: se

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	costera.	
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	acondicionará un almacén temporal para los residuos peligrosos, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitada con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separada del campamento de personal y de las bodegas de material. Permanecerá cerrada y con acceso restringido a personal autorizado. Contará con contenedores, preferentemente de 200 litros, con tapa, pintados de color rojo, con letreros de identificación del residuo que se almacena, como aceites usados, filtros, estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, solventes y sus envases. Contará con equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Se llevará una bitácora de entrada y salida de los residuos siguiendo el formato establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se contratará a una empresa autorizada para el retiro y disposición de los residuos. Residuos sólidos y de manejo especial: existirá un almacén para el acopio temporal de este tipo de residuos, destinado a su separación, almacenamiento y manejo temporal. Se habilitará como una superficie delimitada, señalizada con base en el código de colores vigente, techada y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato.
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	El cumplimiento de estos criterios compete a las autoridades.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al	

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	
A072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	Se considera que estos criterios son competencia de las autoridades.
A077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	

II.4. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD (POEL) (publicado el 25 de mayo del 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo).

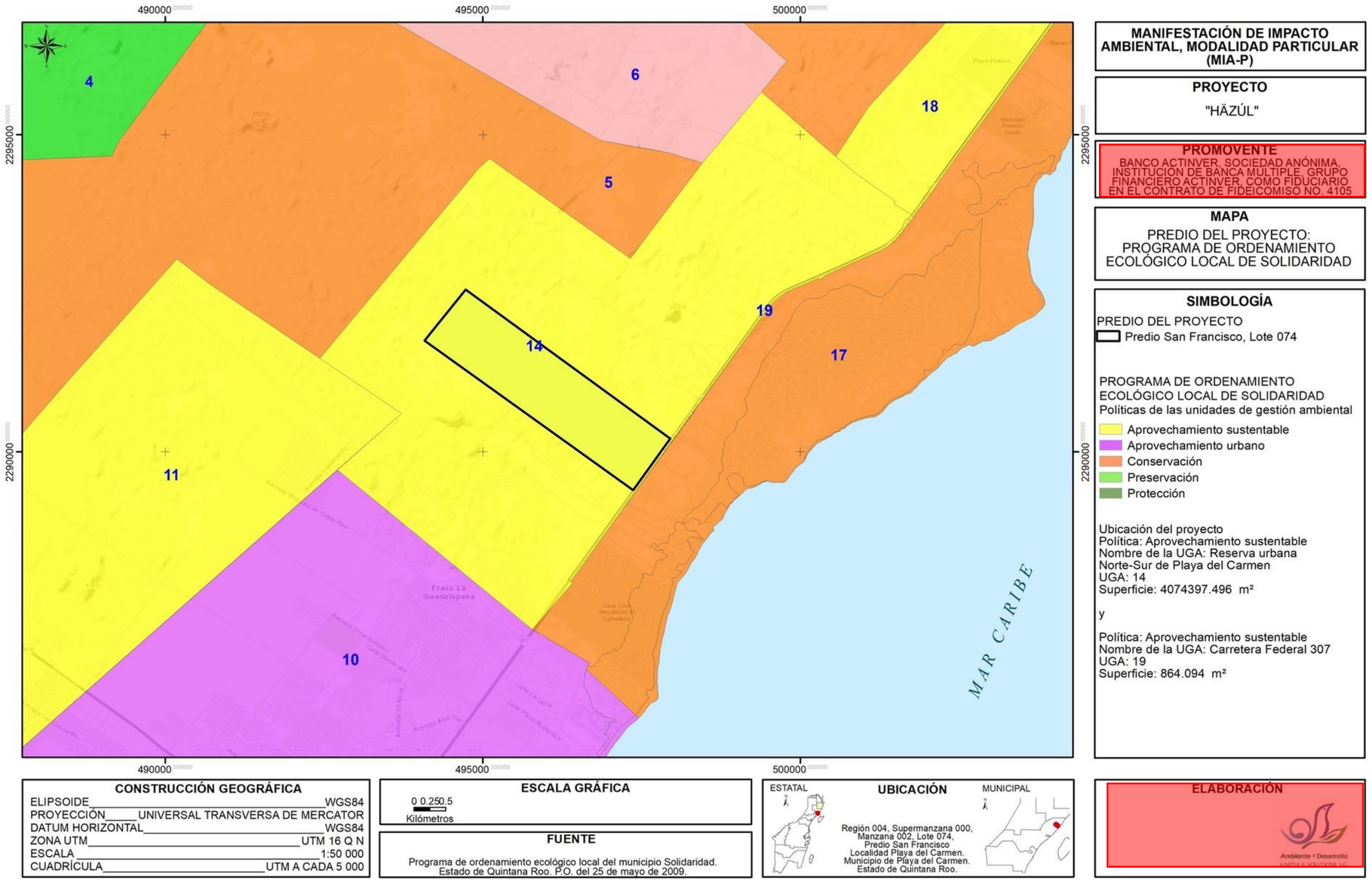
El instrumento de planeación ambiental vigente en la zona donde se pretende ubicar el proyecto es el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL), publicado el 25 de mayo de 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. De acuerdo con dicho Programa, el predio objeto de estudio se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 14, denominada "*Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen*", a la cual se asigna la política ambiental de *Aprovechamiento sustentable* y una vocación de uso del suelo *Urbana*.

En el siguiente cuadro se transcriben la política ambiental, la vocación, los usos del suelo y los criterios de regulación ecológica de carácter específico aplicables a la UGA 14, conforme a la ficha técnica correspondiente del POEL.

Cuadro II.3. Política, vocación de suelo y criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA 14.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL		**14**
NOMBRE	**RESERVA URBANA NORTE-SUR DE PLAYA DEL CARMEN**	
POLÍTICA AMBIENTAL	Aprovechamiento sustentable	
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Urbana	
USOS CONDICIONADOS	Ecoturístico, turístico, industrial, minería, UMA's, deportivo, parque recreativo, comercial, reserva natural, equipamiento	
USOS INCOMPATIBLES	Forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, marina	
CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	**USO**	**CRITERIOS ESPECÍFICOS**
	Ecoturístico	08, 09, 18, 29, 31, 39, 52, 54, 57, 59, 60, 77, 80, 81, 86, 95, 100
	Suburbano	26, 39, 52, 54, 80, 85, 86, 95, 100
	Urbano	23, 24, 116
	Industrial	28, 39, 53, 54, 70, 72, 73, 74, 75, 78, 80, 95, 100, 102, 110
	Minero	10, 28, 39, 42, 43, 44, 52, 54, 58, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 78, 95, 110, 111, 112
	UMA's	04, 07, 09, 16, 29, 46, 50, 51, 52, 54, 77, 80, 82, 86, 100
	Deportivo	06, 09, 13, 25, 37, 39, 49, 50, 53, 54, 59, 61, 68, 75, 80, 85, 86, 94, 95, 100
	Parque recreativo	06, 08, 09, 11, 28, 31, 39, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 64, 68, 69, 80, 85, 86, 95, 100, 102, 108
	Reserva Natural	07, 16, 30, 80, 86, 100
	Comercial	28, 39, 53, 54, 63, 70, 71, 72, 73, 75, 80, 95, 102, 109
	Equipamiento	32, 53, 54, 85, 86

En el Mapa II.2 se muestra la ubicación del predio San Francisco en el POEL y en los Cuadros II.4 y II.5 se presentan los criterios de regulación ecológica de aplicación general (CG) y los criterios de carácter específico (CE) y que corresponden a los usos condicionados de la UGA 14, así como su vinculación con el proyecto.



Mapa II.2. Ubicación del predio dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL 2009).

Cuadro II.4. Vinculación con los criterios generales del POEL.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CG-01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	El proyecto cumple con todas las leyes, reglamentos y normatividad ambiental que le aplica, lo cual se analiza con detalle en el presente Capítulo.
CG-02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	De forma previa a las actividades de desmonte se contempla ejecutar el Programa de Rescate de Flora y Ahuyentamiento y/o Rescate de Fauna adjunto como **ANEXO 9**.
CG-03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	De forma previa a las actividades de desmonte se contempla ejecutar el Programa de Rescate de Flora y Ahuyentamiento y/o Rescate de Fauna adjunto como **ANEXO 9**.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CG-04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	Entre las medidas de mitigación propuestas se contempla el enriquecimiento de las áreas verdes y de los claros existentes dentro de las superficies que conservarán su cobertura natural, mediante la incorporación de especies características de la selva mediana subperennifolia, provenientes de las actividades de rescate. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase. Es probable que una parte de las plantas obtenidas sean solicitadas por Dirección de Ecología del H. Ayuntamiento de Solidaridad para ser utilizadas en los programas de reforestación municipales. Además en las áreas verdes podrían utilizarse especies exóticas no invasoras, manteniendo una proporción de 30:70 (exóticas : nativas).
CG-05	Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	El paisaje del sistema ambiental donde se encuentra inmerso el predio, se concibe como un espacio geográfico de creciente antropización, combinado con elementos naturales, principalmente selva mediana subperennifolia, mientras que la infraestructura carretera, las áreas urbanizadas, los caminos y las actividades productivas generan elementos de fragmentación. Dentro de este escenario la infraestructura planteada, que utiliza áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria, favorece la continuidad y conectividad de las áreas verdes dentro del predio. Cabe señalar que el diseño de HAZUL, que constituye un desarrollo inmobiliario - comercial, corresponde a la Zonificación y Usos de Suelo publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
		septiembre del 2023.
CG-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	Se cumplirá con este criterio. Todo el producto vegetal obtenido del desmonte será triturado y se utilizará en actividades de acondicionamiento de las áreas verdes o de enriquecimiento de las áreas con vegetación natural.
CG-07	Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, motivo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se llevarán a cabo las siguientes acciones: 1. Se usarán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, distribuidos entre los frentes de trabajo activos, ubicados en sitios con sombra y de fácil acceso para el personal durante su jornada. Estos sanitarios serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, frecuencia que podrá ser con más periodicidad, cada dos días o incluso diaria, con base en las necesidades específicas que se presenten. 2. Se instalará un contenedor hermético, tipo *rotoplas*, de al menos 10 m^3, que recibirá las aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios y las regaderas del campamento y de la cocina. El

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
		volumen estimado a recibirse se sitúa en el orden de 4 a 6 m³ por día para la plantilla de personal prevista, cifra que variará conforme al número de personas laborando y a la proporción de personal alojado en el campamento. Se contratarán los servicios de un prestador de servicios autorizado que retirará las aguas residuales cuando el contenedor se encuentre a ¾ de su capacidad total, para eliminar totalmente la posibilidad de rebosamiento.
CG-08	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	La presente MIA se integra con el objetivo de obtener la autorización de impacto ambiental para llevar a cabo las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, fase en la que no se realiza la instalación de la infraestructura para el drenaje sanitario ni pluvial, sin embargo llegado el momento se cumplirá estrictamente este criterio.
CG-09	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	La presente MIA se integra con el objetivo de obtener la autorización de impacto ambiental para llevar a cabo las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, fase en la que no se realiza la instalación de la infraestructura para el drenaje pluvial ni la perforación de pozos de absorción, sin embargo llegado el momento se cumplirá estrictamente este criterio.
CG-10	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	Todos los materiales que sea necesario utilizar serán adquiridos en sitios autorizados.
CG-11	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de	Entre las medidas de mitigación propuestas se contempla el

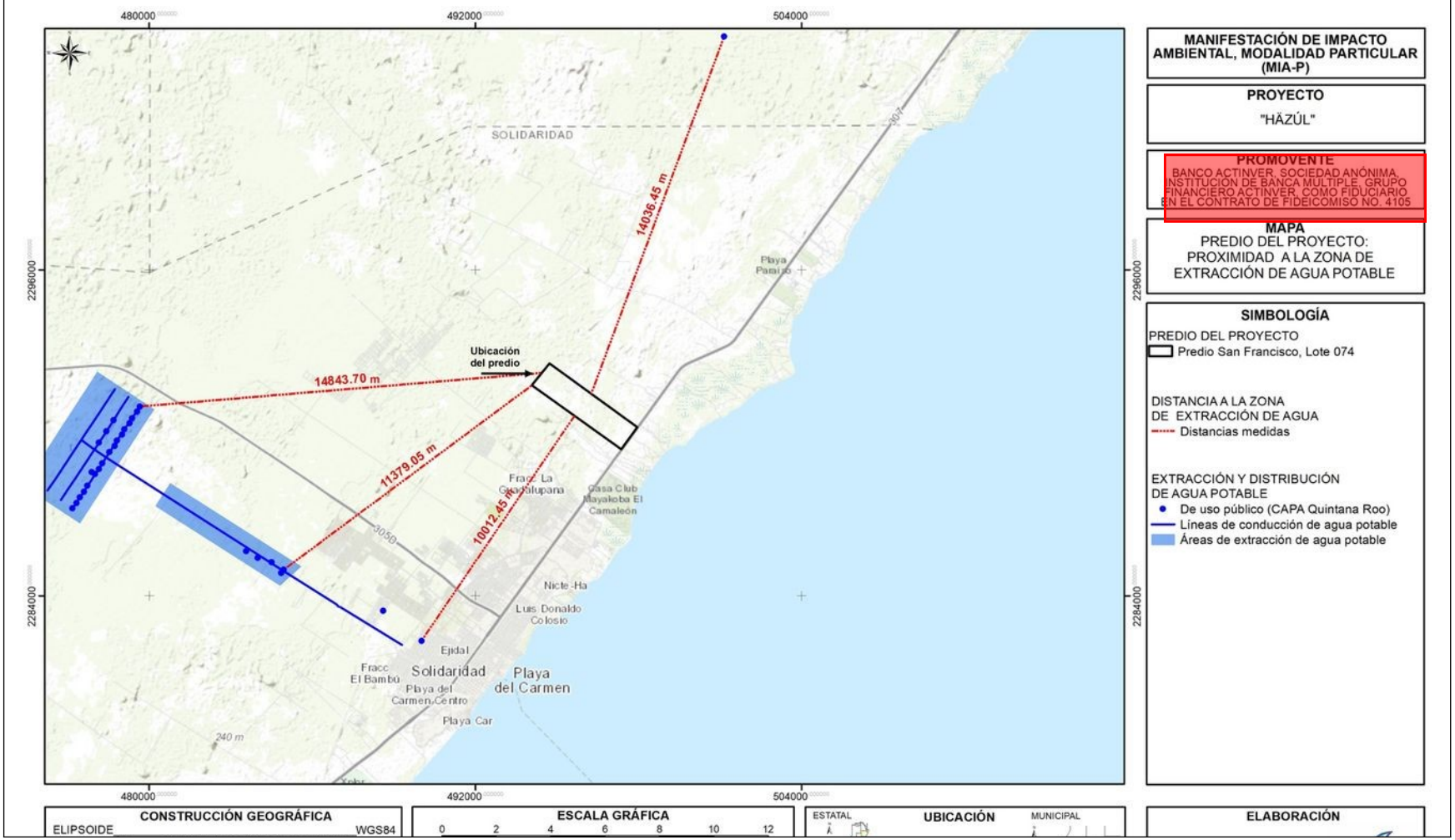
CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
	sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	enriquecimiento de las áreas verdes y de los claros existentes dentro de las superficies que conservarán su cobertura natural, mediante la incorporación de especies características de la selva mediana subperennifolia, provenientes de las actividades de rescate. Dichas actividades se realizarán conforme se avance en la intervención de las áreas de CUSTF de cada fase. Es probable que una parte de las plantas obtenidas sean solicitadas por Dirección de Ecología del H. Ayuntamiento de Solidaridad para ser utilizadas en los programas de reforestación municipales. En virtud de lo anterior, se prevé que el uso de agroquímicos será mínimo; no obstante, en caso de requerirse, se utilizarán exclusivamente productos autorizados por la CICOPLAFEST, atendiendo las especificaciones y medidas de manejo correspondientes.
CG-12	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	El predio San Francisco se ubica dentro del centro de población y está regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. El diseño de HAZUL corresponde a la Zonificación y Uso de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado “San Francisco”, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CG-13	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	Los residuos derivados de las actividades serán dispuestos en un sitio destinado a su almacenamiento temporal dentro del predio, donde serán separados de acuerdo a su naturaleza. Todos los residuos serán retirados por un recolector inscrito en el Padrón Estatal de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente.
CG-14	Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.	Se cumplirá estrictamente este criterio. No se contempla la introducción de especie de flora invasoras ni de fauna silvestre o exótica.
CG-15	Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	El proyecto HAZUL se propone en un predio regulado por el Programa de Desarrollo Urbano, para el cual asigna únicamente el 1.6% de superficie con vegetación en estado natural. En este contexto el CUSTF que se solicita no es compatible con la preservación de las poblaciones de fauna en general. No obstante, su ahuyentamiento y en su caso la reubicación son acciones preventivas y de mitigación previstas para el desarrollo del proyecto. De acuerdo con los resultados de las caracterizaciones de flora y fauna, el predio no alberga especies exclusivas del mismo, todas se encuentran representadas en el Sistema Ambiental y por lo tanto en la Región Ecológica donde se encuentra.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CG-16	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	El campamento de construcción se integrará con campers dormitorio y/o estructuras temporales de madera, garantizando en todo momento una adecuada ventilación e iluminación, e incluirá regaderas, servicios sanitarios y área de lavado de ropa. El conjunto se dotará de suministro de agua y energía eléctrica. Durante el inicio del CUSTF de la Etapa A los sanitarios del campamento serán sanitarios portátiles a razón de 1 cada 10 trabajadores, ubicados en un sitio techado. Posteriormente, mientras se desarrolla el CUSTF de esta etapa, dichos sanitarios serán sustituidos por baños con módulos de WC, conectados a un contenedor hermético donde se mantendrán las aguas residuales hasta su retiro por una empresa autorizada. Se gestionará la autorización del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y el Plan de Contingencias ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMA).
CG-17	El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM- 015-SEMARNAP/SAGAR-1997.	No se hará uso del fuego en ningún momento.
CG-18	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, DatumWGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.	El predio San Francisco se ubica dentro del centro de población y está regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. El diseño de HAZUL corresponde a la *Zonificación y Uso de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco"*, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
		2023.
CG-19	Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.	Al sitio se accede a través de las vialidades ya acondicionadas por lo que no se requiere la apertura de nuevas vialidades.
CG-20	El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.	El predio se ubica a más de 10,000 metros de la zona de pozos de extracción, tal como se observa en el siguiente mapa.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN



CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CG-21	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	Durante las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales se requerirá de combustibles y sustancias tales como diesel, gasolina y aceites, los cuales serán utilizados para la operación de la maquinaria y equipos. al proyecto. Se acondicionará un almacén temporal de sustancias peligrosas, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separado del campamento de personal y de las bodegas de material, contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Permanecerá cerrado y con acceso restringido a personal autorizado. Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor que requieren disponibilidad inmediata, se dispondrá de un tanque nodriza portátil de doble pared, con capacidad de entre 1,000 y 2,000 litros, que será rellenado por un auto-tanque (descrito en el párrafo que precede)y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames. Adicionalmente este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria. El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), contratado con un proveedor autorizado, que realizará entregas programadas conforme al consumo estimado

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
		(Cuadro II.3) y despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y con charolas y tapetes de contención. Esta modalidad evitará el almacenamiento de grandes volúmenes de hidrocarburos en el predio y reducirá la infraestructura y los trámites asociados a un tanque fijo de gran capacidad. Así también se acondicionará un almacén de residuos peligrosos, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separado del campamento de personal y de las bodegas de material. Permanecerá cerrado y con acceso restringido a personal autorizado. Contará con contenedores, preferentemente de 200 litros, con tapa, pintados de color rojo, con letreros de identificación del residuo que se almacena, como aceites usados, filtros, estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, solventes y sus envases. Contará con equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Se llevará una bitácora de entrada y salida de los residuos siguiendo el formato establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se contratará a una empresa autorizada para el retiro y disposición de los residuos.
CG-22	El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección	No se utilizarán explosivos en ninguna etapa del proyecto.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
	civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.	
CG-23	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	Se acondicionará un almacén de residuos peligrosos, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Se ubicará separado del campamento de personal y de las bodegas de material. Permanecerá cerrado y con acceso restringido a personal autorizado. Contará con contenedores, preferentemente de 200 litros, con tapa, pintados de color rojo, con letreros de identificación del residuo que se almacena, como aceites usados, filtros, estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, solventes y sus envases. Contará con equipo contra incendio y *kit* antiderrames. Se llevará una bitácora de entrada y salida de los residuos siguiendo el formato establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se contratará a una empresa autorizada para el retiro y disposición de los residuos
CG-24	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.	De acuerdo a la definición establecida, la ubicación del predio San Francisco se ubica se considera zona continental.
CG-25	La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas	El área de aprovechamiento y parámetros urbanos aplicables a HAZUL se encuentran establecidos en la autorización de *Zonificación y Uso de Suelo referente a la*

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
	sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto. Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto. Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	*acción urbanística del predio denominado "San Francisco"*, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023.
CG-26	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	No existen vestigios arqueológicos en el predio.
CG-27	Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de	No aplica este criterio ya que no se realizará obra ni infraestructura de interés público.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
	uso del suelo de terrenos forestales.	
CG-28	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	No se pretende el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos.
CG-29	Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	Se cumplirá estrictamente este criterio.
CG-30	Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.	Se cumplirá con este criterio. Se ofrecerán pláticas de educación ambiental a los trabajadores y se colocarán letreros relativos a la protección de los recursos naturales del sitio, incluyendo la flora y fauna nativas.
CG-31	En caso que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.	No se proyectan obras sobre cavernas secas o inundadas.
CG-32	En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	En el predio no existe vegetación de manglar.
CG 33	Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios	No se contemplan actividades al interior de cenotes o cavernas.
CG 34	Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.	No se pretende llevar a cabo estas actividades. Se efectuará el correcto manejo de las aguas residuales generadas durante el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
CG-35	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de	Se cumplirá este criterio. Entre las autorizaciones previstas

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
	Residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	para obtener se encuentran las relativas al manejo de los residuos sólidos que emite la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo (SEMA).
CG-36	En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.	El predio San Francisco se ubica dentro del centro de población y está regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. El diseño de HAZUL corresponde a la *Zonificación y Uso de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco"*, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023.

Cuadro II.5. Vinculación con los criterios específicos del POEL, Uso Urbano.

CRITERIO	TEXTO DEL CRITERIO	VINCULACIÓN
CE-23	Se permite el uso urbano con una densidad bruta de hasta 40 viviendas por hectárea, de conformidad con la normatividad aplicable en la materia.	El diseño de HAZUL corresponde a la *Zonificación y Uso de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco"*, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 26 de septiembre del 2023.
CE-24	La incorporación como nuevas áreas urbanas a los centros de población estará sujeta a la elaboración de los instrumentos de planeación urbana establecidos en la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo.	
CE-116	La superficie máxima de aprovechamiento para el uso urbano no podrá exceder de los límites establecidos en la ley de fraccionamientos del estado de Quintana Roo, en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	

II.5. PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD (Publicado el 20 de diciembre del 2010 en el Periódico Oficial del Estado**).**

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad (2010) el predio San Francisco se ubica en los usos de suelo con clave HC4 y HC5, que corresponden a Habitacional Campestre con posibilidad de 30 viv/ha y Habitacional Campestre con 40 viv/ha, respectivamente (Mapa II.3).

Sin embargo, se realizó la Relocalización de los Usos de Suelo aplicables al predio (Mapa II.4) a través de la presentación de un Estudio de Impacto Territorial promovido por Arquitectoma Playa S.A. de C.V., para el desarrollo del proyecto HAZUL. El resultado de dicha relocalización fue la Zonificación y Usos de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco", autorizada por la *Secretaría de Ordenamiento Territorial* y su *Dirección de Desarrollo Urbano y Fisonomía* del Municipio de Solidaridad.

Dicha Zonificación y Usos de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco" se encuentra publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (POEQRoo), Número 153 Extraordinario, Tomo III, Décima Época, Página 289, con fecha 26 de septiembre de 2023 (Integrado en el USB adjunto).

Con base en ello y tal como se establece en el POEQRoo, en el Cuadro II.6 se indican las superficies, usos de suelo y parámetros urbanos autorizados para el proyecto.

El diseño de HAZUL cumple estrictamente con lo publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. Es por lo anterior que la Manifestación de Impacto Ambiental que se integra tiene como objetivo obtener la autorización en materia de impacto ambiental por las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el proyecto HAZUL, por lo que la misma se centra en la superficie de vegetación que deberá ser removida y que corresponde a 251.1051 ha (2,511,051.445 m²) de vegetación de selva mediana subperennifolia en estado de regeneración.

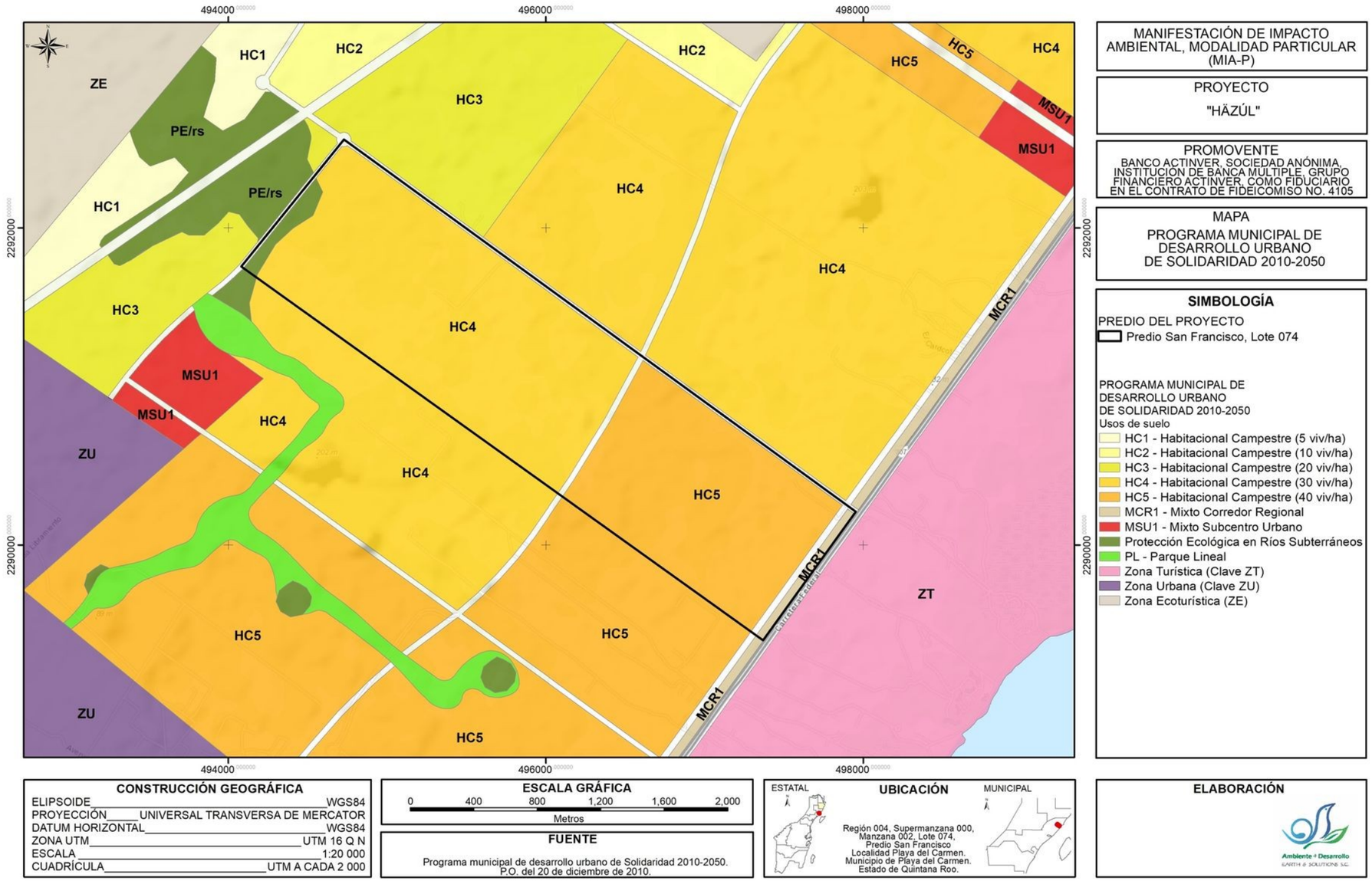
Cuadro II.6. Tabla publicada en el POEQRoo, con fecha 26 de septiembre de 2023.

Figura 30. Tablas de Parámetros propuestos.

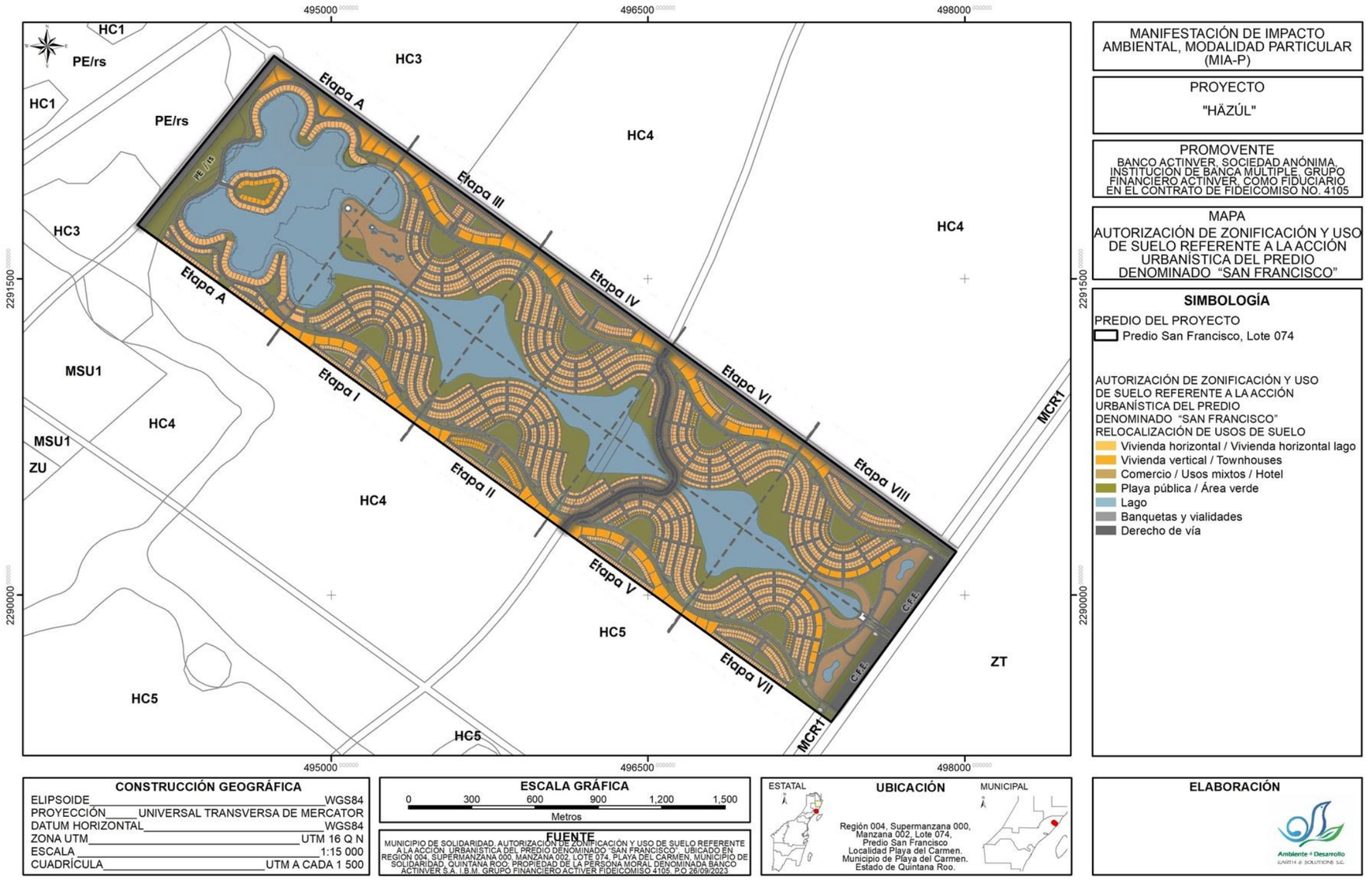
Parámetros Polígono de Actuación SAN FRANCISCO.

ZONAS		CLAVE DE LOTE		SUP.	VIV.	C.O.S. VIVIENDA		C.U.S. VIVIENDA		LOTE	ALTURAS		C.M.S. TOTAL		CAV	
						SUP.	COEF.	SUP.	COEF.	SUP.	NIV.	MTS.	SUP.	COEF.	SUP.	COEF.
HABITACIONAL CAMPESTRE	DENSIDAD BAJA	HC4	VIV HORIZONTAL	818,734.29	3,199	368,430.43	0.45	921,076.08	1.125	250.00	3	10.00	532,177.29	0.65	286,557.00	0.35
			VIV HORIZONTAL LAGO	186,743.79	435	84,034.71	0.45	233,429.74	1.25	300.00	3	10.00	121,383.46	0.65	65,360.33	0.35
				1,005,478.08	**3,634**	**452,465.14**	-	**1,154,505.81**	-		-		**653,560.75**	-	**351,917.33**	-
	DENSIDAD MEDIA	HC5	VIV VERTICAL	230,399.52	3,111	87,639.83	0.35	525,838.99	2.10	1,000.00	6	24.00	150,239.71	0.60	100,159.81	0.40
			TOWNN HOUSES	78,976.95	928	55,283.87	0.70	165,851.60	2.10	200.00	3	12.00	59,232.71	0.75	19,744.24	0.25
				329,376.47	**4,039**	**142,923.70**	-	**691,690.56**	-		-	-	**207,472.42**	-	**119,904.05**	-
ZONA COMERCIAL Y DE SERVICIOS	CORREDOR REGIONAL MIXTO	MCR1	COMERCIO	25,142.02	0	12,571.01	0.50	25,142.02	1	350.00	2	8.00	17,599.41	0.70	7,542.61	0.30
			USOS MIXTOS	77,261.00	619	38,630.50	0.50	231,783.00	3	1,000.00	6	24.00	54,082.70	0.70	23,178.30	0.30
			HOTEL	69,950.00	280	24,482.50	0.35	73,447.50	1.05	1,000.00	3	12.00	41,970.00	0.60	27,980.00	0.40
				172,353.02	**899**	**75,684.01**	-	**330,372.52**	-	-	-	-	**113,652.11**	-	**58,700.91**	-
CUERPOS DE AGUA	CANTERA	L	LAGOS	**908,217.11**	0	-	-	-	-	-	-	-	908,217.11	1.00	-	-
PRESERVACION	AREAS VERDES	AV	PLAYA PUBLICA	11,020.52	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,020.52	1.00
			AREAS VERDES	719,298.36	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	719,298.36	1.00
				730,318.88	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**730,318.88**	1.00
	ECOLOGICA	PE/rs	PE/rs	**65,023.91**	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIALIDADES	VIALIDADES INTERNAS	V	BANQUETAS Y VIALIDADES	**684,059.13**	-	-	-	-	-	-	-	-	684,059.13	1.00	-	-
AFECTACION	DERECHO DE	VIA	VIA	42,646.86	0	-	-	-	-	-	-	-	42,646.86	1.00	-	-
	RESTRICIONES	VIA	VIALIDADES	98,408.40	0	-	-	-	-	-	-	-	98,408.40	1.00	-	-
	DERECHO DE	CFE	CFE	39,379.73	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				180,434.99	**0**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SUPERFICIES EN METROS CUADRADOS			**4,075,261.59**	**8,572**	**671,072.84**		**2,176,568.92**					**2,710,016.79**		**1,260,841.16**	

Fuente: parámetros propuestos.



Mapa II.3. Ubicación del predio dentro del PDU del Municipio de Solidaridad (2010).



Mapa II.4. Zonificación y Usos de Suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco".

II.6. REGIONES PRIORITARIAS DE LA CONABIO

La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), ha clasificado el territorio del país de acuerdo a la relevancia de la biodiversidad que presenta. Así, cuenta con una clasificación de Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Hidrológicas Prioritarias y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

La CONABIO a través del trabajo multidisciplinario con los sectores académicos, gubernamental, privado, social y de organizaciones no gubernamentales de conservación, identificó, delimitó y caracterizó 70 áreas costeras y oceánicas de la República Mexicana, consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad. De la misma forma, identificó las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares. Esta información se organizó en fichas técnicas para cada área prioritaria identificada, las cuales contienen información general de tipo geográfico, climatológico, geológico, oceanográfico, así como la información biológica, de uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de conservación y uso.

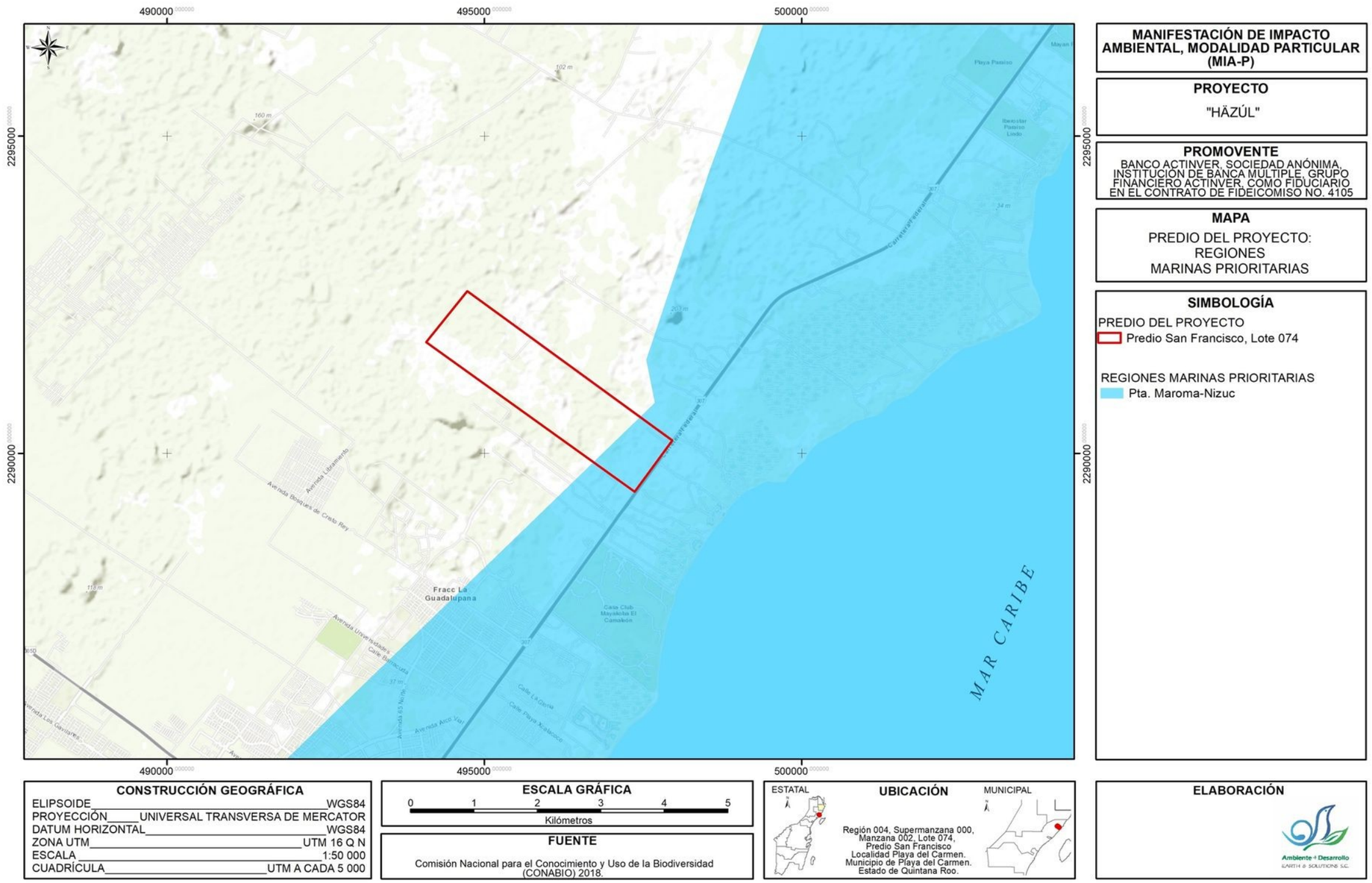
Lo anterior ha permitido obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido. Cabe señalar que esta consideración no es de carácter vinculatorio para la autorización de proyectos o el otorgamiento de permisos ambientales.

Como se aprecia en los Mapas II.5 al II.8, el predio San Francisco se ubica dentro de las siguientes regiones prioritarias:

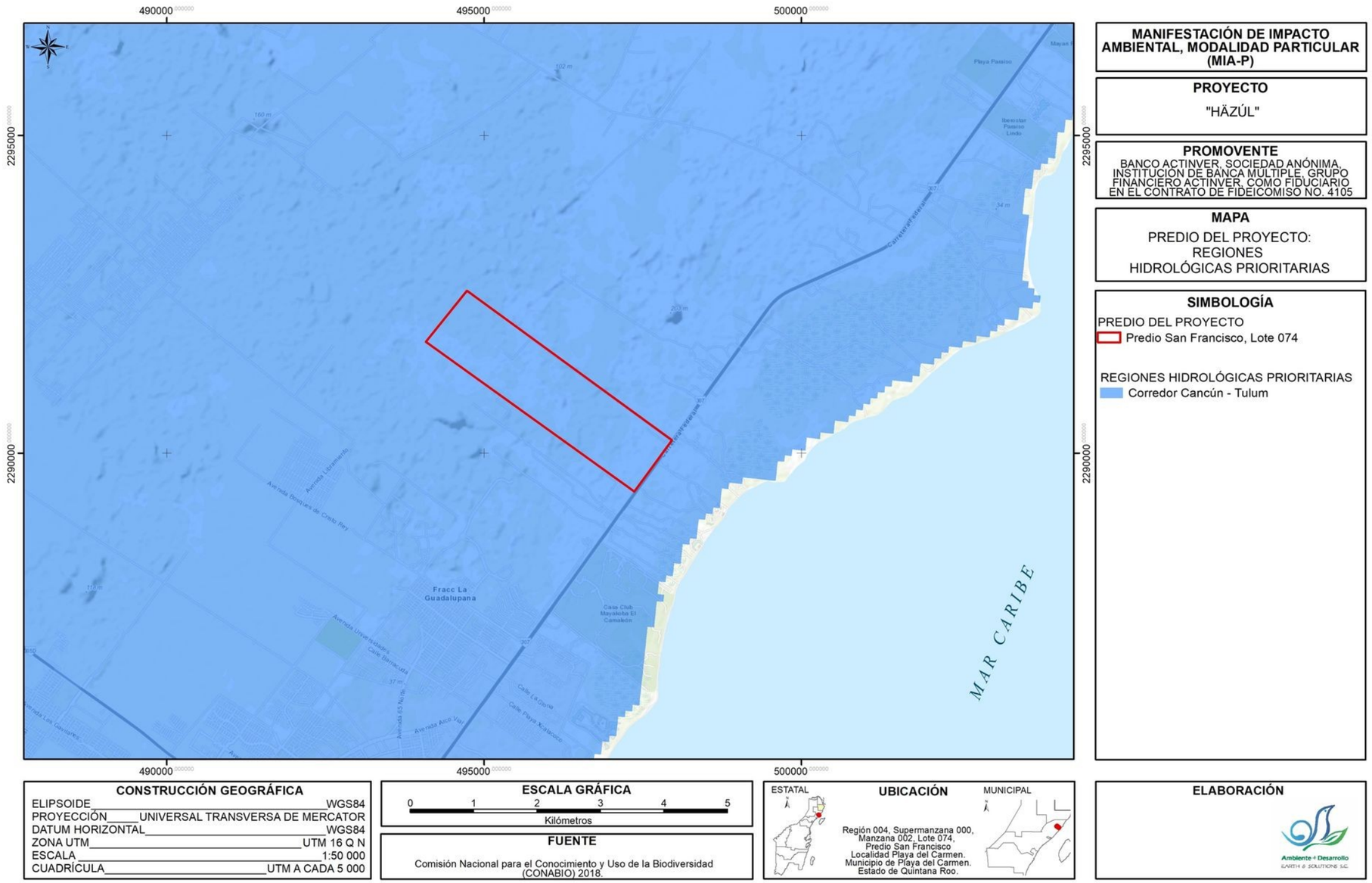
- La Región Marina Prioritaria 63: Punta Maroma – Punta Nizuc,

- La Región Hidrológica Prioritaria 105: Corredor Cancún Tulum

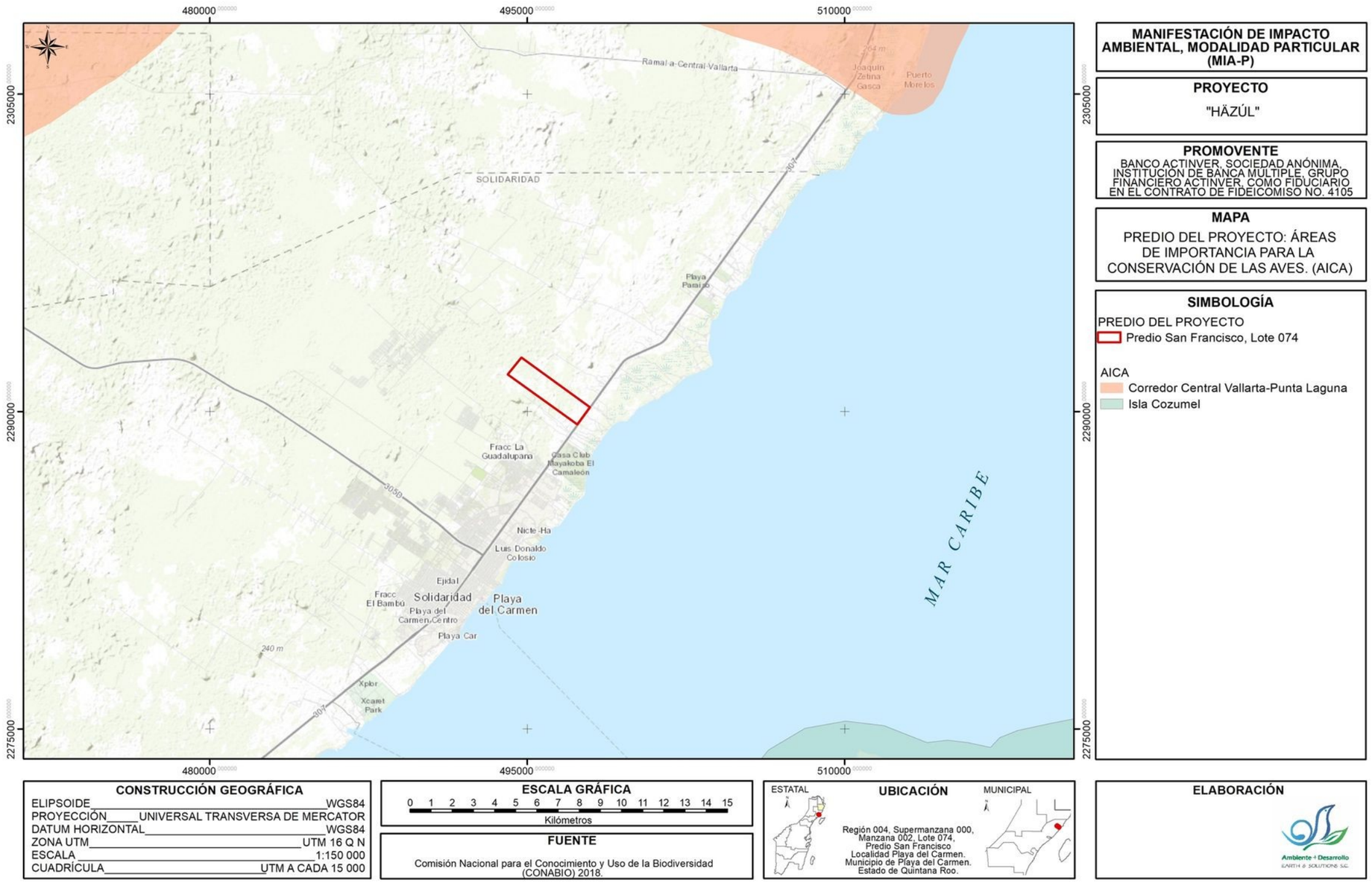
Y no se encuentra dentro de ningún Área de Importancia para la Conservación de la Aves ni dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria.



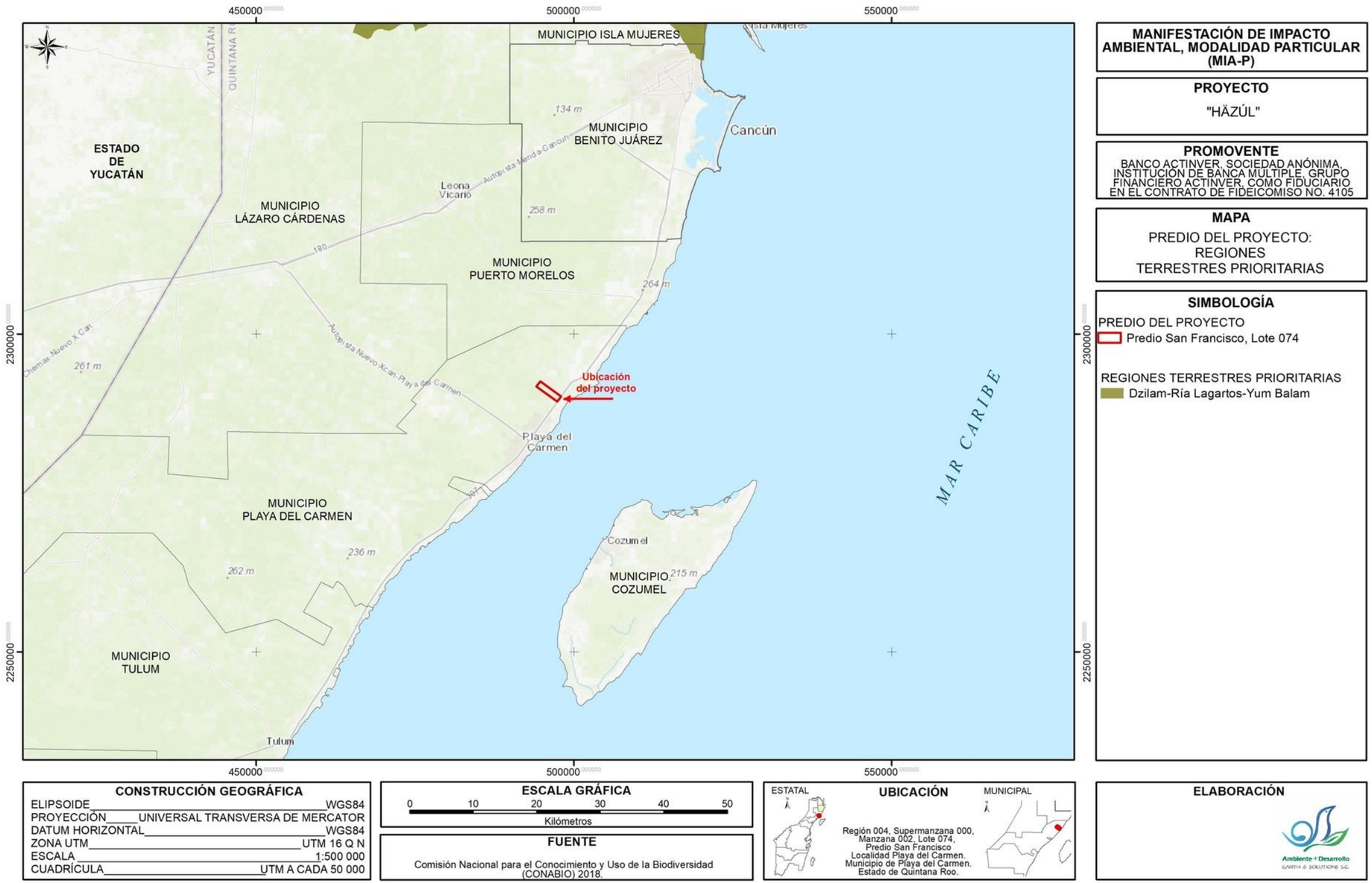
Mapa II.5. Ubicación del predio dentro de las regiones marinas prioritarias.



Mapa II.6. Ubicación del predio dentro de las regiones hidrológicas prioritarias.



Mapa II.7. Ubicación del predio dentro de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS).



Mapa II.8. Ubicación del predio dentro de las regiones terrestres prioritarias.

II.6.1. Región Hidrológica Prioritaria 105: Corredor Cancún – Tulum (www.conabio.gob.mx)

La siguiente es la ficha técnica de la Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún - Tulúm

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 1,715 km^2

Polígono: Latitud 21°10'48" - 20°20'24" N Longitud 87°28'12" - 86°44'24" W

Recursos hídricos principales:

Lénticos: lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales

Lóticos: aguas subterráneas

Limnología básica: ND

Geología/Edafología: suelos tipo Litosol, Rendzina y Zolonchak. Los suelos se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza.

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28 °C. Precipitación total anual 1000-2000 mm.

Principales poblados: Cancún, Playa del Carmen, Pto. Morelos, Tulum, Akumal, Xel-ha.

Actividad económica principal: turismo, forestal y pecuaria.

Indicadores de calidad de agua: ND

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, manglar, sabana, palmar inundable y vegetación de dunas costeras. Diversidad de hábitats: estuarios, humedales, dunas costeras, caletas, cenotes y playas. Flora característica: *Acacia globulifera,* tasiste *Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Atriplex cristata, Bactris balanoidea,* ramón *Brosimum alicastrum*, *Bucida buceras,* chaca *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cameraria latifolia, Capparis flexuosa, C. incana, Coccoloba reflexiflora*, *C. uvifera*, palma nakax *Coccothrinax readii, Cordia sebestena, Crescentia cujete, Curatella americana, Cyperus planifolius, Dalbergia glabra, Eugenia lundellii,* palo de tinte *Haematoxylum campechianum, Hampea trilobata, Hyperbaena winzerlingii, Ipomoea violacea,* chicozapote *Manilkara zapota,* chechén *Metopium brownei, Pouteria campechiana, P. chiricana,* palma *Pseudophoenix sargentii*, mangle rojo *Rhizophora mangle,* palma chit *Thrinax radiata*. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna* y *Terpsinoe musica*. Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; el anfípodo *Tulumella unidens*; el palemónido *Creaseria morleyi;* los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis, Eucyclops agilis, Macrocyclops albidus, Mastigodiaptomus texensis, Mesocyclops edax, Mesocyclops* sp., *Schizopera tobae cubana, Thermocyclops inversus,*

Tropocyclops prasinus mexicanus, T. prasinus s.str.*;* los ostrácodos *Candonocypris serratomarginata, Chlamydotheca mexicana, Cypridopsis niagrensis, C. rhomboidea, Cyprinotus putei, C. symmetricus, Darwinula stevensoni, Eucypris cisternina, E. serratomarginata, Herpetocypris meridiana, Metacypris americana, Stenocypris fontinalis, Strandesia intrepida, S. obtusata*; de peces como los cíclidos *Archocentrus octofasciatus, Cichlasoma friedrichsthali, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Petenia splendida* y *Thorichthys meeki*; los poecílidos *Belonesox belizanus*, *Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia mexicana, P. orri* y *P. petenensis*; la anguila americana *Anguilla rostrata,* el carácido *Astyanax aeneus* y el bagre *Rhamdia guatemalensis*. Endemismos del isópodo *Bahalana mayana*; de los anfípodos *Bahadzia bozanici*, *Mayaweckelia cenoticola*, *Tuluweckelia cernua*; del ostrácodo *Danielopolina mexicana*; del remípedo *Speleonectes tulumensis*; del termosbenáceo *Tulumella unidens,* los cuales habitan en cenotes y cuevas; de los peces *Astyanax altior,* la brótula ciega *Ogilbia pearsei,* la anguila *Ophisternon infernale, Poecilia velifera;* de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata,* el loro yucateco *Amazona xantholora*, que junto con el manatí *Trichechus manatus* se encuentran amenazados por lo reducido y aislado de sus hábitats, por la contaminación y navegación respectivamente. Zona de reproducción de tortugas caguama *Caretta caretta,* blanca *Chelonia mydas,* laúd *Dermochelis coriacea* y el merostomado *Limulus polyphemus*. Todas estas especies amenazadas junto con los reptiles boa *Boa constrictor*, huico rayado *Cnemidophorus cozumela*, garrobo *Ctenosaura similis*, iguana verde *Iguana iguana*, casquito *Kinosternon scorpioides*, mojina *Rhinoclemmys areolata,* jicotea *Trachemys scripta*; las aves loro yucateco *Amazona xantholora*, garceta de alas azules *Anas discors*, carao *Aramus guarauna*, aguililla cangrejera *Buteogallus anthracinus*, hocofaisán *Crax rubra,* el trepatroncos alileonado *Dendrocincla anabatina,* garzita alazana *Egretta rufescens*, halcón palomero *Falco columbarius*, el gavilán zancudo *Geranospiza caerulescens,* el bolsero yucateco *Icterus auratus,* el bolsero cuculado *I. cucullatus*, zopilote rey *Sarcoramphus papa*, golondrina marina *Sterna antillarum, Strix nigrolineata* y los mamíferos mono aullador *Alouatta pigra*, mono araña *Ateles geoffroyi,* grisón *Galictis vittata* y oso hormiguero *Tamandua mexicana.*

Aspectos económicos: pesquerías de caracol y langosta. Cultivo de peces en la laguna de Nichupté. Turismo y ecoturismo. Porcicultura en Pto. Morelos.

Problemática:

- Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.

- Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.

- Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera* y *tasiste*.

II.6.2. Región Marina Prioritaria 63: Punta Maroma – Punta Nizuc (www.conabio.gob.mx)

La siguiente es la ficha correspondiente a la Región Prioritaria Marina 63:

Extensión: 1 005 km^2

Polígono: Latitud. 21°11'24" a 20°32'24"

Longitud. 87°7'48" a 86°40'12"

Clima: cálido subhúmedo con lluvias en otoño. Temperatura media anual 22-26°C. Ocurren tormentas tropicales, huracanes, nortes.

Geología: placa de Norteamérica, rocas sedimentarias, plataforma amplia.

Diversidad de hábitats: arrecifes, lagunas, playas, dunas costeras, estuarios.

Oceanografía: predomina la corriente de Yucatán. Oleaje variable. Aporte de agua dulce por lagunas. Hay giros y contracorriente.

Biodiversidad: moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, esponjas, corales, artrópodos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares, selva baja inundable. Zona de reproducción de tortugas y merostomados.

Aspectos económicos: zona de poca pesca organizada en cooperativas y libres. Se explotan crustáceos y peces. Crianza de peces en la Laguna Nichupté. Turismo de alto impacto, ecoturismo y buceo. Porcicultura en Puerto Morelos, Quintana Roo.

Vinculación con el proyecto.

Durante las actividades de cambio de uso de suelo se llevarán a cabo medidas que permitirán disminuir al máximo o eliminar los posibles impactos que pudieran presentarse en las áreas de importancia ecológica dentro de las que se encuentra:

- previo al desmonte se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de pasar por dicho proceso, priorizando las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- se llevará a cabo el ahuyentamiento y/o rescate de las especies de fauna que puedan encontrarse en las zonas de desmonte.

- no se utilizarán plantas exóticas invasoras, empleando en la reforestación las plantas nativas provenientes del rescate de vegetación y otras exóticas, manteniendo una proporción de 70:30.

- la implementación de acciones de manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos.

- la implementación de acciones de educación ambiental como colocación de letreros y pláticas a los trabajadores.

- estará prohibido el uso del fuego en las actividades de desmonte.

- el desmonte será paulatino, direccionado y se priorizará el desmonte manual.

II.7. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Como se observa en el Mapa II.9, el predio no se ubica dentro de ningún ANP ni colinda con ninguna de estas zonas.

II.8. SITIOS RAMSAR

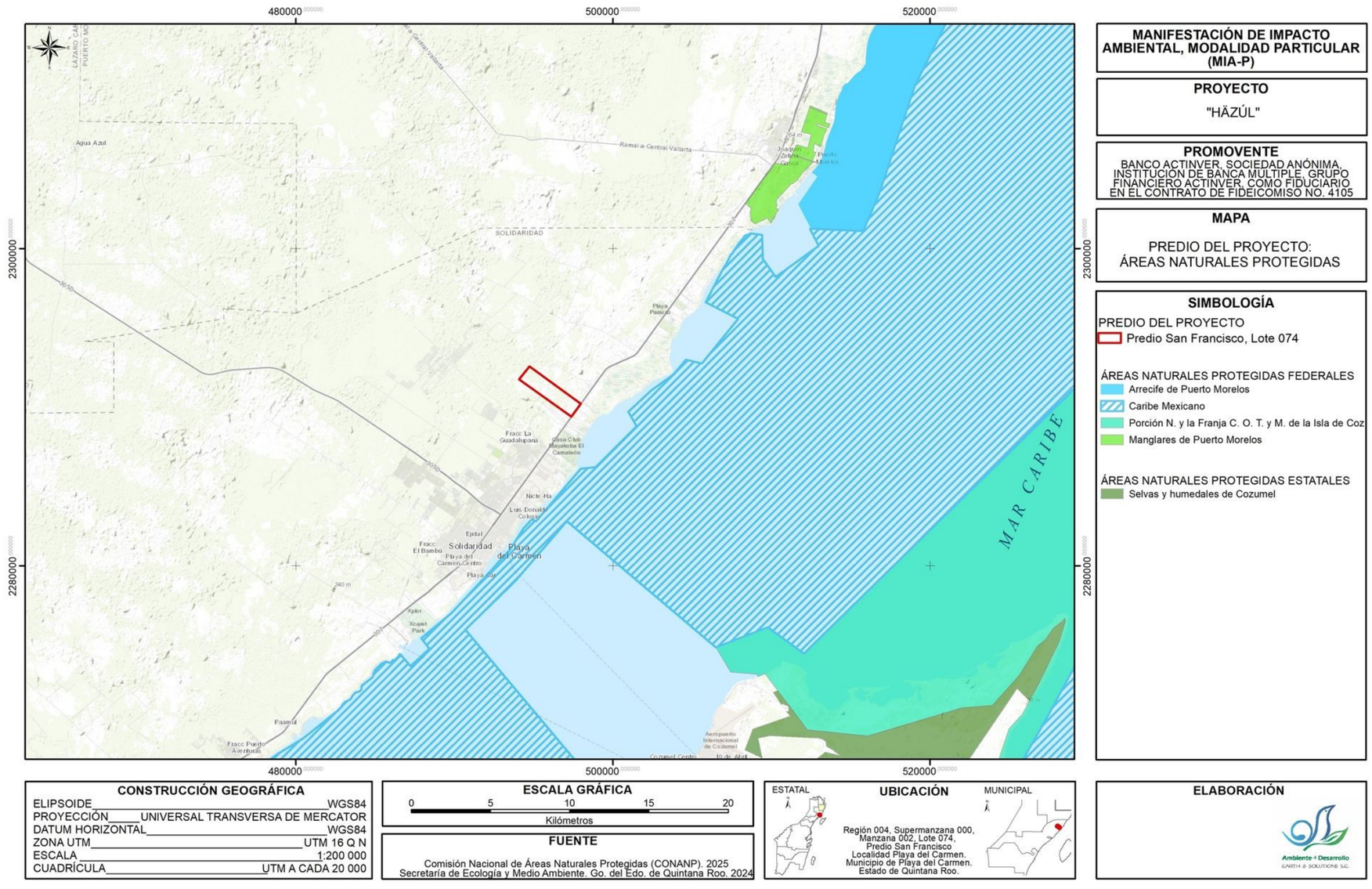
La Convención Ramsar fue firmada en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971, entrando en vigor hasta 1975. En suma, es un tratado multilateral que sirve de marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos para la protección de aves acuáticas, mediante acciones locales, regionales y nacionales, con el apoyo o cooperación internacional.

México ratificó la Convención el 20 de diciembre de 1984, siendo vinculante para el país desde el 4 de julio de 1986. El 4 de noviembre de 1986, México incluyó en la lista, como su primer humedal de importancia internacional, a la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Hoy México cuenta con 112 Sitios Ramsar.

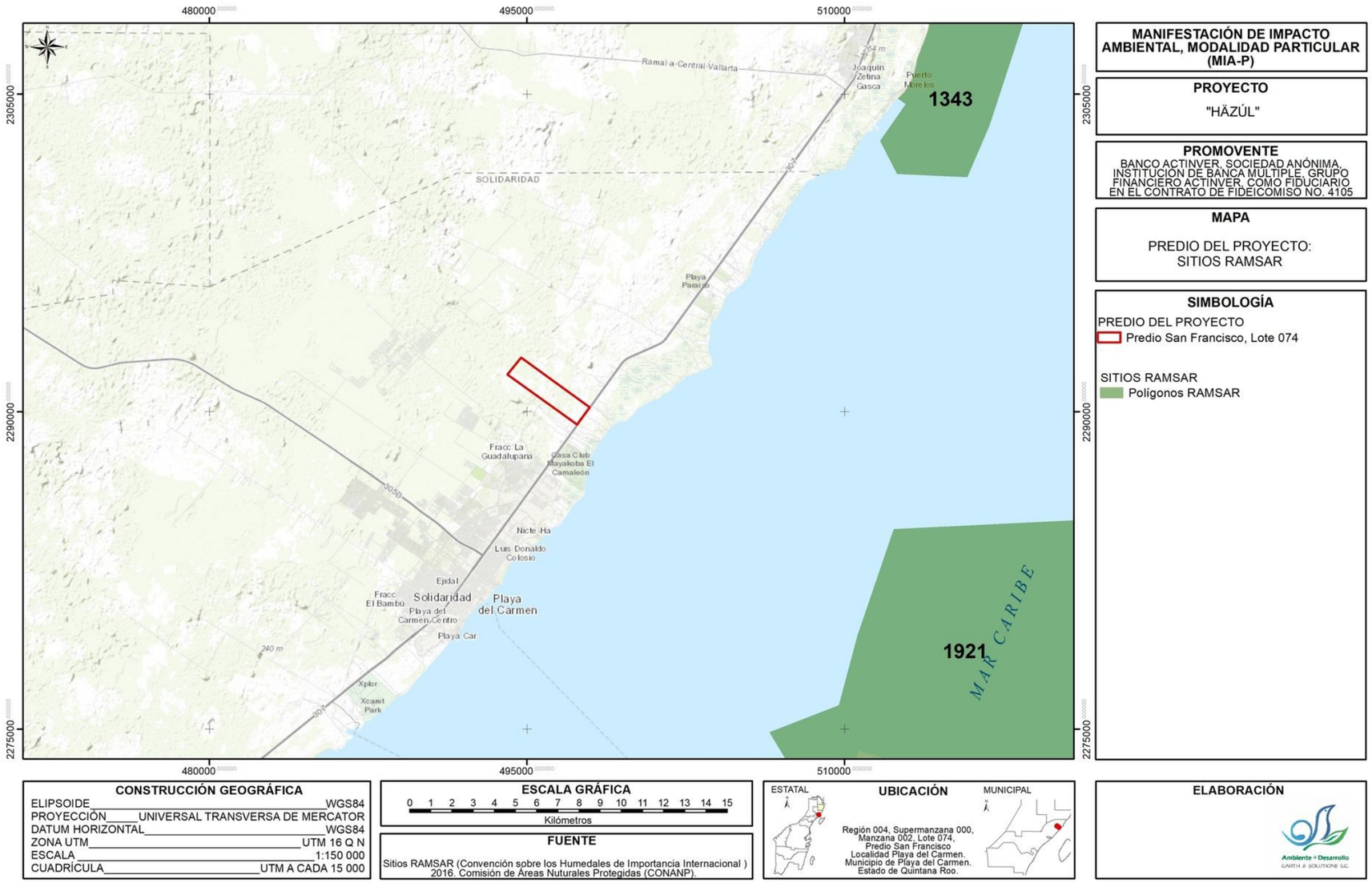
La Convención contiene disposiciones tendientes a la conservación y aprovechamiento sustentable tanto de humedales que hayan sido incluidos en la Lista de sitios o humedales de importancia internacional, como aquellos que no lo han sido.

De manera muy particular, resalta el artículo 3.1 de la Convención Ramsar que obliga a las partes a “elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio.”

Particularmente en Quintana Roo existen 12 sitios incorporados y que corresponden a las claves 1320, 1323, 1329, 1332, 1343, 1351, 1353, 1360, 1364, 1449, 1777 y 1921.En relación a la ubicación del predio con respecto a los sitios RAMSAR, el Mapa II.10 muestra que el predio no se ubica dentro de ninguno de estos ellos.



Mapa II.9. Ubicación del proyecto con respecto de las Áreas Naturales Protegidas.



Mapa II.10. Ubicación del proyecto con respecto de los sitios RAMSAR (Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves).

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

CONTENIDO

III.1. DELIMITACIÓN, DESCRIPCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS....5

III.1.1. Delimitación del sistema ambiental....5

III.1.2. Delimitación del área de influencia....6

III.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL....10

III.2.1. MEDIO ABIÓTICO....10

III.2.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos....10
III.2.1.2. Geología y geomorfología....14
III.2.1.3. Suelos....18
III.2.1.4. Hidrología superficial y subterránea....20

III.2.2. MEDIO BIÓTICO....24

III.2.2.1. Vegetación....24
III.2.2.1.1. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN EL PREDIO....27
III.2.2.1.2. DISEÑO DE MUESTREO Y MÉTODOS DE CAMPO....28
III.2.2.1.2.1. Campaña 2022: inventario del predio (89 sitios)....28
III.2.2.1.2.2. Campaña de muestreo 2026: pareado dentro (AP) y fuera del predio (RE)...30
III.2.2.1.2.3. Justificación técnica del uso de dos campañas de muestreo para caracterizar la vegetación del predio....36
III.2.2.1.3. PARÁMETROS E ÍNDICES CALCULADOS Y MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN 36
III.2.2.1.3.1. Estructura....36
III.2.2.1.3.2. Composición y similitud....36
III.2.2.1.3.3. Diversidad....36
III.2.2.1.3.4. Representatividad del muestreo....37
III.2.2.1.4. RESULTADOS....37
III.2.2.1.4.1. Esfuerzo y representatividad....37
III.2.2.1.4.2. Estructura por estrato....38
III.2.2.1.4.3. Composición florística e IVI....43
III.2.2.1.4.4. Diversidad y comparación estadística....47
III.2.2.1.4.5. Correspondencia con la selva mediana subperennifolia cartografiada por el INEGI....49
III.2.2.1.5. INFORMACIÓN CONFORME AL CAPÍTULO III DE LA GUÍA DE LA MIA....50
III.2.2.1.6. DIAGNÓSTICO Y CONCLUSIONES SOBRE VEGETACIÓN....60
III.2.2.2. Fauna....75
III.2.2.2.1. Caracterización de fauna del sistema ambiental....75
III.2.2.2.2. Caracterización de fauna en el predio San Francisco....84

III.2.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO....105

III.2.3.1. Población....105

III.2.3.2. Vivienda y servicios básicos.....105
III.2.3.3. Educación.....105
III.2.3.4. Salud.....106
III.2.3.5. Empleo y población económicamente activa.....106
III.2.3.6. Infraestructura y servicios.....106
III.2.3.7. Actividades económicas.....106
III.2.3.8. Uso del territorio.....107

III.2.4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro III.1. Distribución de superficies por categoría de uso del suelo y vegetación en la superficie total del predio San Francisco.....27

Cuadro III.2. Esfuerzo de muestreo y representatividad por base de datos.....37

Cuadro III.3. Estructura por hectárea e índices por estrato y base de datos.....38

Cuadro III.4. Diez especies con mayor IVI del estrato arbóreo – Predio (AP 2026).....44

Cuadro III.5. Diez especies con mayor IVI del estrato arbóreo – Región Ecológica (RE 2026).....44

Cuadro III.6. Prueba t de Hutcheson para H′ entre el AP y la RE (2026).....48

Cuadro III.7. Especies potenciales de la selva mediana subperennifolia según la Guía de interpretación de la cartografía de Uso del suelo y vegetación Serie VII (INEGI, 2021) y su registro en los muestreos del proyecto.....49

Cuadro III.8. Resumen y metodología de muestreos en la vegetación.....50

Cuadro III.9. Especies de flora identificadas en campo incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación del Anexo Normativo III (2019): registros dasométricos y registros visuales.....51

Cuadro III.10. Densidad de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en el predio y estimación de individuos en la superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF: 2,511,051.445 m² = 251.1051 ha).....54

Cuadro III.11. Individuos a remover por especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en los estratos arbóreo y arbustivo, dentro de la superficie de CUSTF (251.1051 ha).....55

Cuadro III.12. Índices de diversidad biológica – componente flora (comunidad total).....60

Cuadro A1. Listado florístico – Predio, base de 89 sitios (2022): 143 especies.....61

Cuadro A2. Listado florístico – Predio, base AP (2026): 125 especies.....67

Cuadro A3. Listado florístico – Región Ecológica, base RE (2026): 144 especies.....70

Cuadro III.13. Diversidad faunística reportada para el Estado de Quintana Roo.....75

Cuadro III.14. Número de especies que se encuentran bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.....76

Cuadro III.15. Número de especies residentes, visitantes, migratorias y pasajeras.....76

Cuadro III.16. Abundancia relativa de anfibios por especies.....78

Cuadro III.17. Abundancia relativa de reptiles por especies.....78

Cuadro III.18. Abundancia de aves por especies.....79

Cuadro III.19. Abundancia de mamíferos por especies.....83

Cuadro III.20. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad por taxa.....84
Cuadro III.21. Coordenadas del transecto para muestreo de herpetofauna.....91
Cuadro III.22. Coordenadas de los puntos de conteo de aves en el área de estudio.....93
Cuadro III.23. Coordenadas del transecto para muestreo de los mamíferos terrestres.....96
Cuadro III.24. Ubicación de las cámaras trampa en el área de estudio.....98
Cuadro III.25. Especies de anfibios registradas en el área de estudio.....98
Cuadro III.26. Especies de reptiles registradas en el área de estudio.....98
Cuadro III.27. Especies del grupo de aves registradas en el predio.....99
Cuadro III.28. Especies de mamíferos terrestres registradas en el área de estudio.....100
Cuadro III.29. Listado de especies de fauna silvestre incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 102

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa III.1. Sistema Ambiental delimitado para HAZUL.....8
Mapa III.2. Área de Influencia delimitada para HAZUL.....9
Mapa III.3. Clima en el sistema ambiental definido.....12
Mapa III.4. Geología en el SA del proyecto.....16
Mapa III.5. Geomorfología en el SA del proyecto.....17
Mapa III.6. Tipos de suelo en el SA del proyecto.....19
Mapa III.7. Hidrología superficial en el SA del proyecto.....22
Mapa III.8. Hidrología subterránea en el SA del proyecto.....23
Mapa III.9. Sistema Ambiental: clasificación de la vegetación según el INEGI (Serie VII).....25
Mapa III.10. Predio del proyecto: tipos de vegetación según el INEGI (Serie VII).....26
Mapa III.11. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2022 (89 sitios). 29
Mapa III.12. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2026 (35 sitios, base AP).....34
Mapa III.13. Sistema Ambiental: sitios de muestreo de vegetación fuera del predio (35 sitios, base RE).....35
Mapa III.14. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2022 (89 sitios) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....57
Mapa III.15. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2026 (35 sitios, base AP) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....58
Mapa III.16. Sistema Ambiental: sitios de muestreo de vegetación (35 sitios, base RE) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. Curvas de rarefacción y extrapolación (q = 0) de las tres bases de datos, con la cobertura de muestreo (C) en el punto observado.....38

Figura III.2. Densidad y área basal por estrato.....42

Figura III.3. Distribución de la densidad por clases diamétricas y por clases de altura del estrato arbóreo.....42

Figura III.4. Familias con mayor riqueza específica por base de datos.....45

Figura III.5. Componentes del Índice de Valor de Importancia de las diez especies principales del estrato arbóreo.....46

Figura III.6. Curvas rango-abundancia del estrato arbóreo del AP y la RE (2026).....48

Figura III.7. Observaciones de Beaucarnea pliabilis en el estado de Quintana Roo. Fuente: iNaturalist México (NaturalistaMX, naturalista.mx); consulta: agosto de 2026.....53

Figura III.8. Observaciones de Handroanthus chrysanthus en el estado de Quintana Roo. Fuente: iNaturalist México (NaturalistaMX, naturalista.mx); consulta: agosto de 2026.....53

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen III.1. Marcha anual de la temperatura (°C) y precipitación (mm) en la estación climatológica Playa del Carmen, Municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.....10

Imagen III.2. Mapa de peligros por incidencia de ciclones elaborado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Fuente: CENAPRED, 2001.....13

Imagen III.3. Identificación de la zona de estudio de fauna del sitio.....85

Imágenes III.4 y III.5. Método de búsqueda intensiva de anfibios y reptiles en el predio de estudio. 88

Imágenes III.6 a III.13. Anfibios y reptiles registrados en el predio San Francisco.....89

Imagen III.14. Ubicación del muestreo de herpetofauna.....90

Imágenes III.15 y III.16. Método de observación y registro de avifauna en el área de estudio.....92

Imágenes III.17 a III.22. Aves registradas en el predio San Francisco.....93

Imagen III.23. Puntos de muestreo para aves en el predio del proyecto.....93

Imágenes III.24 y III.25. Registro de evidencias de mamíferos observados durante los transectos en el predio.....95

Imagen III.26. Ubicación de los transectos para muestreo de mamíferos terrestres.....96

Imágenes III.27 y III.28. Colocación de las cámaras trampa.....97

Imagen III.29. Ubicación de las cámaras trampa y transecto para muestreo de mamíferos.....97

Imagen III.30. Proporción de especies registradas por categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. 101

Imagen III.31. Porcentaje de especies por grupo faunístico incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....101

III.1. DELIMITACIÓN, DESCRIPCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS

El Artículo 3 Fracción XXXI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define *Región Ecológica* como la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.

El predio donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica en el Municipio de Playa del Carmen, a 9 km de la Ciudad de Playa del Carmen y adyacente a la Carretera Federal 307, en una zona que paulatinamente se está integrando a la zona urbana.

Si se utiliza la regionalización ecológica asociada al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado el 7 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación[1], la ubicación del predio corresponde a la Región Ecológica 17.33, integrada por la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 62: "Karst de Yucatán y Quintana Roo". Esta unidad cuenta con una superficie de 59,542.35 km² y comprende el oeste, centro, norte y este de Yucatán, y el centro, norte y noreste de Quintana Roo. Se caracteriza por el predominio de materiales calcáreos, relieve kárstico, alta permeabilidad, predominio de flujos subterráneos y ecosistemas sobre terrenos de baja pendiente. Dicha naturaleza calcárea, la presencia de fracturas y la alta permeabilidad favorecen la infiltración del agua y el desarrollo de un sistema kárstico con cenotes, cavidades y conductos subterráneos, que se encuentra estrechamente relacionado con el acuífero.

En este contexto regional tan amplio se insertó y delimitó el Sistema Ambiental para el proyecto, cuya extensión responde a criterios de funcionalidad y conectividad ambiental que hacen posible evaluar las condiciones ambientales existentes y determinar el contexto espacial en el que se insertará el proyecto. Su delimitación corresponde entonces a una unidad funcional y espacial establecida con base en las características y procesos ambientales relevantes para el proyecto.

Además se delimitó una unidad de menor superficie, el Área de Influencia, que corresponde al espacio territorial en el que de acuerdo con la naturaleza, magnitud y mecanismos de propagación de los impactos previstos, pueden manifestarse efectos ambientales derivados de las distintas actividades del proyecto y permite con mayor precisión la evaluación de los impactos.

III.1.1. Delimitación del sistema ambiental

El sistema ambiental corresponde a una unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación ambiental, cuya delimitación se basa en límites naturales o antropogénicos, así como en los procesos ecosistémicos con los cuales interactuarán las obras y actividades del proyecto. Considerando lo anterior, la delimitación se realizó utilizando como referencia elementos territoriales fácilmente identificables.

Al Este, el SA se delimitó utilizando como elemento de referencia la Carretera Federal 307, infraestructura vial de carácter regional que constituye un elemento antropogénico lineal y una discontinuidad territorial. Esta infraestructura representa una barrera física para determinados procesos de movilidad de fauna terrestre, además de constituir una fuente preexistente de ruido,

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012, 7 de septiembre). *Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Diario Oficial de la Federación.

emisiones y tránsito vehicular. Su carácter permanente, claramente identificable y georreferenciable permite establecer un límite objetivo y reproducible para el SA.

Al Oeste, el Sistema Ambiental se delimitó tomando como referencia el derecho de vía e infraestructura asociada al Tren Maya, debido a que constituye una infraestructura lineal permanente que genera una discontinuidad en la matriz territorial y en la conectividad de la cobertura vegetal. Su presencia permite establecer un límite físico y ambientalmente reconocible, además de representar una condición de perturbación antropogénica preexistente dentro del área de estudio.

Al Norte, el límite se estableció sobre una carretera de terracería existente, la cual constituye una discontinuidad física y un elemento antropogénico identificable. Su utilización como límite permite integrar una unidad espacial continua y homogénea, evitando extender artificialmente el SA.

Al Sur, la delimitación se estableció siguiendo la Av. Universidades y, posteriormente, una vialidad existente sin nombre, considerando ambos elementos como límites físicos y antropogénicos. Este límite permite cerrar la unidad territorial y, simultáneamente, diferenciar la superficie objeto de análisis de las áreas urbanizadas y previamente transformadas que se encuentran hacia el sur del proyecto.

Lo anterior dio como resultado un polígono de 57,097,567.951 m^2 (5,709.757 ha). El Mapa III.1 muestra la delimitación del Sistema Ambiental y sus coordenadas. Estas últimas se presentan en archivo Excel, en el USB adjunto.

En el interior del SA se identifican superficies con diferentes grados de transformación, incluyendo áreas con y sin cobertura vegetal, vialidades, infraestructura, zonas urbanizadas y desarrollos existentes. Esta condición permite analizar el proyecto dentro del contexto ambiental real en el que se inserta y determinar la contribución de las actividades de cambio de uso de suelo respecto de las condiciones de perturbación preexistentes.

III.1.2. Delimitación del área de influencia

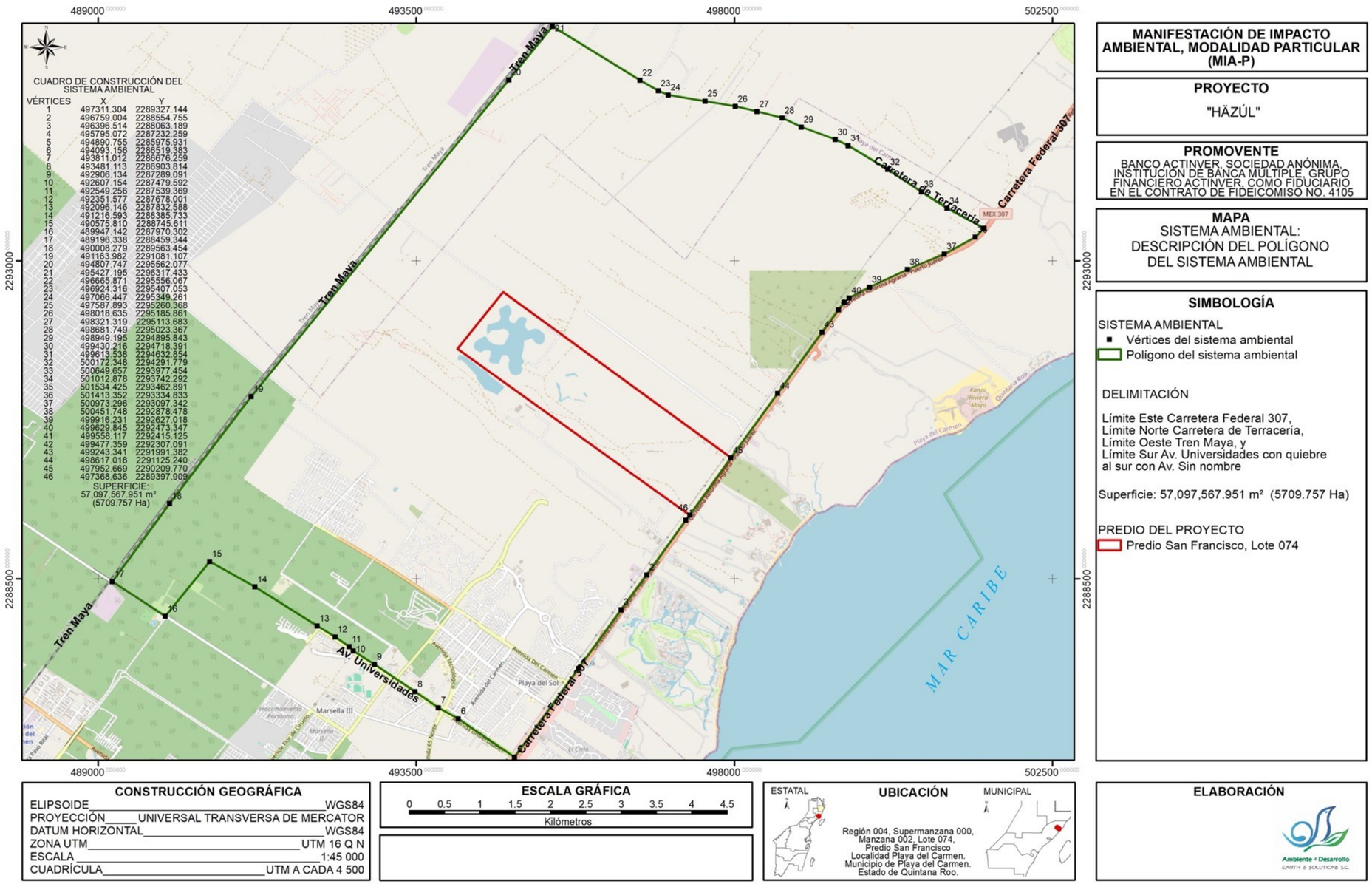
El predio donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra dentro de una zona de expansión urbana, los principales procesos que se llevan a cabo corresponden a los relacionados con la construcción de infraestructura turística y habitacional.

La delimitación del Área de Influencia (AI) se realizó considerando el alcance espacial potencial de los impactos ambientales asociados a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, particularmente el rescate de vegetación y fauna, desmonte, despalme y triturado del material vegetal. Para su determinación se analizaron las características y continuidad de la cobertura vegetal, el uso actual del suelo, la distribución de las áreas con vegetación y zonas previamente transformadas, la presencia de infraestructura y vialidades, así como la relación espacial y funcional de dichos componentes con el predio del proyecto.

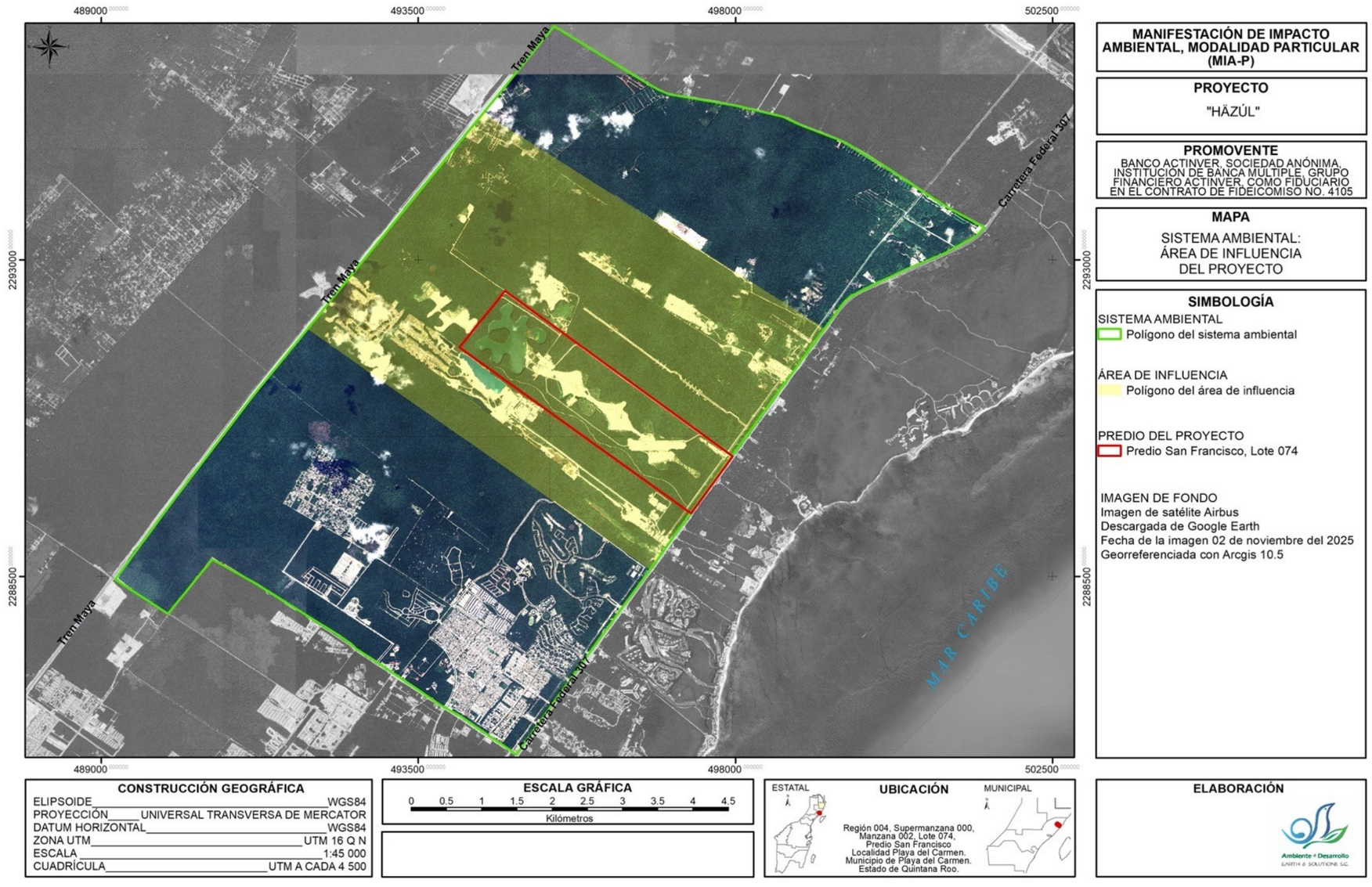
En consecuencia, el AI comprende las superficies ambientalmente relacionadas con el predio y en las cuales existe posibilidad razonable de manifestación de efectos directos o indirectos derivados de las actividades del proyecto. Siguiendo esta línea se abarcó una unidad ambiental relativamente homogénea alrededor del predio donde existen componentes relacionados con los impactos

previstos, como los desmontes y actividades de extracción de materiales pétreos. Además se consideraron límites antropogénicos: la Carretera Federal 307 al Este, el derecho de vía e infraestructura asociada al Tren Maya al Oeste, vialidades y caminos al Norte y al Sur. Se considera que en este espacio podrían manifestarse los efectos directos e indirectos derivados de las actividades, por ejemplo: desplazamiento de fauna, dispersión de polvo, generación de residuos sólidos y líquidos, ruido, entre otros.

El Mapa III.2 muestra la delimitación realizada del Área de Influencia y sus coordenadas, la cual cuenta con una superficie de 23,721,238.194 m^2 (2,372.12 ha). Las coordenadas se presentan en archivo Excel, en el USB adjunto.



Mapa III.1. Sistema Ambiental delimitado para HAZUL.



Mapa III.2. Área de Influencia delimitada para HAZUL.

III.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

III.2.1. MEDIO ABIÓTICO

III.2.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos

Tipo de clima

La estación climatológica más próxima a la zona que ocupa el sistema ambiental (SA) corresponde a la de Playa del Carmen, la cual cuenta con información de normales climatológicas para el periodo de 1951-2010, y climogramas donde se observan las correspondientes marchas anuales de temperatura (°C) y precipitación (mm).

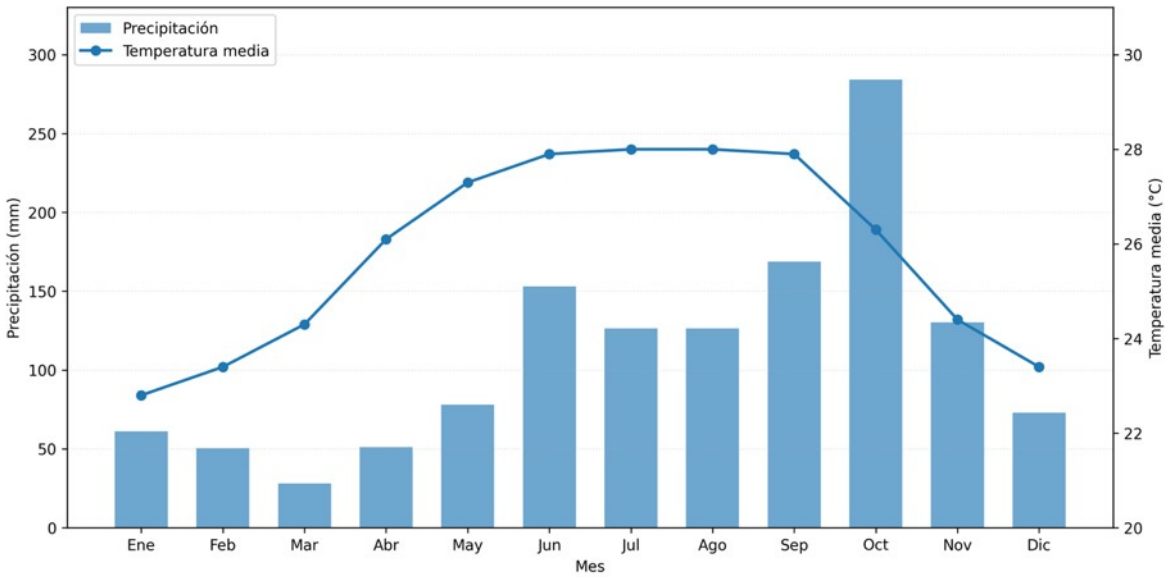


Imagen III.1. Marcha anual de la temperatura (°C) y precipitación (mm) en la estación climatológica Playa del Carmen, Municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.
Fuente: http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=qroo.

Los datos de las normales climatológicas que se presentan en la imagen anterior permiten obtener los valores para determinar el subtipo climático del SA, mismo que está representado en el Mapa III.3. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García[2], el área de estudio se encuentra bajo la influencia del clima Aw1(x'): cálido subhúmedo con lluvias en verano y humedad intermedia[3]. Este tipo climático se caracteriza por presentar una temperatura media anual superior a 22 °C y una temperatura media del mes más frío superior a 18 °C. Para el subtipo Aw1 en Quintana Roo se ha reportado una temperatura media anual cercana a 25.5 °C, lo que refleja las condiciones térmicas cálidas y relativamente uniformes que predominan en la región.

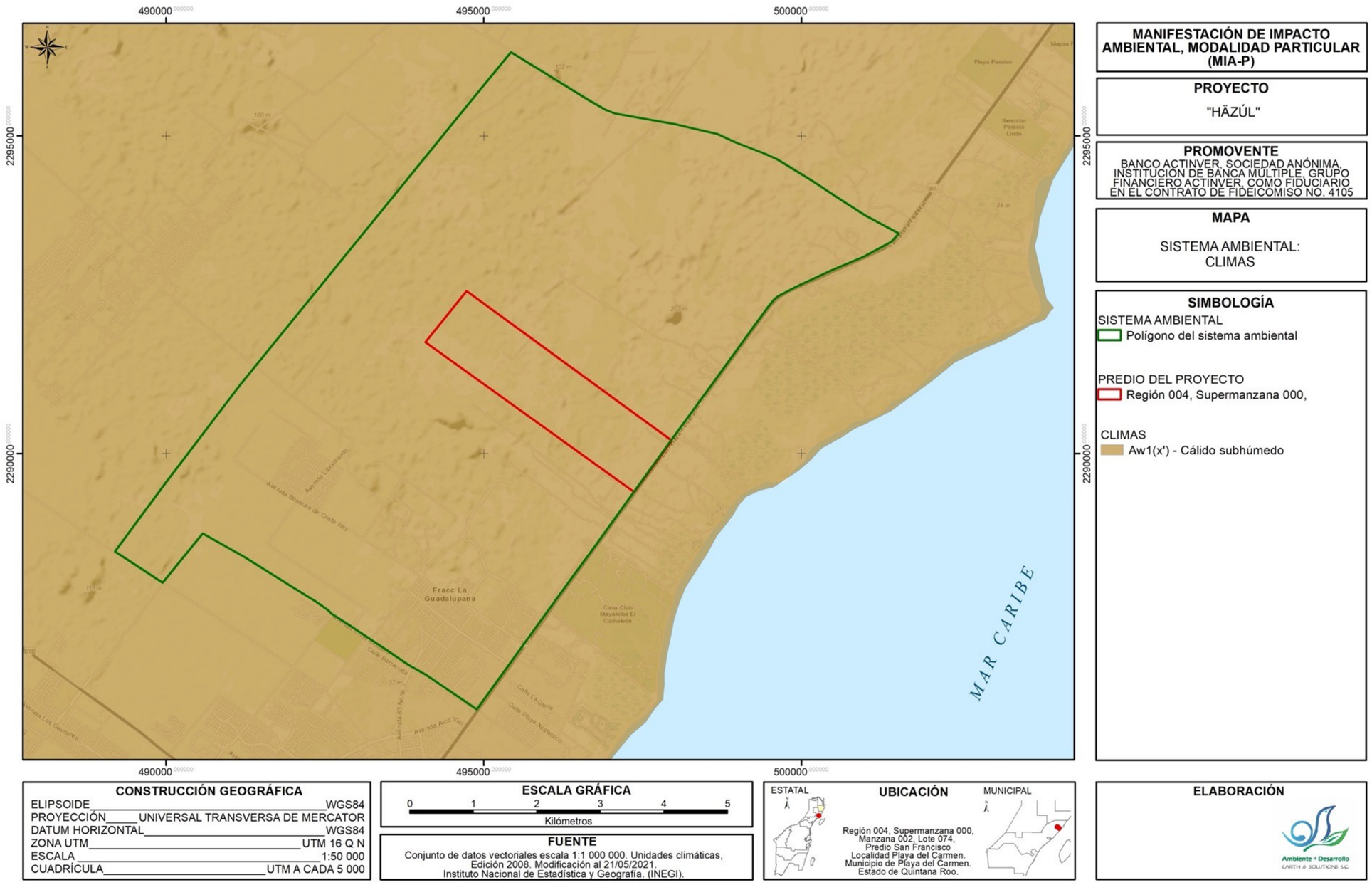
[2] García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (5.ª ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

[3] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2008). *Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000: Unidades climáticas, edición 2008*. INEGI.

El régimen de precipitación corresponde a lluvias de verano, concentrándose la mayor parte de la precipitación durante los meses de mayo a octubre, aunque el periodo lluvioso puede prolongarse hasta noviembre. La precipitación media anual asociada al subtipo Aw1 en Quintana Roo es del orden de 1,224.7 mm, aunque los valores pueden presentar variaciones de acuerdo con la ubicación de las estaciones climatológicas y el periodo de observación considerado.

La expresión (x') de la fórmula climática indica que el porcentaje de precipitación invernal es superior al 10.2 % de la precipitación anual, característica que distingue a este régimen de otros climas cálidos subhúmedos de la región. Asimismo, el subtipo Aw1 presenta un cociente P/T (precipitación media anual / temperatura media anual) entre 43.2 y 55.3, correspondiente a un grado de humedad intermedio dentro del grupo de los climas cálidos subhúmedos.

En términos generales, las condiciones climáticas de Playa del Carmen se caracterizan por temperaturas elevadas durante todo el año, escasa amplitud térmica anual y una marcada estacionalidad de la precipitación, con una temporada lluviosa durante el verano y una temporada relativamente seca durante el invierno.



Mapa III.3. Clima en el sistema ambiental definido.

Eventos climatológicos extremos

La ubicación geográfica de la región determina la ocurrencia de dos tipos de eventos meteorológicos extremos: masas de aire frío continental denominados “nortes” que ocurren en la temporada invernal (noviembre – febrero) y los eventos ciclónicos que van desde tormentas tropicales hasta huracanes de categoría 5 que ocurren en la temporada más caliente del año (mayo – octubre) pero en ocasiones se pueden presentar inclusive hasta el mes de noviembre. Los primeros aun cuando pueden alcanzar vientos de hasta 45 km/hora, solo representan peligro para las actividades náuticas y molestias a los habitantes por lloviznas pertinaces y descenso de la temperatura. En el caso del sistema ambiental las lluvias asociadas a estos eventos son importantes para el mantenimiento de la humedad de la vegetación.

En el caso de los sistemas ciclónicos la temporada inicia desde junio y se prolonga hasta octubre de cada año, siendo los de mayor intensidad los que se han presentado en los meses de septiembre y octubre. Entre los que más afectaciones han generado en el sitio se encuentran Gilberto (1988), Emily y Wilma (2005). De acuerdo con la clasificación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la zona donde se ubica el sitio del proyecto se encuentra en una zona considerada como de riesgo alto a la presencia de ciclones y huracanes[4].

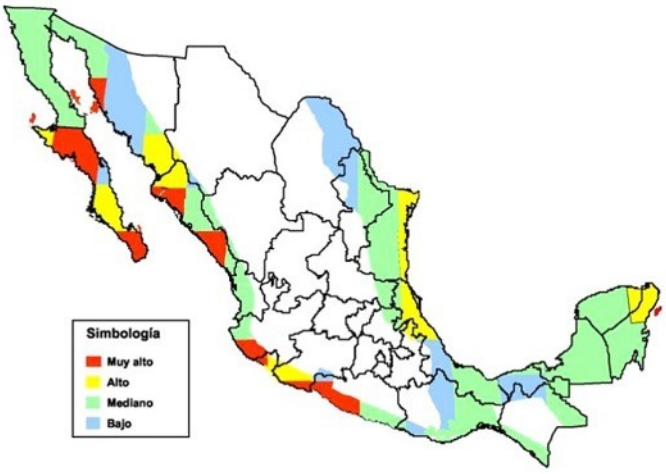


Imagen III.2. Mapa de peligros por incidencia de ciclones elaborado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Fuente: CENAPRED, 2001.

Grado de inundabilidad

Las condiciones geohidrológicas y topográficas del sitio no generan condiciones para que se presenten condiciones de inundación en toda la superficie que ocupa el sistema ambiental.

[4] Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México: Atlas nacional de riesgos de la República Mexicana* (1.ª ed.). Secretaría de Gobernación; Centro Nacional de Prevención de Desastres.

III.2.1.2. Geología y geomorfología

Geología

Para el sistema ambiental, la información de INEGI (1983)[5] arroja que la geología superficial corresponde en su mayor superficie a rocas calizas del Terciario superior: Ts(cz). Además están presentes calizas del plioceno: Tpl(cz), y una pequeña fracción corresponde a depósitos lacustres del cuaternario: Q(la). Lo anterior se representa en el Mapa III.4.

La unidad Ts(cz), calizas del Terciario Superior, pertenecientes al Cenozoico, está constituida principalmente por rocas sedimentarias de naturaleza calcárea, originadas por la acumulación y consolidación de materiales carbonatados, principalmente de origen marino. Estas calizas presentan características de permeabilidad y solubilidad que favorecen el desarrollo de procesos kársticos, como fracturas, cavidades, dolinas y conductos de disolución. En la Península de Yucatán, esta unidad forma parte del basamento calcáreo regional y se relaciona estrechamente con la dinámica del acuífero kárstico[6].

La unidad geológica Tpl(cz), rocas sedimentarias de caliza del Plioceno, pertenecientes al Neógeno del Cenozoico, se originaron principalmente por la acumulación y consolidación de materiales carbonatados de origen marino en ambientes de plataforma de aguas someras, presentando en algunos sectores componentes biogénicos como fragmentos de conchas y corales. En la región de Playa del Carmen y Solidaridad, esta unidad forma parte del sustrato calcáreo característico de la Península de Yucatán y se encuentra sometida a procesos de disolución que favorecen el desarrollo de rasgos kársticos, como fracturas, cavidades, dolinas y cenote[5].

La unidad Q(la), depósitos lacustres del Cuaternario, están constituidos principalmente por materiales finos, como limos, arcillas y, localmente arenas, acumulados en ambientes asociados a antiguos cuerpos de agua o zonas de inundación. Estos depósitos son relativamente recientes y presentan características variables de consolidación y espesor. En la Península de Yucatán, su presencia puede asociarse con depresiones del relieve y zonas de acumulación de sedimentos, donde las condiciones locales favorecen la retención temporal de agua[7].

En el predio de HAZUL se distinguen las unidades geológicas Ts(cz) y Tpl(cz). Esta última es la mayormente representada.

Geomorfología

Según García y Secaira (2006)[8] las unidades geomorfológicas en el SA delimitado corresponden a “Planicie kárstica estructural baja (estable)”, la cual abarca la mayor extensión del sistema; seguida con menor superficie de una “Planicie kárstica costera de inundación (hundimiento)” y “Costa de inundación e intermareal”. Esta última con muy poca representatividad. Ver Mapa III.5.

---

[5] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1983). *Conjunto de datos vectoriales geológicos, Serie I: Cozumel, carta F16-11, escala 1:250 000.* INEGI.

[6] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2002). *Estudio hidrológico del estado de Quintana Roo.* INEGI.

[7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Estudio de información integrada de la Cuenca Laguna de Términos y otras. INEGI.

[8] Pronatura Península de Yucatán, & The Nature Conservancy. (2006). Una visión para el futuro: Cartografía de las selvas Maya, Zoque y Olmeca. PPY & TNC. Gerardo García Contreras (PPY) y Fernando Secaira (TNC).

La unidad “Planicie kárstica estructural baja (estable)” constituye una unidad geomorfológica de relieve predominantemente plano y baja elevación, desarrollada sobre rocas calizas. Presenta pendientes suaves y escasos contrastes topográficos. La naturaleza soluble y fracturada del sustrato favorece la infiltración del agua y el desarrollo de un drenaje subterráneo, así como la presencia local de formas kársticas asociadas a procesos de disolución[9].

Por su parte la “Planicie kárstica costera de inundación (hundimiento)” consiste en una unidad de relieve bajo y predominantemente plano, desarrollada sobre calizas, con presencia de depresiones y hondonadas kársticas. Presenta escasa pendiente y condiciones propicias para la acumulación e infiltración del agua, por lo que constituye una zona susceptible a inundaciones temporales o extraordinarias[10].

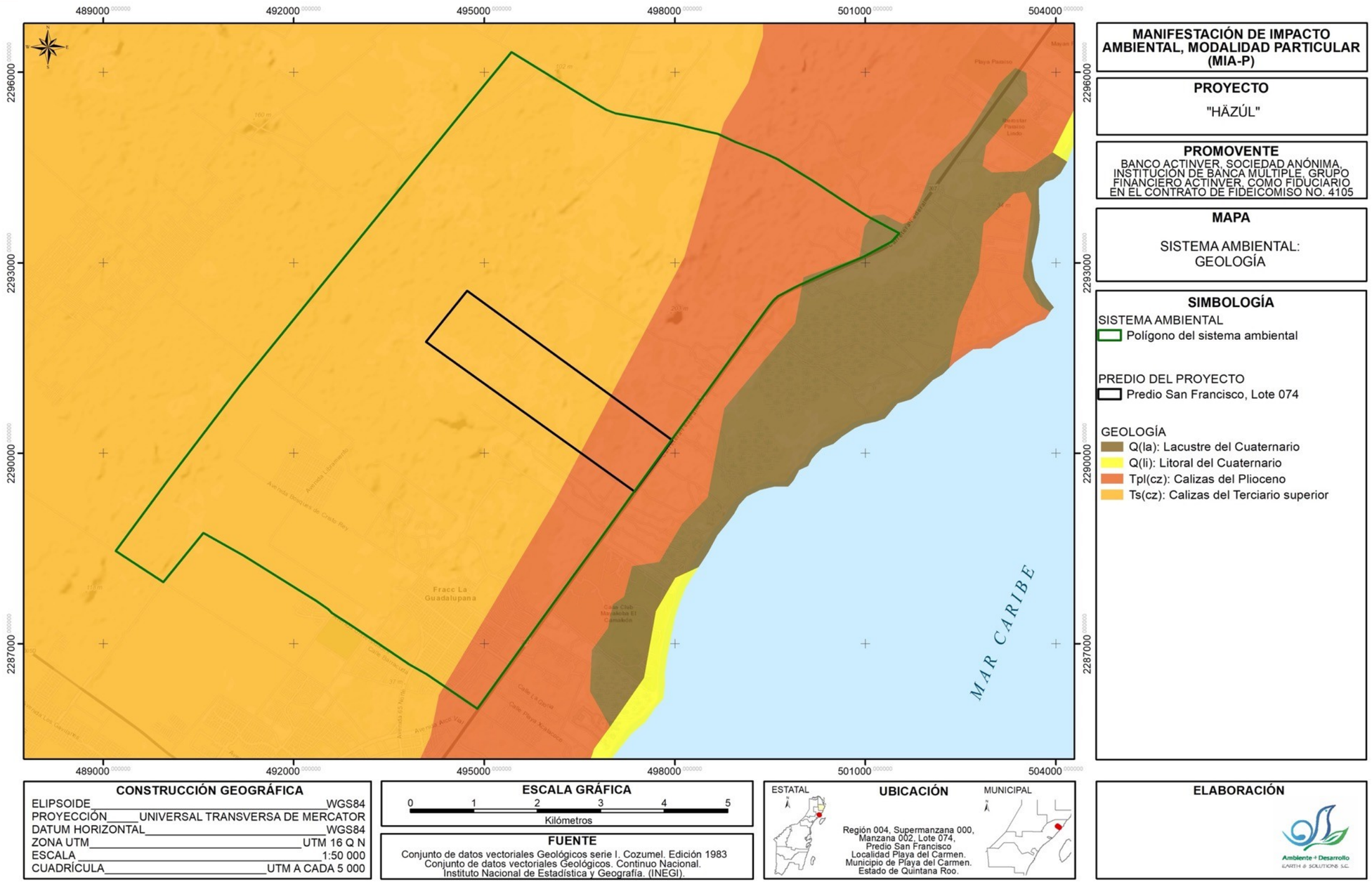
Finalmente, la “Costa de inundación e intermareal”, la de menor representatividad en el SA, consiste en una planicie costera baja y de escasa pendiente, sometida periódicamente a inundación y exposición por la dinámica de las mareas. Presenta procesos predominantemente acumulativos y puede desarrollar ambientes de manglar, humedales y lagunas costeras. Debido a su baja elevación, es susceptible a inundaciones y a la acción de marejadas y eventos hidrometeorológicos extremos[11].

En el predio se distingue en su mayor extensión la unidad “Planicie kárstica estructural baja (estable)” y en menor proporción la “Planicie kárstica costera de inundación (hundimiento)”.

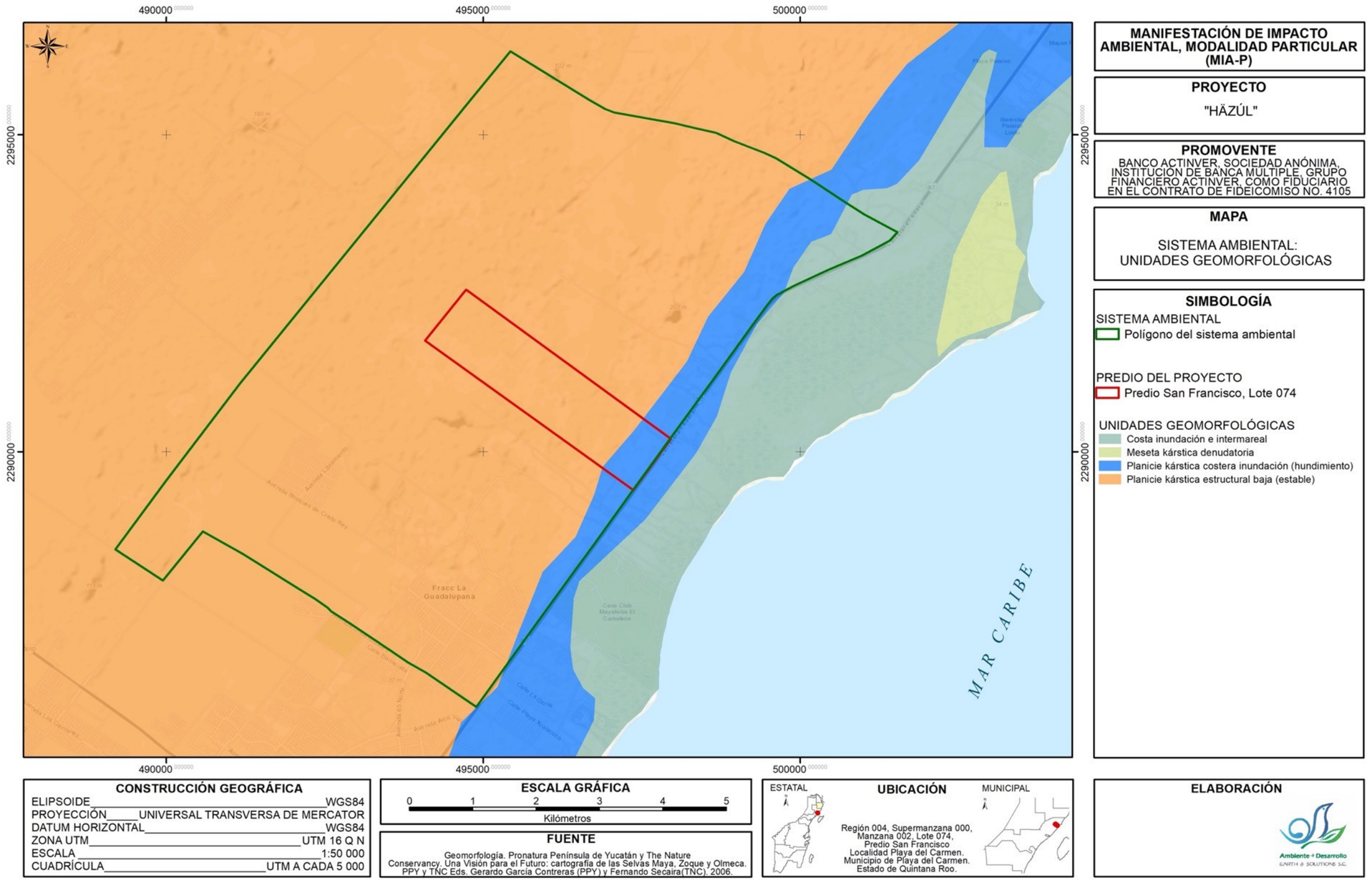
[9] Lugo-Hubp, J., Aceves-Quesada, J. F., & Espinasa-Pereña, R. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Revista del Instituto de Geografía, UNAM*, (10), 143–150.

[10] Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O., & Pereira, A. (2014). Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50,000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 31(1), 127–137.

[11] Quijada Mendoza, I., & Zamorano Orozco, J. J. (2024). Geomorfología de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. Investigaciones Geográficas, (115).



Mapa III.4. Geología en el SA del proyecto.



Mapa III.5. Geomorfología en el SA del proyecto.

III.2.1.3. Suelos

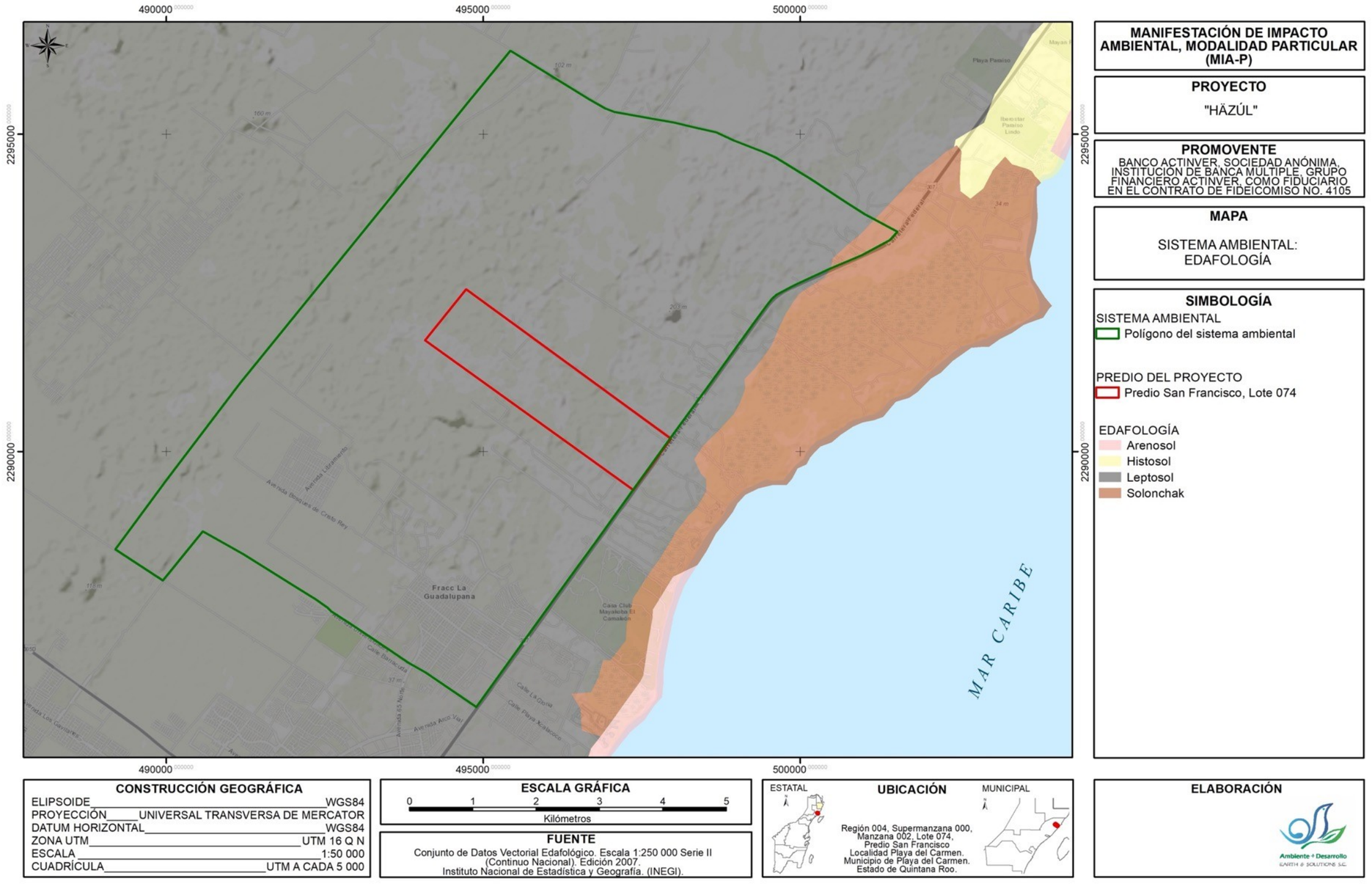
Los suelos en el Municipio de Playa del Carmen se ubican sobre formaciones geológicas del Cenozoico y del Recientes, correspondiendo los primeros a la porción de mayor antigüedad que se encuentra en el interior continental y los más recientes en la porción costera. De acuerdo a INEGI[12], el suelo en el sistema ambiental corresponde a dos tipos edáficos (Mapa III.6):

- Leptosol.- Son suelos muy poco profundos, generalmente asociados con materiales rocosos o con la presencia de roca continua cerca de la superficie. Se caracterizan por presentar alta pedregosidad y abundantes fragmentos de roca, lo que limita su desarrollo y su capacidad para actividades agrícolas. En México son susceptibles a la erosión, particularmente cuando se elimina la cobertura vegetal. Los Leptosoles pueden presentar además baja capacidad de almacenamiento de agua debido a su escasa profundidad efectiva[11].

- Solonchak.- Son suelos caracterizados por una alta concentración de sales fácilmente solubles, que puede presentarse durante parte o todo el año. En México se encuentran principalmente en ambientes costeros, zonas bajas y áreas con drenaje deficiente, donde la evaporación favorece la acumulación de sales en el suelo. Cuando se secan, las sales pueden precipitar en la superficie formando costras salinas. Esta salinidad puede limitar la disponibilidad de agua para las plantas y afectar su crecimiento[13].

En el predio de HAZUL, se encuentran presentes los leptosoles en la totalidad de su extensión.

[12] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2007). Conjunto de datos vectoriales edafológicos, Serie II: Escala 1:250,000 (Continuo Nacional). INEGI.
[13] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos (Información sobre grupos de suelo). INEGI.



Mapa III.6. Tipos de suelo en el SA del proyecto.

III.2.1.4. Hidrología superficial y subterránea

Hidrología superficial.

Las características geológicas, geomorfológicas y de precipitación en la zona determinan un suelo que no presenta condiciones para el flujo superficial del agua o de formación de cuerpos de agua lénticos[14]. Con base en estas características del terreno, prácticamente la totalidad de la hidrología superficial del sistema ambiental corresponde a un Coeficiente de Escurrimiento de 0 a 5 % y una pequeña fracción de 5 a 10 %[15]. Ver Mapa III.7.

Un coeficiente de escurrimiento superficial de 0 a 5 %, indica una baja generación de escurrimiento superficial y, consecuentemente, una mayor proporción de la precipitación susceptible de infiltrarse al subsuelo. En comparación, las zonas con coeficientes de 5 a 10 % presentan una mayor generación de escurrimiento superficial, aunque continúan correspondiendo a condiciones de escurrimiento relativamente bajo. En el contexto kárstico de Quintana Roo, estos valores son consistentes con la elevada permeabilidad del sustrato calcáreo y el predominio de la infiltración sobre el drenaje superficial[16].

Lo anterior es importante en aspectos de erosión laminar, ya que por la rápida infiltración los procesos de arrastre deluvial no son severos.

Para el predio de HAZUL, existe un Coeficiente de Escurrimiento de 0 a 5 % en el total de su superficie.

Hidrología subterránea.

La columna estratigráfica y procesos kársticos determinan una geohidrología particular debido a que un elevado porcentaje de la precipitación pluvial se infiltra al subsuelo, permitiendo la formación de un acuífero libre cuyo nivel piezométrico está regulado por las precipitaciones. De acuerdo a INEGI[14], las condiciones subterráneas en la zona de todo el sistema ambiental y por lo tanto del predio de HAZUL, dan lugar a un material consolidado con permeabilidad alta (Mapa III.8), lo que implica contar con la posibilidad de almacenamiento de agua en el subsuelo debido al acuífero que se encuentra en el material rocoso de tipo poroso y permite la retención del agua en cantidades suficientes para su posterior extracción.

Este proceso de rápida infiltración del agua para ingresar al acuífero subterráneo también implica un elevado riesgo al ingreso directo de lixiviados con contaminantes que reducen la calidad del agua. Esta contaminación puede llegar a afectar superficies que rebasan a las de las áreas de ingreso de lixiviados, lo anterior debido a la naturaleza libre del acuífero que forma una capa relativamente uniforme.

---

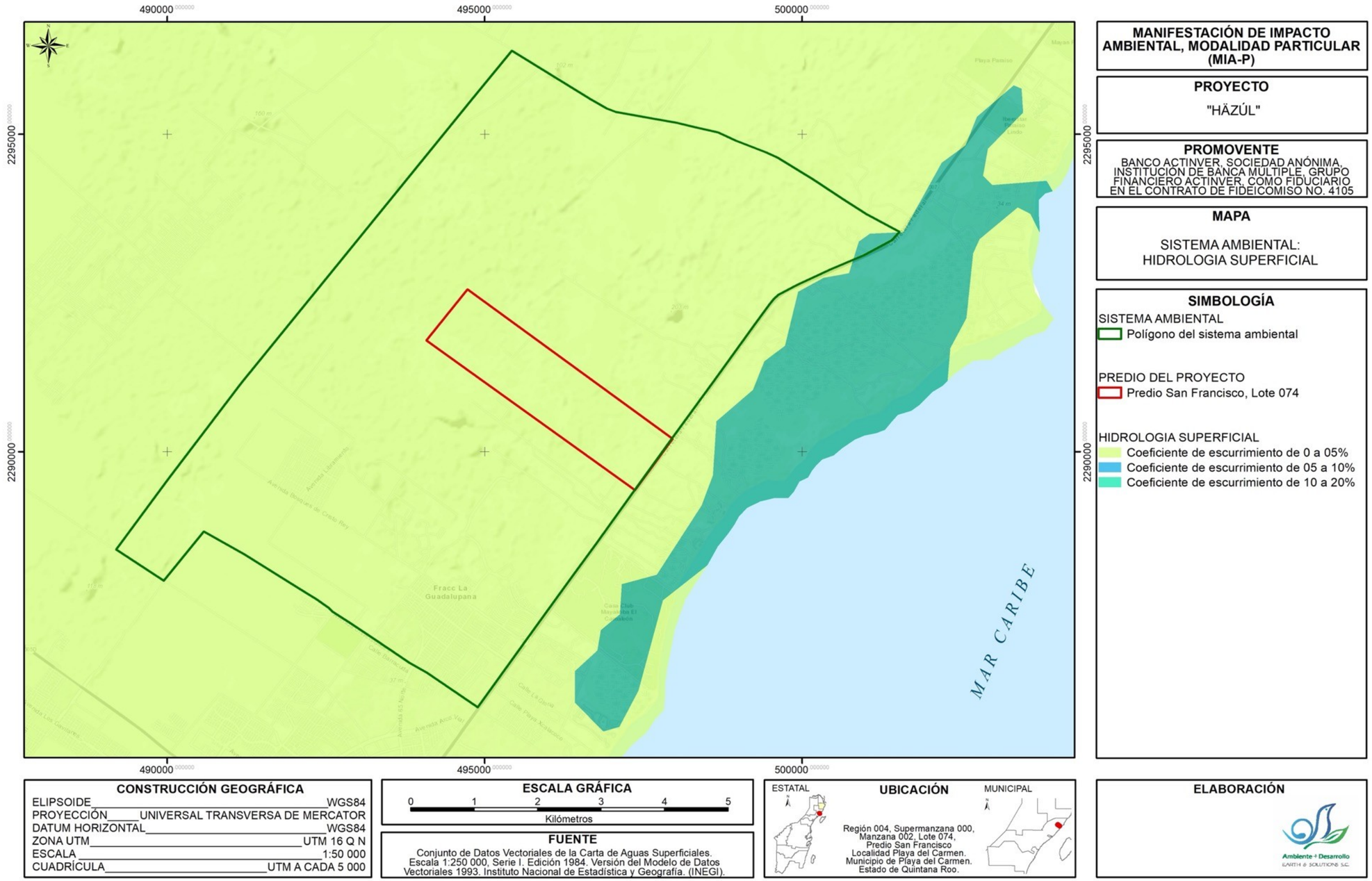
[14] *Cuerpos de agua lénticos*.- Aquellos que presentan una estructura cerrada y donde es común que sus aguas permanezcan estancadas: lagos, lagunas o pantanos, por ejemplo.

[15] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1984). Conjunto de datos vectoriales de la carta de aguas superficiales, Serie I: Escala 1:250,000. Versión del modelo de datos vectoriales 1993. INEGI.

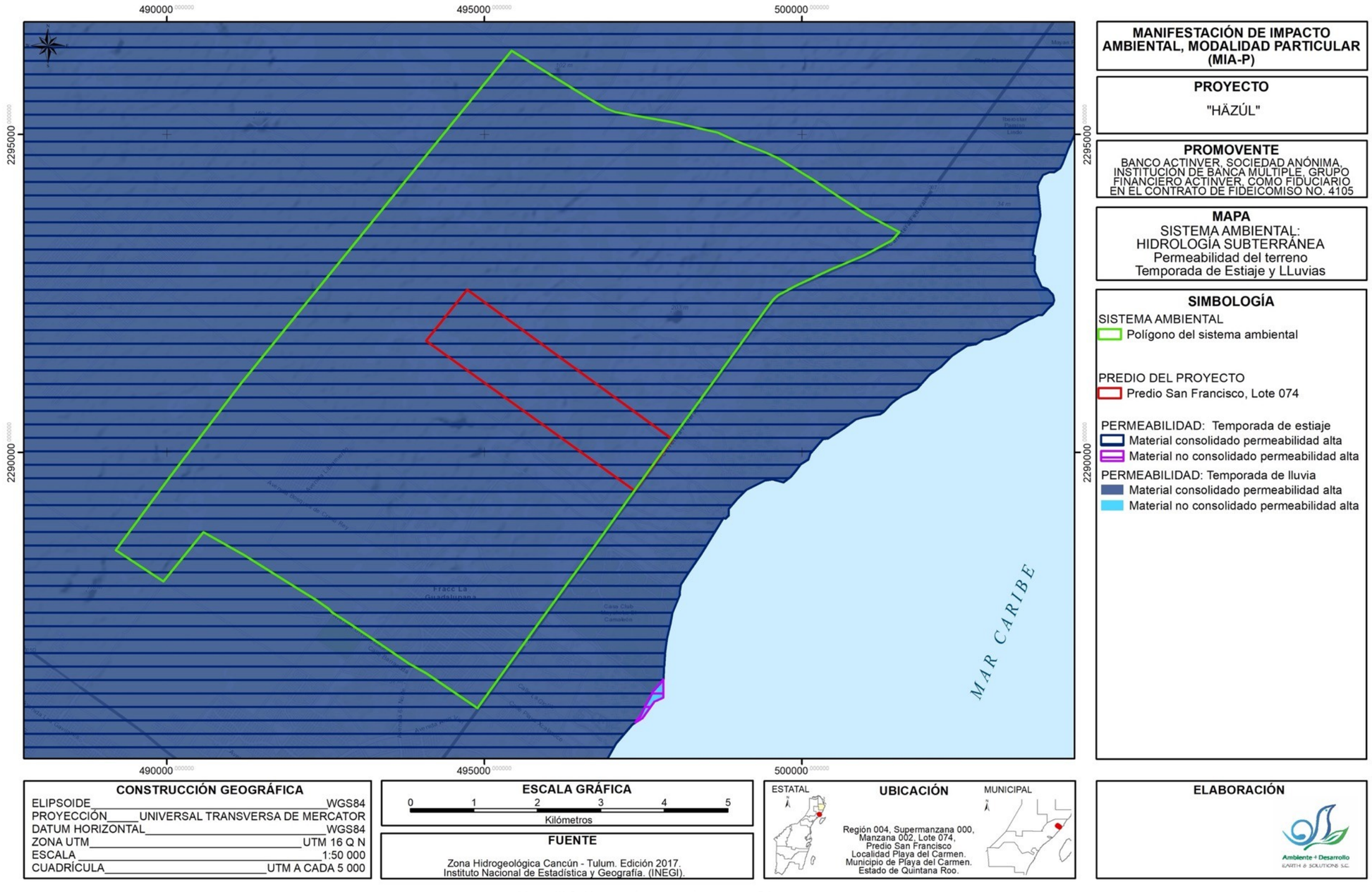
[16] Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill.

Considerando que los principales problemas geohidrológicos están relacionados con la calidad, más que con la cantidad del recurso, el manejo de contaminantes sólidos y líquidos es de gran importancia para evitar daños al recurso agua; los que por su naturaleza subterránea no son evidentes de manera organoléptica y requieren de estudios fisicoquímicos para determinar su estado de pureza. Entre los principales agentes de contaminación se tienen aquellos derivados de los procesos de lixiviación de los tiraderos de residuos sólidos; así como por la descarga de aguas grises y aguas negras sin tratamiento previo.

Para mayor detalle sobre este tema en la zona del proyecto, así como en el predio en particular, consultar el *Estudio Hidrológico* y el *Estudio Geohidrológico y Geofísico* elaborados en febrero del 2022 por NOLTEmx, mismos que se adjuntan en formato digital adjuntos en la memoria USB que acompaña el estudio.



Mapa III.7. Hidrología superficial en el SA del proyecto.



Mapa III.8. Hidrología subterránea en el SA del proyecto.

III.2.2. MEDIO BIÓTICO

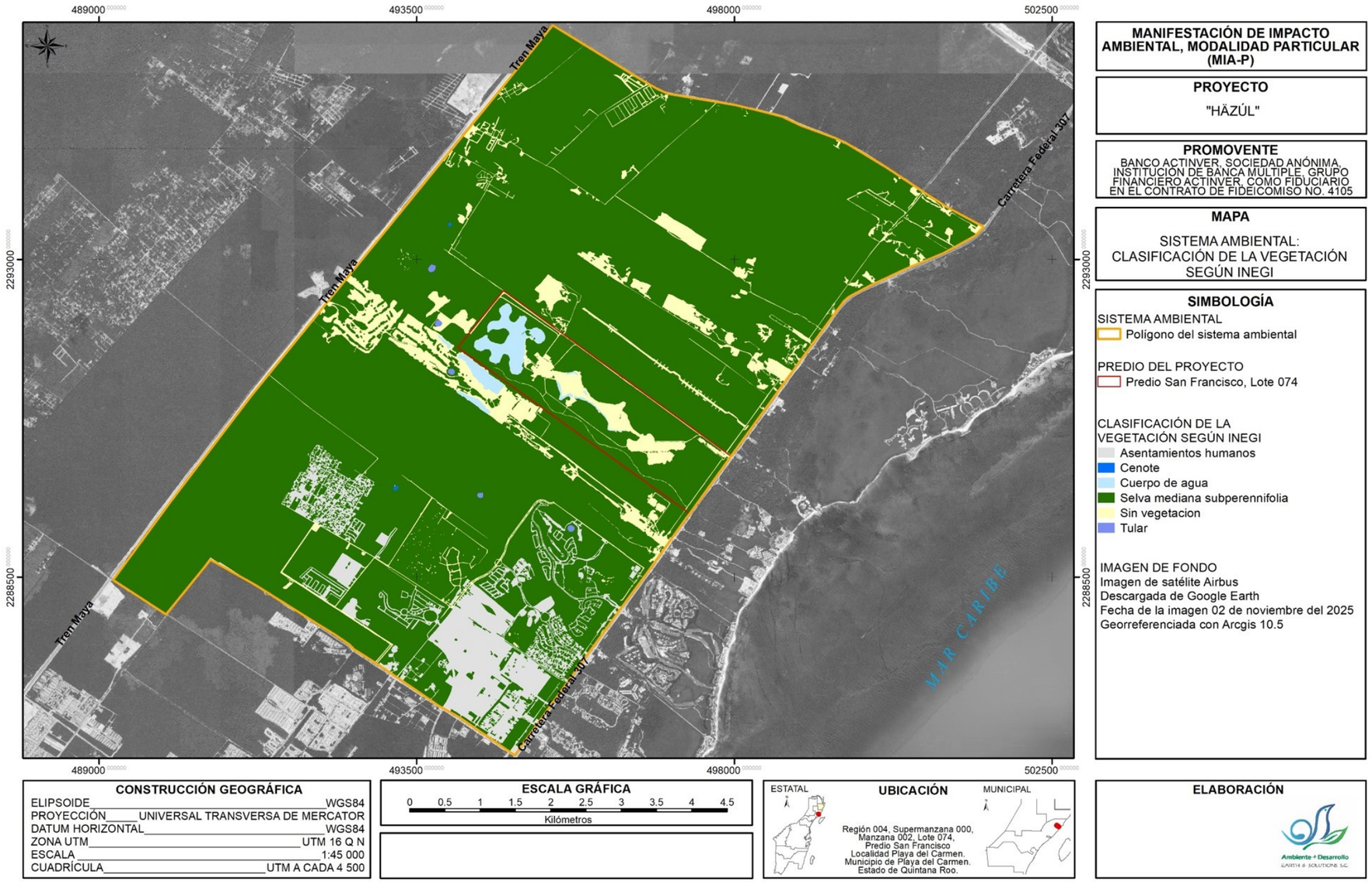
III.2.2.1. Vegetación

De acuerdo con la publicación más actual de la cartografía de Uso del suelo y vegetación del INEGI —el Conjunto de Datos Vectoriales escala 1:250 000, Serie VII (2021), y su Guía para la interpretación de cartografía (INEGI, 2021)—, la vegetación del predio San Francisco y del Sistema Ambiental delimitado dentro de la Región Ecológica en la que se ubica corresponde a la selva mediana subperennifolia (clave SMQ) con vegetación secundaria (Mapas III.9 y III.10). Conforme a dicha Guía, en esta comunidad los componentes arbóreos pierden estacionalmente su follaje en un 25 a 50 %; se desarrolla en climas cálido húmedos y subhúmedos (Aw en las porciones más secas y Am en las más húmedas), con temperaturas típicas de 20 a 28 °C y precipitación total anual del orden de 1,000 a 1,600 mm, desde el nivel del mar hasta 1,300 m de altitud, sobre material geológico predominantemente cárstico —condición característica de la península de Yucatán, donde ocupa terrenos planos o de pendiente moderada con drenaje rápido. Los árboles presentan contrafuertes y abundantes epífitas y lianas, con altura media de 25 a 30 m y tres estratos arbóreos (de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 30 m) entre los que se intercalan variados tipos de palmas. Su distribución incluye Yucatán, Quintana Roo (con la isla de Cozumel) y Campeche, entre otras entidades.

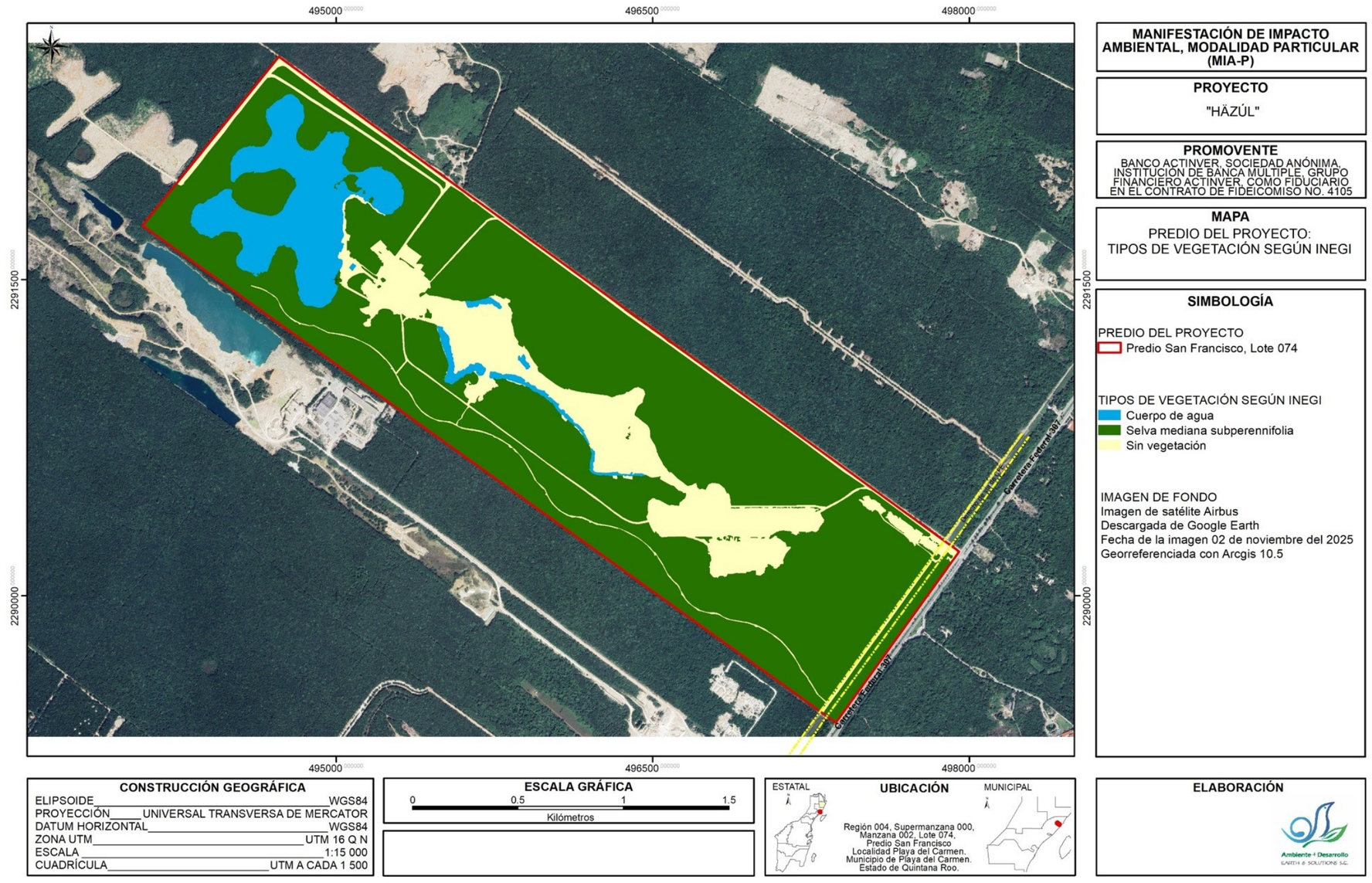
La misma Guía del INEGI enlista las especies importantes —potenciales— de este tipo de vegetación, es decir, las que cabría esperar en una selva mediana subperennifolia: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Terminalia buceras* (pukté), *Alseis yucatanensis* (jaasché) y *Psidium sartorianum* (pichiche'); señala además que las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, y abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas (INEGI, 2021).

En este apartado, se caracteriza y compara la estructura, composición florística y la diversidad de la vegetación presente dentro del área del proyecto (AP), en el predio San Francisco, y fuera de él, en el Sistema Ambiental delimitado para el proyecto HAZUL.

La vegetación del SA y del Predio, corresponde en su totalidad a selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación o regeneración (vegetación secundaria), ello de acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963) y con la carta de Uso del suelo y vegetación Serie VII del INEGI (2021). La clasificación detallada de la vegetación del Sistema Ambiental y del predio se presenta en los Mapas III.9 y III.10. Este apartado también integra la metodología de muestreo, los parámetros e índices calculados, los métodos de interpretación y los resultados comparativos, en atención a los requisitos del Capítulo III de la Guía para la presentación y entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental de la SEMARNAT; la memoria de cálculo verificable acompaña a este documento en el archivo HAZUL_Memoria_calculo_parametros_indices.xlsx.



Mapa III.9. Sistema Ambiental: clasificación de la vegetación según el INEGI (Serie VII).



Mapa III.10. Predio del proyecto: tipos de vegetación según el INEGI (Serie VII).

III.2.2.1.1. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN EL PREDIO

Con base en las categorías de la carta de Uso del suelo y vegetación Serie VII del INEGI (2021), la superficie total del predio San Francisco, de 4,075,261.590 m² (407.5262 ha), se distribuye en tres categorías de uso del suelo y vegetación: selva mediana subperennifolia, cuerpo de agua y sin vegetación. El Cuadro III.1 presenta la superficie y la proporción correspondientes a cada categoría.

Cuadro III.1. Distribución de superficies por categoría de uso del suelo y vegetación en la superficie total del predio San Francisco.

Uso del suelo y vegetación	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Cuerpo de agua	422,404.409	42.2404	10.37
Selva mediana subperennifolia	2,915,457.347	291.5457	71.54
Sin vegetación	737,399.834	73.7400	18.09
Total	**4,075,261.590**	**407.5262**	**100.00**

Categorías conforme a la carta de Uso del suelo y vegetación Serie VII del INEGI (2021). La superficie en hectáreas y la proporción porcentual se derivan aritméticamente de las superficies en metros cuadrados; la suma de las tres categorías reproduce la superficie total del predio (4,075,261.590 m² = 407.5262 ha).

La selva mediana subperennifolia constituye la cubierta dominante del predio, con 2,915,457.347 m² (291.5457 ha), equivalentes al 71.54 % de su superficie total; sobre esta superficie forestal se desarrolla la caracterización de la vegetación que se presenta en los apartados siguientes. El 28.46 % restante corresponde a un cuerpo de agua (422,404.409 m²; 10.37 %) y a áreas sin vegetación (737,399.834 m²; 18.09 %). Tanto el cuerpo de agua como las áreas sin vegetación identificados dentro del predio se derivan de las actividades de extracción de materiales pétreos realizadas en el sitio, por lo que no constituyen superficies con vegetación forestal

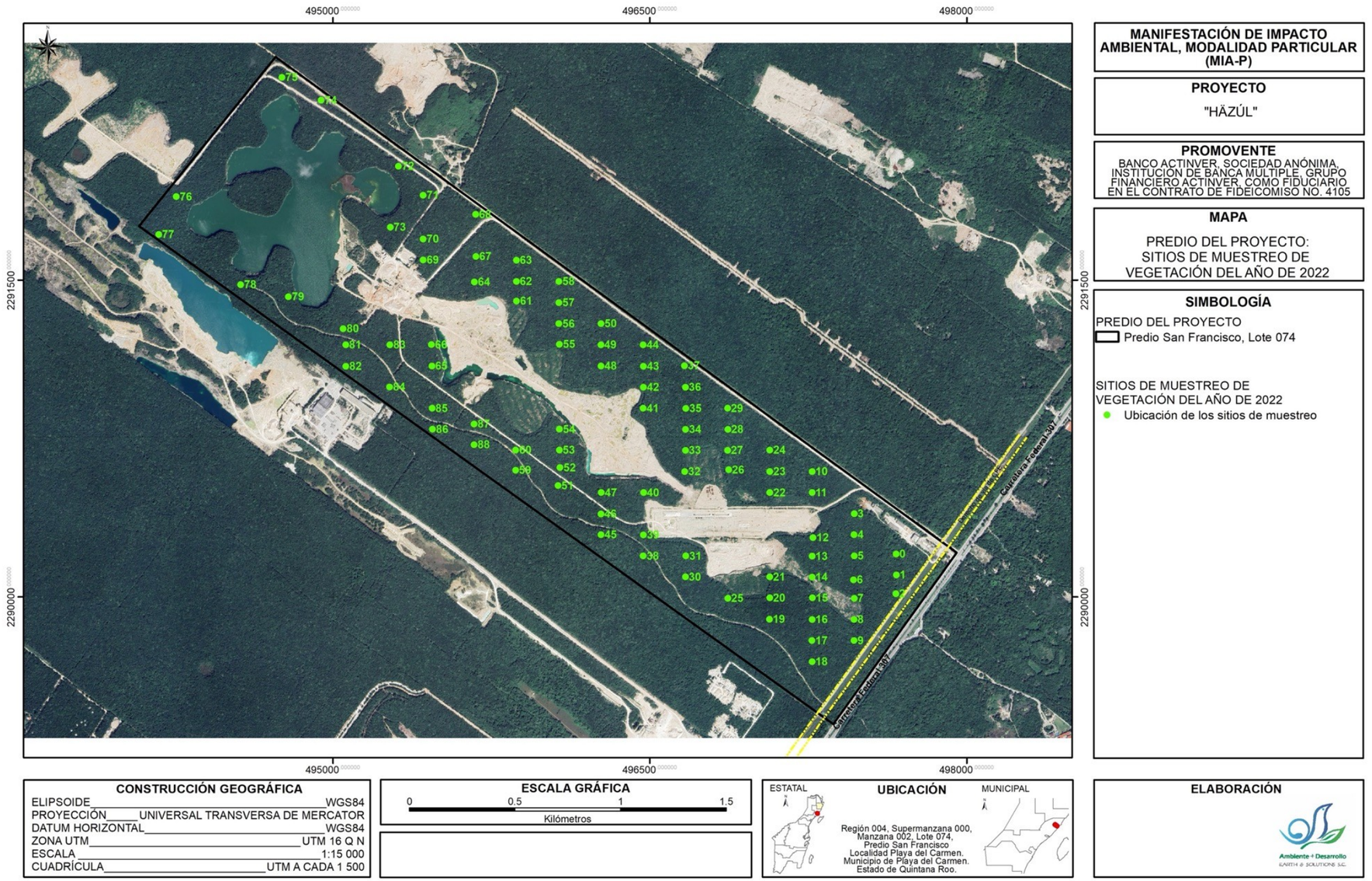
De la superficie de selva mediana subperennifolia del predio 291.5457 ha, se pretenden remover un total de 251.1051 ha con motivo del cambio de uso en terrenos forestales (CUSTF) para el desarrollo del proyecto que motiva la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

III.2.2.1.2. DISEÑO DE MUESTREO Y MÉTODOS DE CAMPO

III.2.2.1.2.1. Muestreo 2022 en el predio (89 sitios)

El inventario dasométrico se ejecutó en la temporada de secas, abarcando del 23 de noviembre de 2021 al 09 de junio de 2022, en la totalidad del predio mediante 89 unidades de muestreo circulares de 500 m² cada una (Mapa III.11), con un esfuerzo total de 4.45 ha (1.09 % de la superficie del predio). El trabajo de campo fue realizado por la empresa de consultoría ambiental Sylvatica, S.C. En cada sitio se midieron todos los individuos arbóreos con DAP ≥ 7.5 cm (diámetro, altura al fuste limpio y altura total, dimensiones de copa, forma del fuste y condición). En un subsitio de 100 m² se midieron los fustes con DAP de 0.3 cm a 7.49 cm y en un subsitio de 5 m² los ejemplares con DAP menor a 0.3 cm. Para este estudio, los ejemplares de la base 2022 se clasificaron en estratos aplicando los mismos criterios dasométricos de las especificaciones de campo: arbóreo con DAP ≥ 7.5 cm y altura > 1.30 m; arbustivo con DAP < 7.5 cm y altura > 1.30 m, o con altura de 0.50 a 1.30 m; y herbáceo para los registros del subsitio de 5 m² (forma de vida herbácea y regeneración). Con este criterio, el estrato arbóreo integra 4,528 fustes medidos en la unidad de 500 m² y 689 medidos en el subsitio de 100 m².

La ubicación geográfica y su distribución dentro del predio se presenta en el Mapa III.11. Las coordenadas de los 89 sitios se incluyen en el archivo BASE DE DATOS 89 SITIOS 2022.xlsx.



Mapa III.11. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación del muestreo 2022 (89 sitios).

III.2.2.1.2.2. Muestreo 2026: pareado dentro (AP) y fuera del predio (RE)

Del 03 al 12 de junio de 2026 y del 02 al 18 de julio de 2026, durante la temporada de lluvias, se levantó un muestreo pareado con diseño idéntico dentro y fuera del predio: 35 unidades rectangulares de 375 m² (15 × 25 m) en un sector del predio (base AP; Mapa III.12) y 35 unidades de las mismas dimensiones distribuidas dentro del Sistema Ambiental y fuera del predio (base RE; Mapa III.13), con un esfuerzo de 1.3125 ha por condición. El trabajo de campo fue realizado por la empresa de consultoría ambiental Meyaj k'aax (Juan Andrés Estrella Cach). Conforme a las especificaciones del trabajo de campo, en cada sitio se marcaron los cuatro vértices con GPS y estacas, trazando el cuadrante en sentido contrario a las manecillas del reloj y ajustando las dimensiones con cinta métrica. En el sitio completo se midió con cinta diamétrica el DAP de todos los individuos arbóreos con altura mayor a 1.30 m y DAP ≥ 7.5 cm. En un subcuadrante de 25 m² (5 × 5 m) trazado en el vértice 1 se midieron los ejemplares arbóreos con DAP < 7.5 cm y los individuos leñosos de 0.50 a 1.30 m de altura, registrando el diámetro basal. En un subcuadrante de 1 m² (1 × 1 m) en el vértice 1 se registró el estrato herbáceo y la regeneración, con altura y dimensiones de copa. Adicionalmente se registraron las epífitas y cactáceas presentes en el sitio. Las especies de flora se compulsaron con la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020). Cuando una especie incluida en la Norma no quedó comprendida dentro de la unidad de muestreo pero se identificó visualmente en las proximidades del sitio con el que se estaba trabajando, la brigada asentó su presencia como registro visual y la documentó fotográficamente; estos registros acreditan la presencia de la especie y se reportan como tales, pero, al carecer de datos dasométricos y ubicarse fuera de la unidad de muestreo, no se integran a las bases de datos ni al cálculo de parámetros e índices. La toma de datos incluyó nombre común, diámetro (cm), altura total (m) y observaciones sobre la condición del individuo; en palmas se registraron la altura al cogollo y al borde de la última hoja. Ambas bases de 2026 provienen de una campaña única de muestreo. Las Fotografías 1 a 10 ilustran el trabajo de campo en ambas condiciones.

La ubicación geográfica y distribución de los 35 sitios dentro del predio y de la RE se presenta en los Mapas III.12 y III.13, respectivamente.

Las coordenadas de los sitios para el AP y para la RE, y los cálculos realizados, se incluyen en los archivos BASE DE DATOS AP 35 SITIOS 2026.xlsx, BASE DE DATOS RE 35 SITIOS 2026.xlsx y HAZUL_Memoria_calculo_parametros_indices.xlsx, respectivamente.



Fotografía 1. Predio (Sitio 1): baliza pintada del vértice 1 y lectura del GPS para el georreferenciado del sitio de muestreo.



Fotografía 2. Región Ecológica (Sitio SAR 2): baliza pintada del vértice 1 y lectura del GPS.



Fotografía 3. Predio (Sitio 12): trazo del cuadrante de 15 × 25 m con cinta métrica entre balizas.



Fotografía 4. Región Ecológica (Sitio SAR 3): brigadistas tendiendo la cinta métrica para el trazo del cuadrante.



Fotografía 5. Predio (Sitio 13): medición del DAP con cinta diamétrica y registro simultáneo de datos en el formato de campo.



Fotografía 6. Región Ecológica (Sitio SAR 32): medición del DAP con cinta diamétrica.



Fotografía 7. Predio (Sitio 1): Medición de ejemplar.



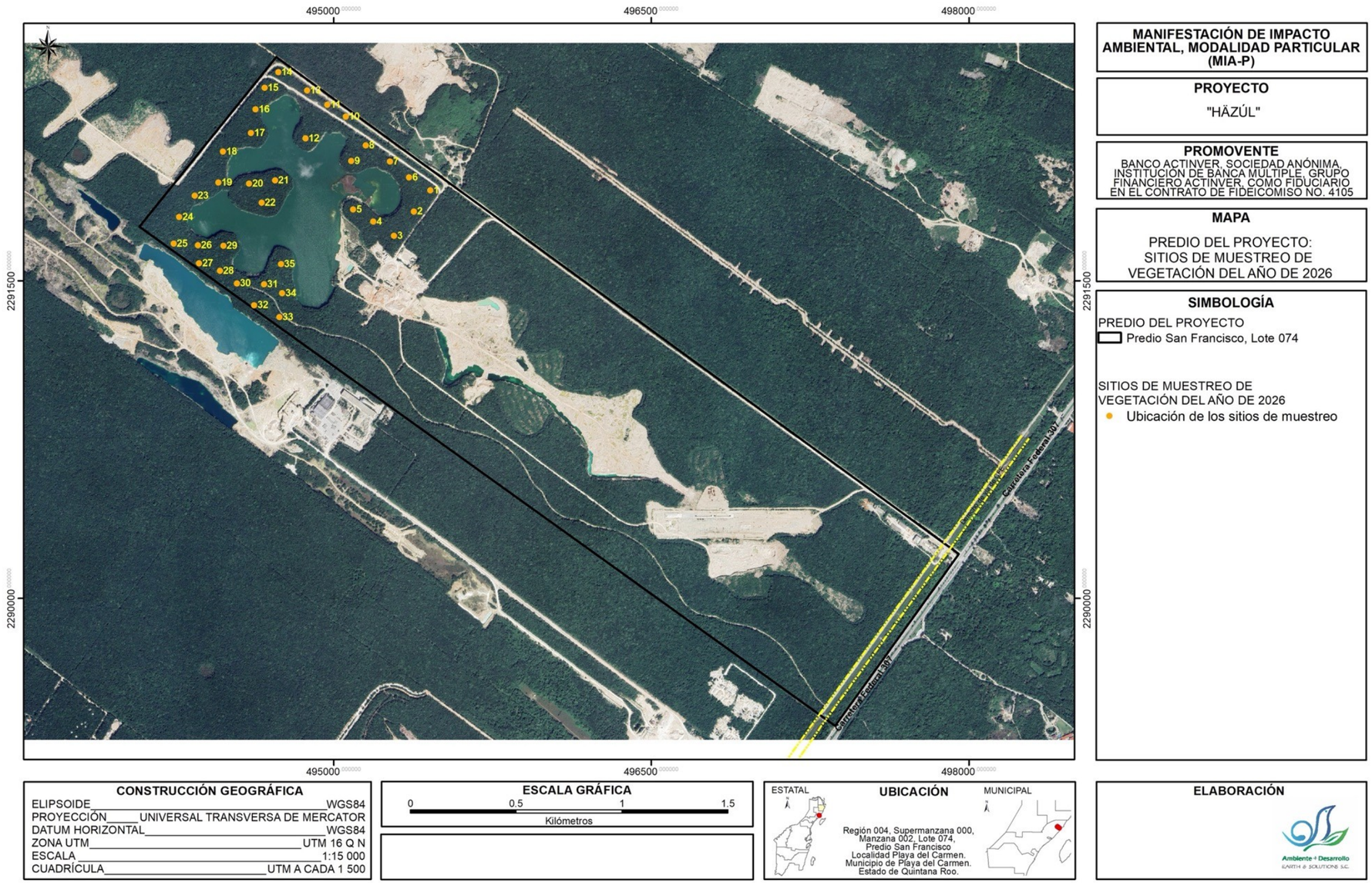
Fotografía 8. Región Ecológica (Sitio SAR 23): Medición de DAP con vernier.



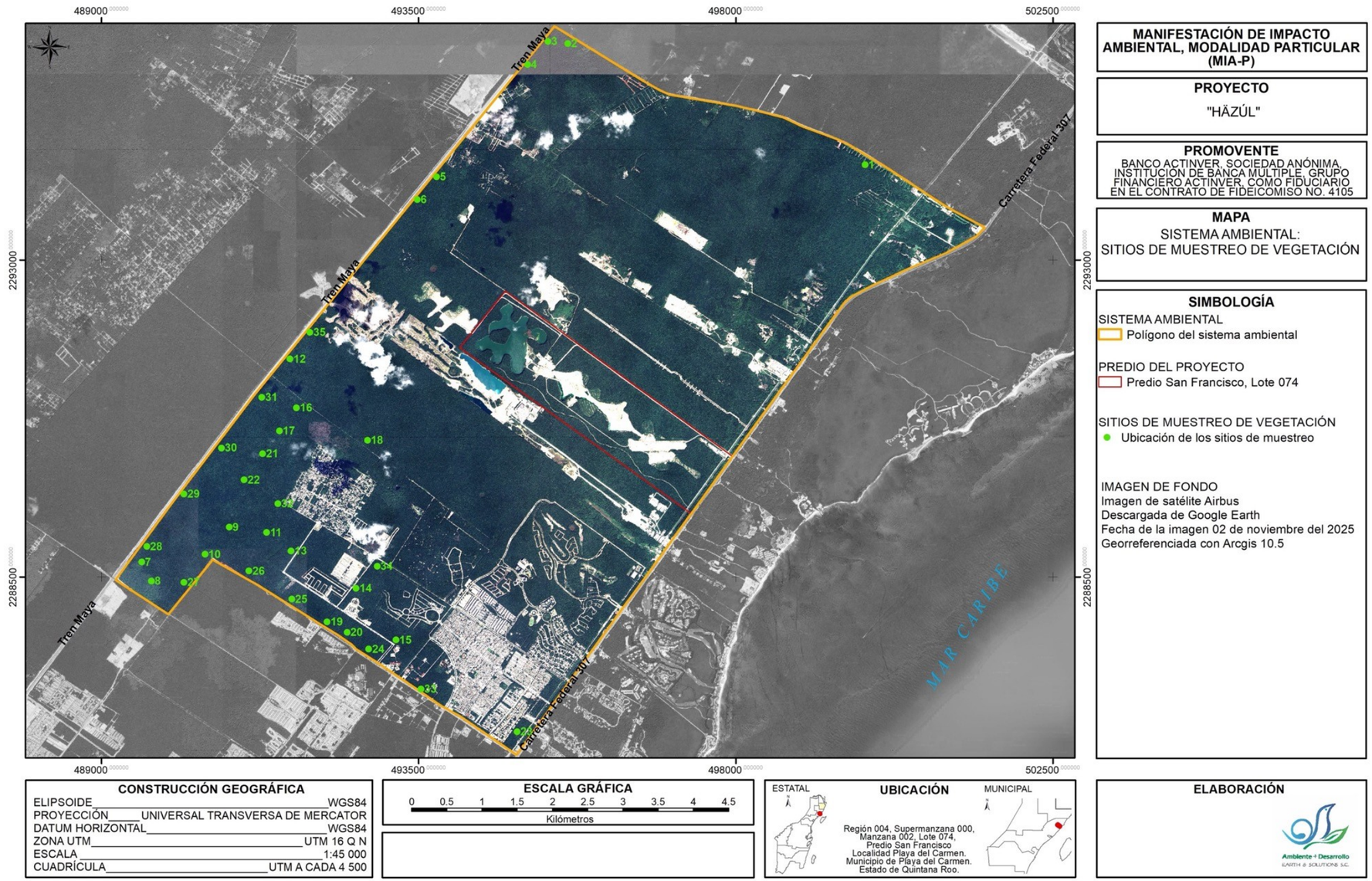
Fotografía 9. Predio (Sitio 31): registro de datos en el formato de campo.



Fotografía 10. Región Ecológica (Sitio SAR 23): estimación de la altura de un individuo arbóreo y registro de datos.



Mapa III.12. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2026 (35 sitios, base AP).



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR (MIA-P)

PROYECTO

"HÄZÚL"

PROMOVENTE

BANCO ACTINVER, SOCIEDAD ANÓNIMA, INSTITUCIÓN DE BANCA MULTIPLE, GRUPO FINANCIERO ACTINVER, COMO FIDUCIARIO EN EL CONTRATO DE FIDEICOMISO NO. 4105

MAPA

SISTEMA AMBIENTAL:
SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN

SIMBOLOGÍA

SISTEMA AMBIENTAL
Polígono del sistema ambiental

PREDIO DEL PROYECTO
Predio San Francisco, Lote 074

SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN
Ubicación de los sitios de muestreo

IMAGEN DE FONDO
Imagen de satélite Airbus
Descargada de Google Earth
Fecha de la imagen 02 de noviembre del 2025
Georreferenciada con Arcgis 10.5

CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

ELIPSOIDE	WGS84
PROYECCIÓN	UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL	WGS84
ZONA UTM	UTM 16 Q N
ESCALA	1:45 000
CUADRÍCULA	UTM A CADA 4 500

ESCALA GRÁFICA

0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5
Kilómetros

UBICACIÓN

ESTATAL

MUNICIPAL

Región 004, Supermanzana 000,
Manzana 002, Lote 074,
Predio San Francisco
Localidad Playa del Carmen.
Municipio de Playa del Carmen.
Estado de Quintana Roo.

ELABORACIÓN

Ambiente + Desarrollo
EARTH & SOLUTIONS S.C.

Mapa III.13. Sistema Ambiental: sitios de muestreo de vegetación fuera del predio (35 sitios, base RE).

III.2.2.1.2.3. Justificación técnica del uso de dos campañas de muestreo para caracterizar la vegetación del predio

Las dos campañas de muestreo cumplen funciones complementarias y no intercambiables. La comparación entre la vegetación del predio y la de la Región Ecológica se sustenta exclusivamente en los muestreos realizados en el predio y en la Región Ecológica en el año 2026, ya que constituye un diseño pareado: mismo año, mismo número de unidades, misma forma, superficie y protocolo, y por lo tanto el mismo esfuerzo de muestreo; con ello, las diferencias observadas entre condiciones son atribuibles a la vegetación y no al diseño. La base de 89 sitios de 2022, por su parte, cubre la totalidad del polígono del predio con un esfuerzo 3.4 veces mayor que la del 2026, y se emplea con dos propósitos: demostrar que el sector muestreado en 2026 dentro del predio es representativo del conjunto (comparación de muestreos realizados en el predio 2026 vs 2022) y sustentar el listado florístico integral y el registro de especies NOM-059. Cuando la base 2022 se contrasta con las bases 2026 se utilizan exclusivamente valores normalizados por hectárea con la superficie de la subunidad correspondiente a cada estrato y métodos de rarefacción-extrapolación que estandarizan el esfuerzo, conforme a Colwell et al. (2012) y Chao y Jost (2012). La nomenclatura taxonómica de las tres bases fue previamente homologada, por lo que los listados son directamente comparables.

III.2.2.1.3. PARÁMETROS E ÍNDICES CALCULADOS Y MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN

III.2.2.1.3.1. Estructura

Para cada base y estrato se calcularon la densidad (individuos por hectárea, extrapolando cada registro con la superficie de la subunidad en la que fue medido: 500, 100 o 5 m² por sitio en 2022 y 375, 25 o 1 m² por sitio en 2026; en la base 2022, donde un estrato integra registros de dos subunidades, la densidad y el área basal por hectárea suman las contribuciones de cada subunidad con su propio esfuerzo), el área basal ($AB = \pi \cdot (DAP/200)^2$, sumada por especie y por hectárea, incluyendo los fustes secundarios de individuos multifustales, mientras que la densidad contabiliza individuos), la altura media y máxima, y la riqueza por estrato. La estructura horizontal del estrato arbóreo se sintetiza con el Índice de Valor de Importancia Relativa (IVI, Curtis y McIntosh 1951), calculado como el promedio de la densidad relativa, la dominancia relativa (área basal) y la frecuencia relativa de cada especie; el IVI identifica las especies que estructuran la comunidad y permite comparar si el predio y la Región Ecológica están organizados por el mismo conjunto de especies dominantes.

III.2.2.1.3.2. Composición y similitud

La composición se describe mediante la riqueza específica y de familias y el listado homologado de especies. La similitud florística entre el AP y la RE se midió con el coeficiente de Sørensen ($CS = 2C/(A+B)$, donde C son las especies compartidas y A y B las riquezas de cada condición); valores superiores a 0.5 indican comunidades florísticamente afines y valores cercanos a 1 una composición prácticamente equivalente.

III.2.2.1.3.3. Diversidad

La diversidad se calculó por estrato y para la comunidad total. Se emplearon el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\Sigma\, pi \cdot \ln pi$), la equidad de Pielou ($J' = H'/\ln S$), la dominancia de Simpson ($D = \Sigma\, pi^2$) y su complemento ($1-D$), así como los números de Hill o especies efectivas ($q=0$ riqueza, $q=1 = \exp(H')$,

q=2 = 1/D), que expresan la diversidad en unidades comparables de número de especies. Para la interpretación se consideran los criterios convencionales: H' entre 2.0 y 3.5 corresponde a diversidad media a alta en selvas secundarias; J' cercana a 1 indica abundancias repartidas sin dominancia marcada; y la comparación de números de Hill entre condiciones indica cuántas especies efectivas separan a una comunidad de otra. La significancia de las diferencias de H' entre el AP y la RE se evaluó con la prueba t de Hutcheson (1970).

III.2.2.1.3.4. Representatividad del muestreo

La representatividad se evaluó con tres elementos complementarios calculados por base de datos: la riqueza esperada por el estimador no paramétrico Chao1 y la completitud del inventario (100·S/Chao1); la cobertura de muestreo Ĉ de Chao y Jost (2012), que estima la proporción de individuos de la comunidad que pertenece a especies ya registradas; y las curvas de rarefacción (interpolación exacta) y extrapolación al doble del esfuerzo (Colwell et al. 2012), que muestran la tendencia a la asíntota. Este análisis constituye el sustento estadístico de representatividad requerido en la Guía de la SEMARNAT para la elaboración de la MIA.

III.2.2.1.4. RESULTADOS

III.2.2.1.4.1. Esfuerzo y representatividad

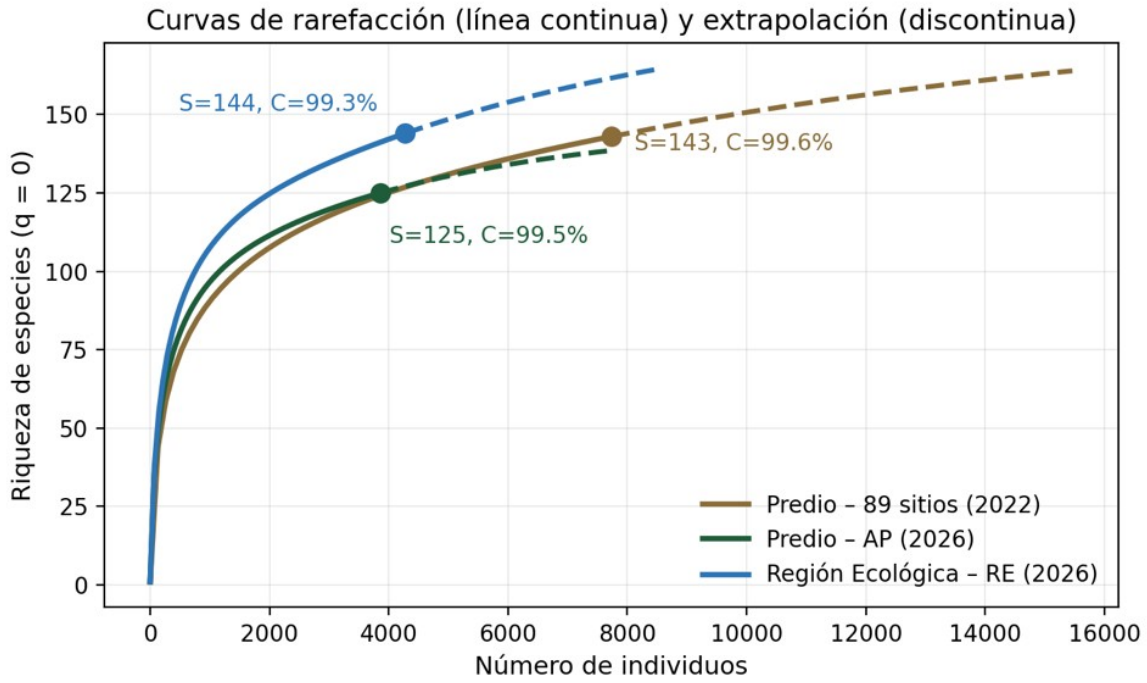
El esfuerzo, la riqueza observada y los estimadores de representatividad se resumen en el Cuadro III.2. Las coberturas de muestreo fueron de 99.6 % (89 sitios), 99.5 % (AP) y 99.3 % (RE): en las tres bases, más del 99 % de los individuos de la comunidad pertenece a especies ya inventariadas, lo que acredita muestreos altamente representativos. La completitud respecto de Chao1 (77.3 %, 85.0 % y 76.8 %) y la forma de las curvas (Figura III.1), próximas a la asíntota, son consistentes con inventarios adecuados para caracterizar comunidades de selva secundaria, donde las especies faltantes corresponden a elementos raros de baja abundancia.

Cuadro III.2. Esfuerzo de muestreo y representatividad por base de datos.

Base de datos	Individuos (n)	S observada	f1	f2	Chao1 / completitud	Cobertura Ĉ (%)
Predio – 89 sitios (2022)	7,730	143	29	10	185.1 / 77.3 %	99.62
Predio – AP (2026)	3,859	125	21	10	147.1 / 85.0 %	99.46
Región Ecológica – RE (2026)	4,275	144	28	9	187.6 / 76.8 %	99.35

S = riqueza observada (número de especies registradas); f1 = número de especies representadas por un solo individuo (singletons); f2 = número de especies representadas por exactamente dos individuos (doubletons); n = número de individuos. Con estos valores se calcularon el estimador no paramétrico de riqueza Chao1 = S + f1²/(2·f2), la completitud del inventario (100·S/Chao1) y la cobertura de muestreo Ĉ = 1 − (f1/n)·[(n − 1)·f1 / ((n − 1)·f1 + 2·f2)] (Chao y Jost, 2012).

Figura III.1. Curvas de rarefacción y extrapolación (q = 0) de las tres bases de datos, con la cobertura de muestreo (C) en el punto observado.



III.2.2.1.4.2. Estructura por estrato

La estructura por hectárea se presenta en el Cuadro III.3. En el estrato arbóreo, el predio (AP) registró 1,396 ind/ha y 24.88 m²/ha de área basal, frente a 1,406 ind/ha y 20.95 m²/ha en la Región Ecológica; las alturas medias (10.2 y 10.7 m) y máximas (15.0 y 15.5 m) son propias de una selva mediana subperennifolia en estadio secundario avanzado de recuperación, con dosel aún por debajo del porte de la comunidad primaria (16 a 25 m). El inventario 2022 del predio completo registró 1,792 ind/ha y 26.84 m²/ha en el estrato arbóreo, valores del mismo orden de magnitud que los del sector AP; la mayor densidad de 2022 refleja la incorporación de los fustes de 7.5 a ~10 cm de DAP, captados en los subsitios de 100 m² y el proceso de autoaclareo esperable en los cuatro años transcurridos, y confirma que el sector muestreado en 2026 es estructuralmente representativo del predio. La densidad del estrato arbustivo y la del herbáceo evidencian regeneración activa en ambas condiciones.

Cuadro III.3. Estructura por hectárea e índices por estrato y base de datos.

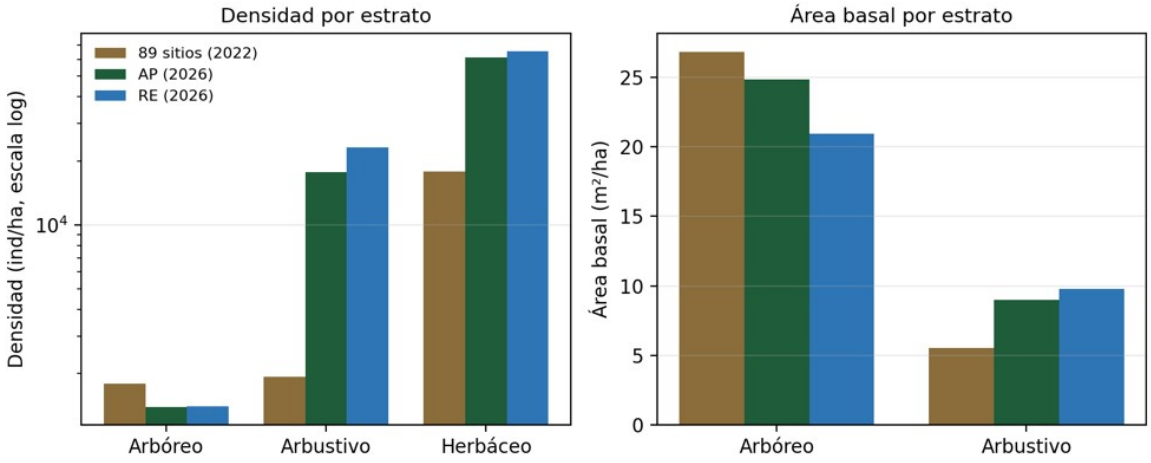
Parámetro	Predio – 89 sitios (2022)	Predio – AP (2026)	Región Ecológica – RE (2026)
ESTRATO ARBÓREO (DAP ≥ 7.5 cm)			
Esfuerzo (ha)	Mixto[1]	1.3125	1.3125
Individuos registrados	5,217	1,832	1,846
Densidad (ind/ha)	1,792	1,396	1,406
Área basal (m²/ha)	26.84	24.88	20.95
Altura media / máxima (m)	11.1 / 18.0	10.2 / 15.0	10.7 / 15.5
Riqueza S	102	72	76
Shannon-Wiener H'	3.338	3.262	3.159
Pielou J'	0.722	0.763	0.729
Simpson 1−D	0.939	0.938	0.920
Hill q=1 (especies efectivas)	28.2	26.1	23.6
ESTRATO ARBUSTIVO			
Esfuerzo (ha)	Mixto[1]	0.0875	0.0875
Individuos registrados	1,719	1,544	2,024
Densidad (ind/ha)	1,927	17,646	23,131
Área basal (m²/ha)	5.51	9.00	9.77
Altura media / máxima (m)	8.1 / 18.0	3.3 / 12.0	3.1 / 11.5
Riqueza S	87	92	109
Shannon-Wiener H'	3.502	3.782	3.852
Pielou J'	0.784	0.836	0.821
Simpson 1−D	0.946	0.966	0.962
Hill q=1 (especies efectivas)	33.2	43.9	47.1
ESTRATO HERBÁCEO			
Esfuerzo (ha)	0.0445	0.0035	0.0035
Individuos registrados	794	214	229
Densidad (ind/ha)	17,843	61,143	65,429
Altura media / máxima (m)	2.8 / 12.0	0.2 / 1.0	0.2 / 0.5

Parámetro	Predio – 89 sitios (2022)	Predio – AP (2026)	Región Ecológica – RE (2026)
Riqueza S	94	40	47
Shannon-Wiener H'	3.829	2.862	3.013
Pielou J'	0.843	0.776	0.782
Simpson 1−D	0.967	0.888	0.907
Hill q=1 (especies efectivas)	46.0	17.5	20.3
COMUNIDAD TOTAL (tres estratos)²			
Riqueza S / Abundancia N	143 / 7,730	116 / 3,817	134 / 4,239
Shannon-Wiener H'	3.729	3.883	3.969
Pielou J'	0.751	0.817	0.810
Simpson 1−D	0.960	0.968	0.968
Hill q=1 / q=2	41.6 / 24.8	48.6 / 31.4	52.9 / 31.2

[1] En la base de 89 sitios (2022), los estratos arbóreo y arbustivo integran registros de las subunidades de 500 y 100 m², asignados por criterio dasométrico; cada registro se expandió con la superficie de su subunidad (esfuerzos de 4.45 y 0.89 ha respectivamente). Por el umbral mínimo de registro de la subunidad de 100 m², las densidades de los estratos arbustivo y herbáceo de 2022 no son directamente comparables con las de 2026 y se presentan como referencia.

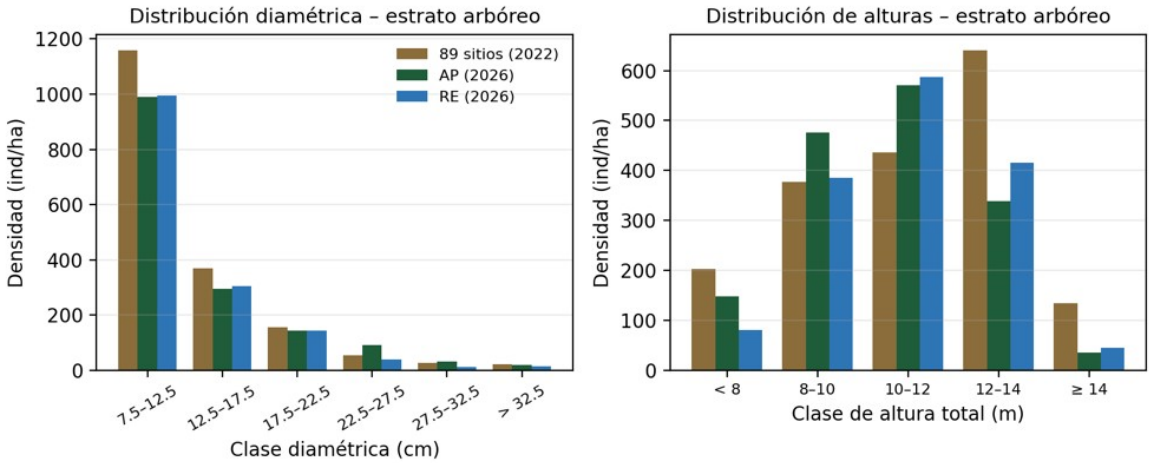
[2] La comunidad total integra únicamente los registros de los tres estratos dasométricos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), que son los que sustentan los índices por estrato. Por ello, en las bases de 2026 su riqueza y abundancia (116 especies y 3,817 individuos en el AP; 134 y 4,239 en la RE) son menores que las del Cuadro III.2 (125 y 3,859; 144 y 4,275), que incluyen además los registros de la categoría de epífitas/cactáceas, levantada a nivel de sitio y no dentro de las subunidades por estrato: 42 registros y 9 especies exclusivas en el AP y 36 registros y 10 especies exclusivas en la RE. En la base de 89 sitios (2022) no existe esta categoría, por lo que ambos cuadros coinciden (143 especies y 7,730 individuos).

Figura III.2. Densidad y área basal por estrato.



La distribución diamétrica del estrato arbóreo (Figura III.3) presenta en las tres bases la forma de J invertida característica de las masas irregulares en recuperación: la mayor densidad se concentra en la primera clase (7.5 a 12.5 cm) y decrece de manera continua hacia las clases superiores. El diámetro medio del arbolado es de 12.9 cm en el AP y 12.3 cm en la RE (diámetro cuadrático, Dq, de 14.2 y 13.3 cm; máximos de 45.5 y 49.7 cm), y en el inventario 2022 del predio completo de 14.7 cm (Dq = 15.9 cm, máximo de 71.3 cm), diferencias menores atribuibles al sector muestreado y a la incorporación de fustes de 7.5 a ~10 cm captados en los subsitios. La distribución de alturas concentra la densidad entre 8 y 14 m, con individuos emergentes de hasta 15.5 m en 2026 y 18.0 m en el inventario 2022: un dosel aún por debajo del intervalo de referencia de la comunidad primaria (25 a 30 m según INEGI), congruente con el estadio secundario. La abundancia de las primeras clases diamétricas y las altas densidades de los estratos arbustivo y herbáceo indican regeneración activa y reclutamiento continuo en ambas condiciones (Fotografías 11 y 12).

Figura III.3. Distribución de la densidad por clases diamétricas y por clases de altura del estrato arbóreo.





Fotografía 11. Predio (Sitio 1): aspecto interior del sitio de muestreo; regeneración densa de la selva mediana subperennifolia secundaria con palmas en el sotobosque.



Fotografía 12. Región Ecológica (Sitio SAR 23): aspecto interior del sitio de muestreo; sotobosque con palmas (Arecaceae).

III.2.2.1.4.3. Composición florística e IVI

La comunidad total del predio (AP 2026) registró 125 especies de 43 familias, la Región Ecológica 144 especies de 49 familias, y el inventario 2022 del predio completo 143 especies de 41 familias. Las familias mejor representadas en ambas condiciones son Fabaceae (18), Sapindaceae (7), Euphorbiaceae (6), Polygonaceae (6) en el AP y Fabaceae (19), Rubiaceae (10), Sapindaceae (8), Polygonaceae (7) en la RE. El coeficiente de similitud de Sørensen entre el AP y la RE fue de 0.81 (109 especies compartidas), valor que indica que ambas condiciones comparten esencialmente la misma flora y corresponden a la misma comunidad vegetal. Los Cuadros III.4 y III.5 presentan las diez especies con mayor IVI del estrato arbóreo en cada condición: la coincidencia de las especies estructurantes (las hojas IVI de la memoria de cálculo contienen el listado completo) confirma que el predio no constituye un elemento florístico singular respecto de su región.

Cuadro III.4. Diez especies con mayor IVI del estrato arbóreo – Predio (AP 2026).

Especie	N ind.	Densidad rel. (%)	Dominancia rel. (%)	Frecuencia rel. (%)	IVI (%)
Lysiloma latisiliquum	272	14.85	40.69	4.94	**20.16**
Bursera simaruba	173	9.44	7.92	4.94	**7.43**
Diospyros salicifolia	157	8.57	3.62	4.94	**5.71**

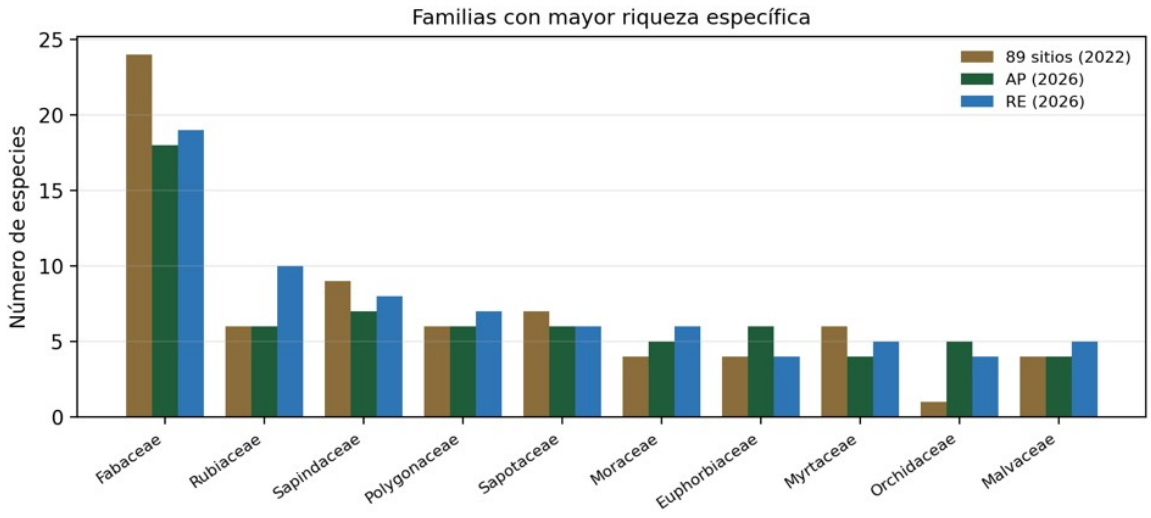
Especie	N ind.	Densidad rel. (%)	Dominancia rel. (%)	Frecuencia rel. (%)	IVI (%)
Ficus cotinifolia	70	3.82	4.62	4.17	**4.20**
Cenostigma gaumeri	93	5.08	3.13	4.32	**4.17**
Lonchocarpus rugosus	98	5.35	3.54	3.40	**4.09**
Diospyros tetrasperma	95	5.19	2.05	3.70	**3.65**
Metopium brownei	48	2.62	4.74	3.55	**3.64**
Vitex gaumeri	51	2.78	4.05	3.24	**3.36**
Gymnanthes lucida	75	4.09	1.52	4.32	**3.31**

Cuadro III.5. Diez especies con mayor IVI del estrato arbóreo – Región Ecológica (RE 2026).

Especie	N ind.	Densidad rel. (%)	Dominancia rel. (%)	Frecuencia rel. (%)	IVI (%)
Lysiloma latisiliquum	408	22.10	38.65	6.27	**22.34**
Bursera simaruba	196	10.62	5.80	5.90	**7.44**
Metopium brownei	118	6.39	8.70	4.98	**6.69**
Lonchocarpus rugosus	124	6.72	4.50	4.98	**5.40**
Vitex gaumeri	85	4.60	4.76	4.80	**4.72**

Especie	N ind.	Densidad rel. (%)	Dominancia rel. (%)	Frecuencia rel. (%)	IVI (%)
Diospyros salicifolia	99	5.36	2.82	4.61	**4.26**
Ficus cotinifolia	73	3.95	4.20	4.24	**4.13**
Dendropanax arboreus	72	3.90	2.77	3.87	**3.52**
Coccoloba spicata	69	3.74	2.36	3.87	**3.33**
Neea psychotrioides	58	3.14	2.16	4.43	**3.24**

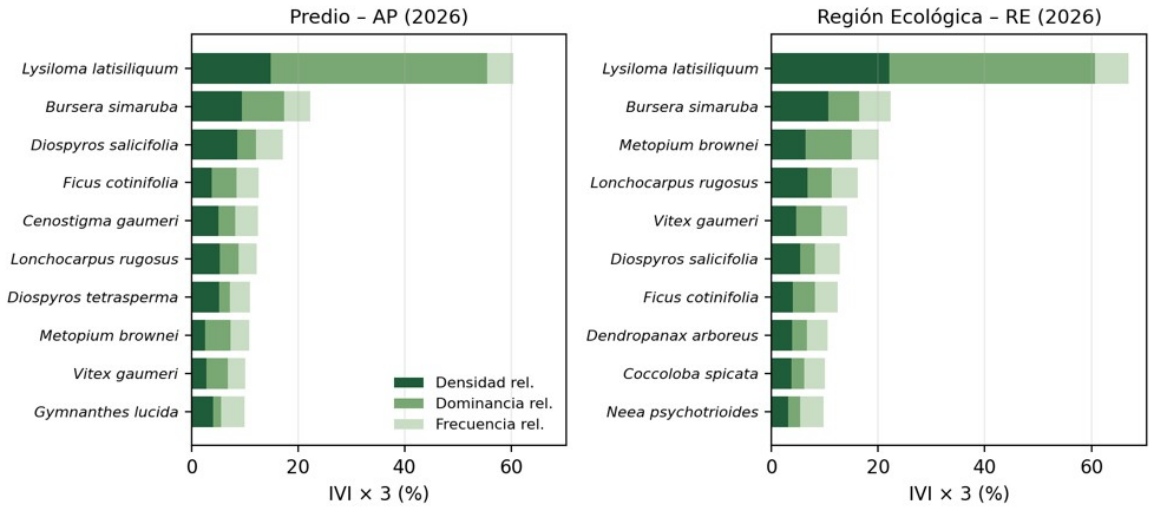
Figura III.4. Familias con mayor riqueza específica por base de datos.



La composición por familias (Figura III.4) es consistente entre las tres bases: Fabaceae encabeza la riqueza en todas, seguida de Sapindaceae, Polygonaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae y Sapotaceae, patrón típico de las selvas medianas de la península de Yucatán. La Figura III.5 desagrega el IVI de las diez especies principales en sus tres componentes: en ambas condiciones el primer lugar de *Lysiloma latisiliquum* se sustenta sobre todo en su dominancia (área basal) y el de *Bursera simaruba* en la combinación de densidad y frecuencia, mientras que el resto de las especies

aporta valores menores y repartidos, sin dominancia excluyente de ninguna especie. Las epífitas y hemiepífitas registradas en ambas condiciones se ilustran en las Fotografías 13 a 16.

Figura III.5. Componentes del Índice de Valor de Importancia de las diez especies principales del estrato arbóreo.





Fotografía 13. Predio (Sitio 15): orquídea epífita (*Catasetum integerrimum*) registrada en el sitio de muestreo.



Fotografía 14. Región Ecológica (Sitio SAR 26): bromelia epífita (*Tillandsia* sp.) sobre el fuste de un árbol.



Fotografía 15. Predio (Sitio 34): bromelia terrestre (cf. *Bromelia pinguin*, piñuela).



Fotografía 16. Región Ecológica (Sitio SAR 3): *Anthurium schlechtendalii* (bob tun) registrado en el sitio de muestreo.

III.2.2.1.4.4. Diversidad y comparación estadística

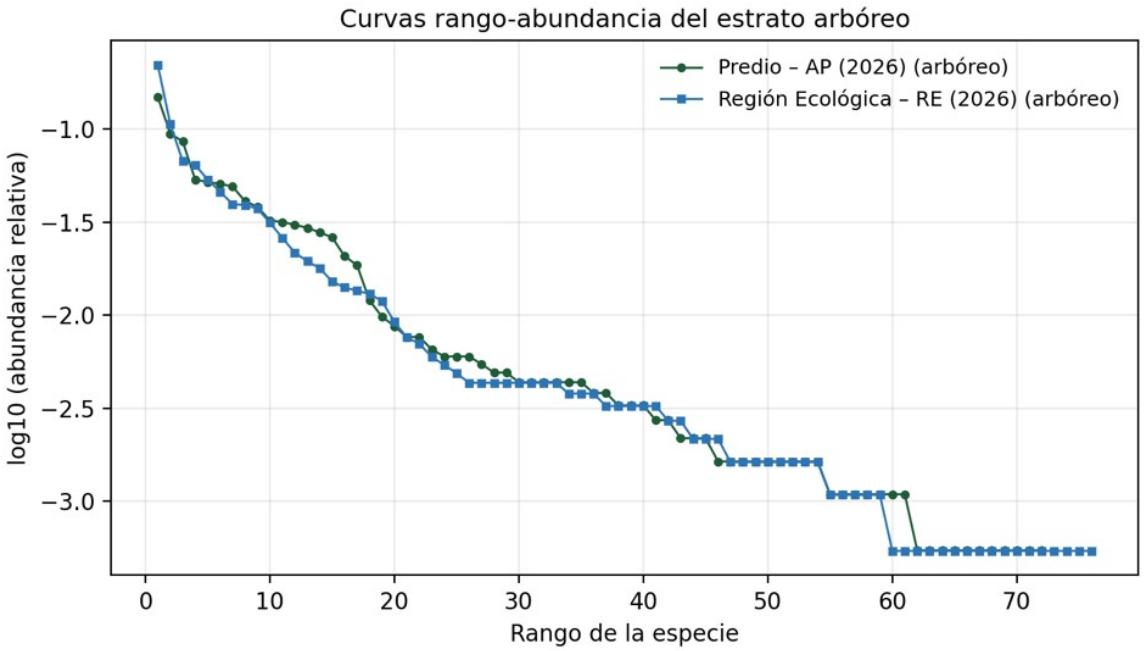
Los valores de H' de la comunidad total (3.883 en el AP y 3.969 en la RE) corresponden a diversidad alta para selvas secundarias, con equidades de Pielou de 0.817 y 0.810 que indican comunidades sin dominancia marcada. La prueba t de Hutcheson (Cuadro III.6) muestra que el estrato arbóreo del predio es ligeramente más diverso que el de la RE ($t = 2.60$, $p = 0.009$), mientras que en los estratos arbustivo y herbáceo no hay diferencias significativas, y en la comunidad total la RE resulta más diversa ($t = -3.34$, $p < 0.001$) por su mayor riqueza acumulada. En números de Hill, la diferencia total equivale a 4.3 especies efectivas ($q=1$: 48.6 vs 52.9), una magnitud ecológicamente menor que, junto

con la similitud de Sørensen y la coincidencia de especies dominantes (Figura III.6), sustenta que la vegetación del predio y la de su región son equivalentes en estructura, composición y diversidad.

Cuadro III.6. Prueba t de Hutcheson para H′ entre el AP y la RE (2026).

Estrato	t	g.l.	p (dos colas)	Interpretación
Arbóreo	2.60	3,952	0.0094	AP > RE, diferencia significativa
Arbustivo	-1.88	3,506	0.0607	Sin diferencia significativa
Herbáceo	-1.22	440	0.2218	Sin diferencia significativa
Comunidad total	-3.34	8,044	< 0.001	RE > AP, diferencia significativa

Figura III.6. Curvas rango-abundancia del estrato arbóreo del AP y la RE (2026).



III.2.2.1.4.5. Correspondencia con la selva mediana subperennifolia cartografiada por el INEGI

Los muestreos realizados dentro del predio (bases de 89 sitios de 2022 y AP de 2026) y fuera de él, en la Región Ecológica (base RE de 2026), confirman que el tipo de vegetación corresponde al establecido por el INEGI para el área como selva mediana subperennifolia (clave SMQ, Serie VII), tanto por su estructura —tres estratos con palmas intercaladas y abundantes epífitas (apartado III.2.2.1.4.2)— como por su composición florística. El Cuadro III.7 contrasta las especies importantes —potenciales— que la Guía de interpretación de la cartografía (INEGI, 2021) asigna a este tipo de vegetación con su registro en las tres bases de datos del proyecto.

Cuadro III.7. Especies potenciales de la selva mediana subperennifolia según la Guía de interpretación de la cartografía de Uso del suelo y vegetación Serie VII (INEGI, 2021) y su registro en los muestreos del proyecto.

Especie potencial (INEGI)	Nombre común (INEGI)	Registrada dentro del predio	Registrada en la RE (Sistema Ambiental)	Observación
Lysiloma latisiliquum	Tsalam, guaje, tepeguaje	Sí	Sí	Primer lugar del IVI arbóreo en AP y RE
Brosimum alicastrum	Ox, ramón, capomo	Sí	Sí	No captada por el sector AP 2026; presente en el inventario 2022 del predio
Bursera simaruba	Chaka', palo mulato	Sí	Sí	Segundo lugar del IVI arbóreo en AP y RE
Manilkara zapota	Ya', zapote, chicozapote	Sí	Sí	Presente en las tres bases
Vitex gaumeri	Ya'axnik	Sí	Sí	Presente en las tres bases
Terminalia buceras	Pukté	No	No	Elemento de sitios más húmedos o inundables; ausencia congruente con el drenaje rápido del área
Alseis yucatanensis	Jaasché	No	No	Elemento de selvas más conservadas del centro-sur peninsular
Psidium sartorianum	Pichiche'	Sí	Sí	Presente en el inventario 2022 y en la RE

Especie potencial (INEGI)	Nombre común (INEGI)	Registrada dentro del predio	Registrada en la RE (Sistema Ambiental)	Observación
Epífitas: orquídeas, bromeliáceas, aráceas, helechos y musgos	—	Sí	Sí	Registradas: *Catasetum integerrimum, Prosthechea boothiana, Trichocentrum spp., Myrmecophila christinae, Tillandsia streptophylla, Aechmea bracteata, Bromelia pinguin, Anthurium schlechtendalii* y *Philodendron hederaceum*

Seis de las ocho especies arbóreas diagnósticas enlistadas por el INEGI para la selva mediana subperennifolia fueron registradas en los muestreos del proyecto —incluidas las dos que estructuran el estrato arbóreo en ambas condiciones *(Lysiloma latisiliquum* y *Bursera simaruba*)—, así como representantes de todos los grupos de epífitas señalados por la Guía del INEGI. La ausencia de *Terminalia buceras* y *Alseis yucatanensis*, elementos asociados a condiciones más húmedas o a masas mejor conservadas del centro y sur de la península, y un dosel aún por debajo de la altura media de referencia (25 a 30 m), son congruentes con el estado sucesional secundario en recuperación que presenta la comunidad en el área de estudio. En conjunto, la correspondencia florística confirma que la vegetación del predio y de su región pertenece al tipo cartografiado por el INEGI y encuadra el presente estudio en la descripción oficial vigente.

III.2.2.1.5. INFORMACIÓN CONFORME AL CAPÍTULO III DE LA GUÍA DE LA MIA

Los siguientes cuadros presentan un resumen de los resultados obtenidos para la vegetación, utilizando parcial o totalmente el formato sugerido por la Guía para la elaboración de la MIA.

Cuadro III.8. Resumen y metodología de muestreos en la vegetación.

Campaña	Tipo	Método	No. de sitios	Estacionalidad	Fecha y esfuerzo	Comunidad	Ámbito
Predio 2022	Sistemático	Sitios circulares de 500 m² con subsitios de 100 y 5 m² (por área)	89	Temporada de secas	23 de noviembre de 2021 a 09 junio de 2022; 4.45 ha	Selva Mediana Subperennifolia en estado avanzado de recuperación	Terrestre

Campaña	Tipo	Método	No. de sitios	Estacionalidad	Fecha y esfuerzo	Comunidad	Ámbito
AP 2026	Sistemático	Sitios rectangulares de 375 m² (15×25 m) con subcuadrantes de 25 y 1 m² (por área)	35	Temporada de lluvia	03 al 12 de Junio de 2026; 1.3125 ha		
RE 2026	Sistemático	Sitios rectangulares de 375 m² (15×25 m) con subcuadrantes de 25 y 1 m² (por área)	35	Temporada de lluvia	02 al 18 de Julio de 2026; 1.3125 ha		

Cuadro III.9. Especies de flora identificadas en campo incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación del Anexo Normativo III (2019): registros dasométricos y registros visuales.

Nombre científico	Nombre común	Categoría	Endémica	Número de individuos con registro dasométrico / registro visual en proximidades de sitios (2026)	AP	RE	Individuos estimados en la superficie de CUSTF (251.1051 ha)²
Thrinax radiata	Chit	A	No	Predio: 15 (89 sitios). RE: 3. Registro visual: AP sitio 16; RE sitios 5, 6, 10, 14, 15, 22, 23 y 35	X	X	19,186
Coccothrinax readii	Nacax	A	Sí	Predio: 11 (89 sitios). RE: 2. Registro visual: RE sitios 1 y 14	X	X	13,599
Zamia prasina	Zamia	Pr	No	Sin registro dasométrico. Registro visual: RE sitio 26	—	X³	—
Beaucarnea pliabilis	Despeinada	A	No	Sin registro dasométrico. Registro visual: AP sitios 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 35	X³	—	—

Nombre científico	Nombre común	Categoría	Endémica	Número de individuos con registro dasométrico / registro visual en proximidades de sitios (2026)	AP	RE	Individuos estimados en la superficie de CUSTF (251.1051 ha)²
Handroanthus chrysanthus	K'an lool	A	No	Predio: 16 (15 en 89 sitios; 1 en AP). Registro visual: AP sitio 30	X	—	1,083
Astronium graveolens	Jobillo	A	No	Predio: 1 (89 sitios; un individuo de cuatro fustes). RE: 1. Registro visual: RE sitio 17	X	X	56

Categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020): A = Amenazada; Pr = Sujeta a protección especial. En dicha Norma, *Handroanthus chrysanthus* se lista como *Tabebuia chrysantha*. La columna AP integra los registros dasométricos dentro del predio (bases 2022 y 2026); en la base 2022 se cuentan individuos, no fustes. Los registros visuales corresponden a individuos identificados en las proximidades del sitio de muestreo con el que se estaba trabajando (campaña 2026) y documentados fotográficamente; acreditan la presencia de la especie, pero no se integran al cálculo de parámetros e índices ni a la estimación de individuos. [1] La presencia en el área de influencia (AI) se acredita con los registros del predio, contenido en el AI. [2] Estimación obtenida como densidad adoptada (ind/ha) × 251.1051 ha, únicamente para las especies con registro dasométrico en el predio; el desglose por base de datos y clase de tamaño se presenta en el Cuadro III.10. [3] Presencia acreditada únicamente por registro visual.

Cabe señalar que, si bien *Beaucarnea pliabilis* y *Handroanthus chrysanthus* no fueron registradas en los sitios de muestreo de la RE, su ausencia en dicho muestreo no implica que se trate de especies presentes únicamente en el predio. Dado el carácter muestral del inventario, la probabilidad de detectar especies con densidades bajas es reducida, por lo que la falta de registro en la RE no equivale a la ausencia de estas especies en el SA. Adicionalmente, su presencia en otras localidades del estado de Quintana Roo se encuentra documentada en la plataforma de ciencia ciudadana iNaturalist México (NaturalistaMX), administrada por la CONABIO como nodo nacional de la red iNaturalist, en la cual se publican observaciones georreferenciadas, documentadas fotográficamente y validadas por la comunidad de identificadores.

En las Figuras III.7 y III.8 se presentan los mapas de observaciones de ambas especies en el estado de Quintana Roo, obtenidos de dicha plataforma (consulta: agosto de 2026). A la fecha de consulta, *B. pliabilis* contaba con 118 observaciones aportadas por 74 observadores y *H. chrysanthus* con 43 observaciones de 17 observadores, concentradas principalmente en la porción norte del estado, a lo largo del corredor Cancún–Puerto Morelos–Playa del Carmen, lo que evidencia que la distribución de ambas especies no se restringe al predio San Francisco.

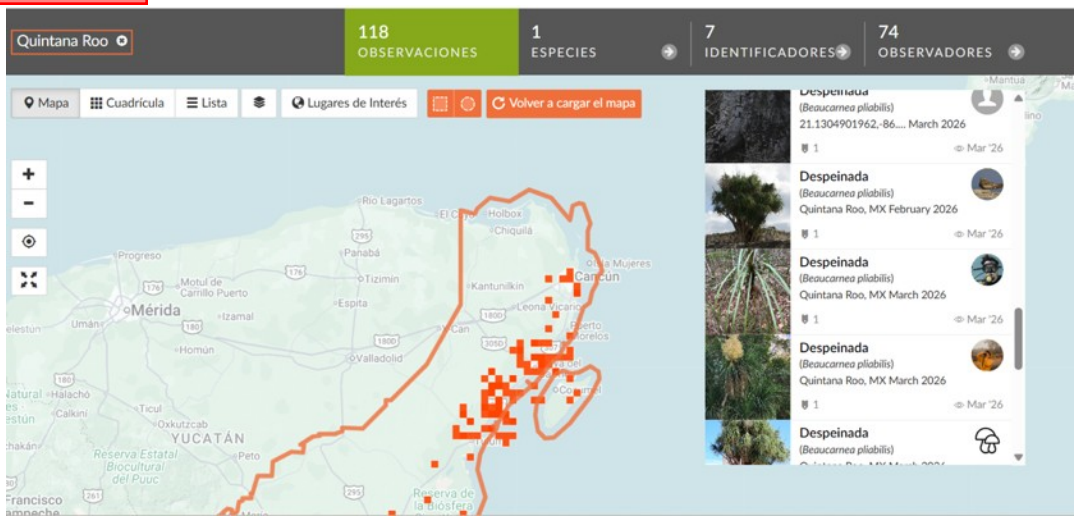


Figura III.7. Observaciones de *Beaucarnea pliabilis* en el estado de Quintana Roo. Fuente: iNaturalist México (NaturalistaMX, naturalista.mx); consulta: agosto de 2026.

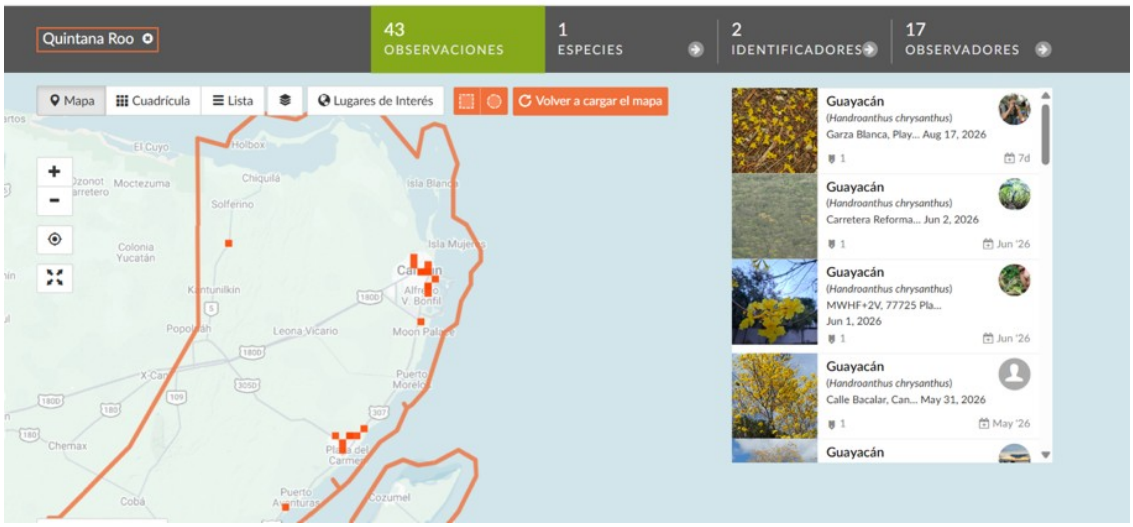


Figura III.8. Observaciones de *Handroanthus chrysanthus* en el estado de Quintana Roo. Fuente: iNaturalist México (NaturalistaMX, naturalista.mx); consulta: agosto de 2026.

En el Cuadro III.10 se presenta la estimación del número de individuos de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020), que serían removidos con motivo del CUSTF.

Cuadro III.10. Densidad de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en el predio y estimación de individuos en la superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF: 2,511,051.445 m² = 251.1051 ha).

Especie	Base 89 sitios (2022): individuos por subunidad 500 / 100 / 5 m²	Densidad 2022 (ind/ha)[1]	Base AP (2026): individuos por subunidad 375 / 25 / 1 m²	Densidad AP (ind/ha)[2]	Densidad adoptada (ind/ha)[3]	Individuos estimados en 251.1051 ha
Thrinax radiata	5 / 7 / 3	76.40	0 / 0 / 0	—	76.40	**19,186**
Coccothrinax readii	1 / 8 / 2	54.16	0 / 0 / 0	—	54.16	**13,599**
Handroanthus chrysanthus	10 / 5 / 0	7.87	1 / 0 / 0	0.76	4.31	**1,083**
Astronium graveolens	1 / 0 / 0	0.22	0 / 0 / 0	—	0.22	**56**
Total						**33,924**

[1] Densidad = n_{500}/4.45 ha + n_{100}/0.89 ha + n_5/0.0445 ha: cada registro se expandió con la superficie total muestreada de su subunidad en los 89 sitios (500, 100 y 5 m² por sitio), conforme al criterio del apartado III.2.2.1.3.1; *Astronium graveolens* corresponde a un solo individuo con cuatro fustes. [2] Densidad = n_{375}/1.3125 ha + n_{25}/0.0875 ha + n_1/0.0035 ha (35 sitios); únicamente se consideran los registros dasométricos de los estratos. [3] Promedio de las densidades de las bases con registro de la especie; cuando la especie se registró en una sola base se adopta esa densidad. Superficie de CUSTF: 2,511,051.445 m² (251.1051 ha).

El número de individuos que se afectarían por el CUSTF (Cuadros III.9 y III.10) resulta de multiplicar la densidad adoptada de cada especie por la superficie de vegetación a remover (251.1051 ha): en conjunto, del orden de 33,924 individuos de las cuatro especies con registro dasométrico en el predio. Las estimaciones de *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii* están dominadas por la expansión de los registros del subsitio de 5 m² de la base 2022 (regeneración), que aportan el 88 % y el 83 % de sus densidades; por ello la cifra debe interpretarse como el orden de magnitud de individuos de todas las clases de tamaño —dominado por plántulas y juveniles— y no como un conteo de individuos adultos, cuya estimación a partir de la subunidad de 500 m² (DAP ≥ 7.5 cm) es de 282 *Thrinax radiata*, 56 *Coccothrinax readii*, 564 *Handroanthus chrysanthus* y 56 *Astronium graveolens*. En el muestreo AP 2026 únicamente *Handroanthus chrysanthus* tuvo registro dasométrico (un individuo arbóreo; 0.76 ind/ha), por lo que su densidad adoptada promedia ambas bases. *Beaucarnea pliabilis*, cuya presencia en el predio se acredita por registro visual en las proximidades de siete sitios del AP (24 a 29 y 35), no se cuantifica en el Cuadro III.10, pero deberá incluirse en el programa de rescate; *Zamia prasina* solo se registró visualmente en la Región Ecológica, fuera del predio. Estos individuos deberán ser objeto del programa de rescate y reubicación de flora, cuyas cantidades definitivas se precisarán mediante el marcaje y censo previos al desmonte.

Con la finalidad de identificar el número de ejemplares de especies protegidas, ya establecidos dentro del estrato arbóreo y arbustivo, y que serían visiblemente removidos con el CUSTF que se pretende, en el Cuadro III.11 que se presenta a continuación, únicamente se presentan las estimaciones por especie para estos dos estratos, omitiendo el herbáceo. Como resultado se tiene que en las 251.1051 ha del CUSTF se estima la remoción de 2,324 individuos del estrato arbóreo y 3,385 del estrato arbustivo de las cuatro especies con registro dasométrico (5,709 en conjunto): en el estrato arbóreo predominan *Thrinax radiata* (1,693 individuos) y *Handroanthus chrysanthus* (519), mientras que en el arbustivo destacan *Coccothrinax readii* (2,257) y, con 564 individuos cada una, *Thrinax radiata* y *Handroanthus chrysanthus*. La diferencia respecto del total del Cuadro III.10 (33,924) corresponde a la regeneración de *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii* del subsitio de 5 m² (16,929 y 11,286 individuos, respectivamente), que se atenderá mediante el rescate de germoplasma y/o la reubicación de plántulas del programa correspondiente; los individuos de *Beaucarnea pliabilis*, acreditados por registro visual, se cuantificarán en el marcaje y censo previos al desmonte.

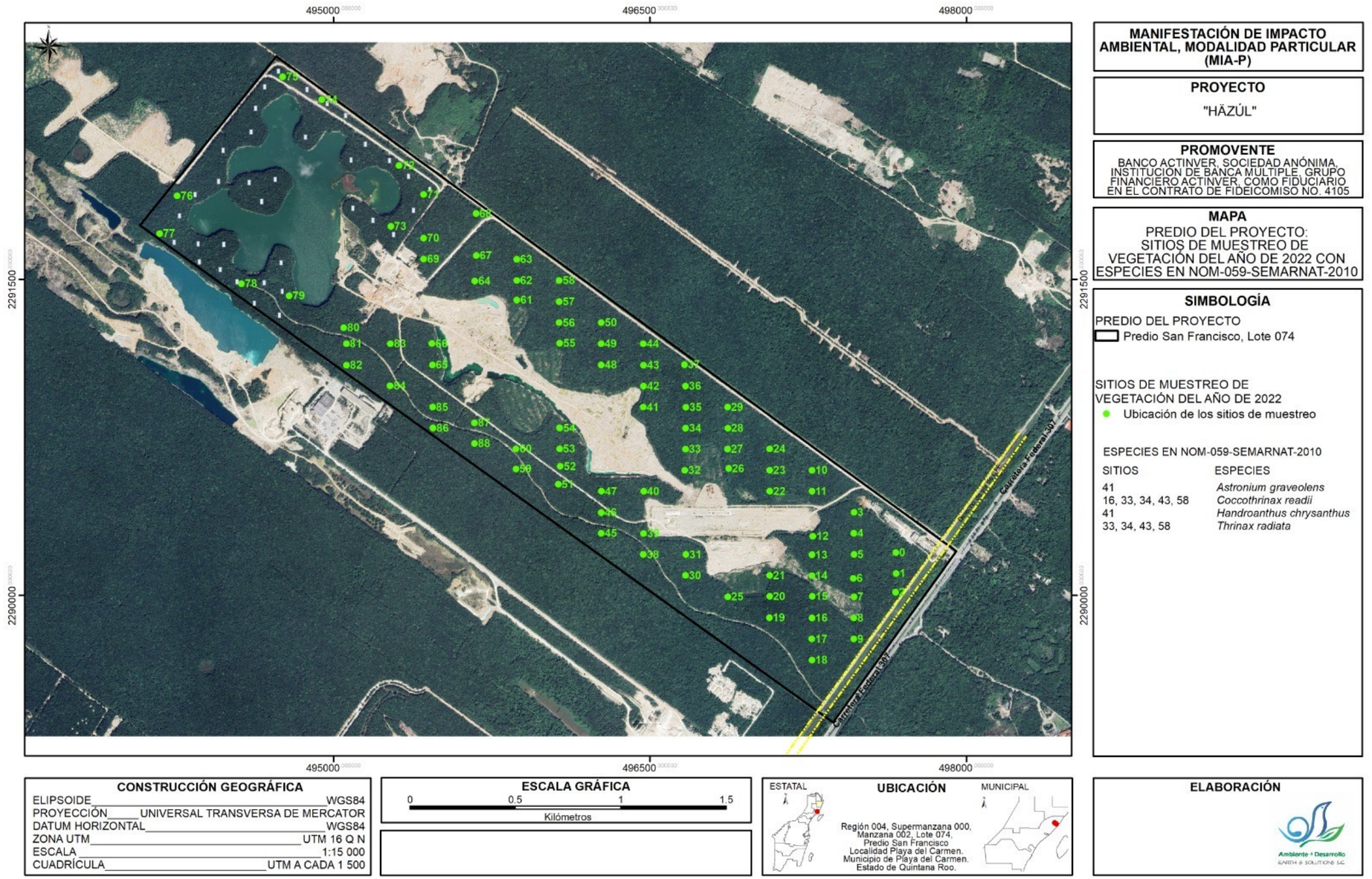
Cuadro III.11. Individuos a remover por especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en los estratos arbóreo y arbustivo, dentro de la superficie de CUSTF (251.1051 ha).

Especie	Individuos con registro dasométrico – estrato arbóreo[1]	Densidad adoptada arbóreo (ind/ha)[2]	Individuos a remover – arbóreo	Individuos con registro dasométrico – estrato arbustivo[1]	Densidad adoptada arbustivo (ind/ha)[2]	Individuos a remover – arbustivo	Total arbóreo + arbustivo
Thrinax radiata	2022: 5 (500 m²) + 5 (100 m²)	6.74	1,693	2022: 2 (100 m²)	2.25	564	**2,257**
Coccothrinax readii	2022: 1 (500 m²)	0.22	56	2022: 8 (100 m²)	8.99	2,257	**2,313**
Handroanthus chrysanthus	2022: 10 (500 m²) + 1 (100 m²); AP: 1 (375 m²)	2.07	519	2022: 4 (100 m²); AP: sin registro	2.25	564	**1,083**
Astronium graveolens	2022: 1 (500 m²; cuatro fustes)	0.22	56	—	—	—	**56**
Total			**2,324**			**3,385**	**5,709**

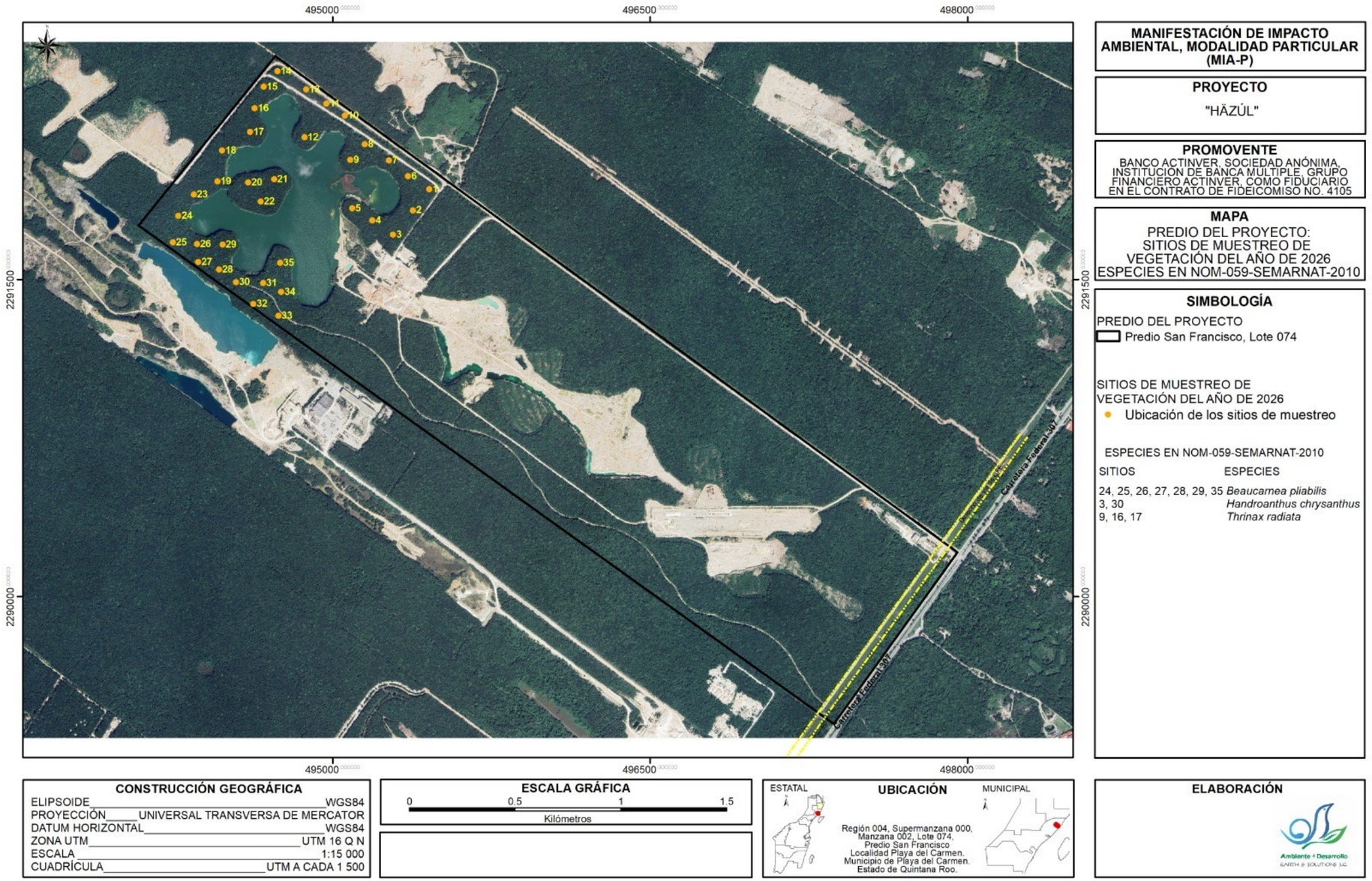
[1] Individuos (fustes principales) clasificados con el criterio dasométrico del apartado III.2.2.1.2.1: arbóreo = DAP ≥ 7.5 cm y altura > 1.30 m; arbustivo = DAP < 7.5 cm y altura > 1.30 m, o altura de 0.50 a 1.30 m; entre paréntesis, la subunidad de registro. [2] Cada registro se expande con la superficie muestreada de su subunidad (2022: 500 m² → 4.45 ha y 100 m² → 0.89 ha; AP 2026: 375 m² → 1.3125 ha y 25 m² → 0.0875 ha) y la densidad adoptada por estrato promedia las mismas bases consideradas para cada especie en el Cuadro III.10 (para *Handroanthus chrysanthus*, 2022 y AP; para las demás, únicamente 2022), de modo que la suma de ambos estratos reproduce la estimación del Cuadro III.10 una vez descontada la regeneración del subsitio de 5 m². Individuos a remover =

densidad adoptada × 251.1051 ha; por el redondeo por estrato, las sumas pueden diferir en ±1 respecto del Cuadro III.10.

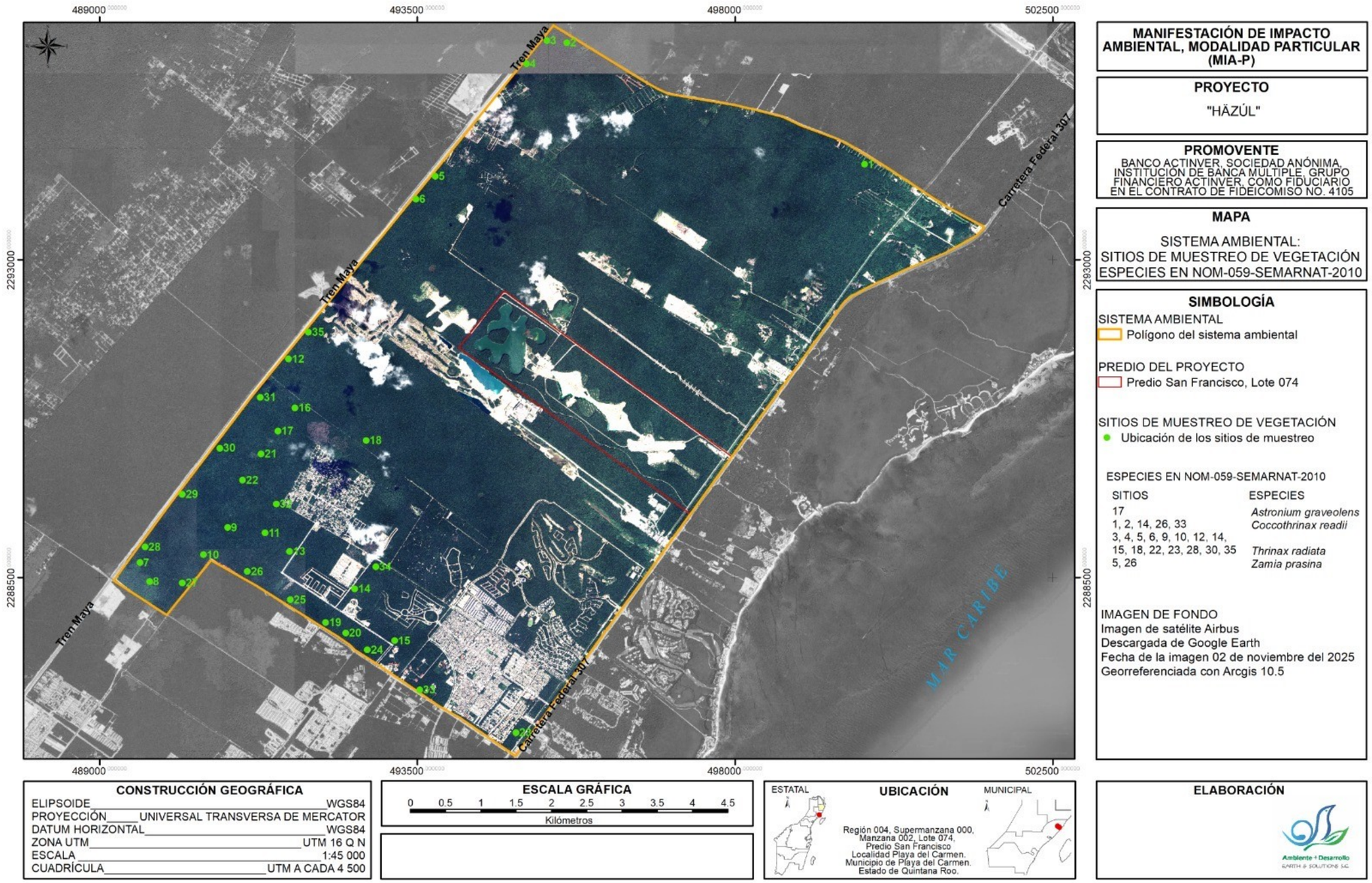
La ubicación georreferenciada (UTM, WGS84) de dichas especies se muestra en los Mapas III.14, III.15 y III.16, y los archivos shapefile/KML/CSV correspondientes forman parte de los anexos cartográficos incluidos en la memoria USB adjunta a esta MIA.



Mapa III.14. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2022 (89 sitios) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Mapa III.15. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2026 (35 sitios, base AP) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Mapa III.16. Sistema Ambiental: sitios de muestreo de vegetación (35 sitios, base RE) con especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro III.12. Índices de diversidad biológica – componente flora (comunidad total).

Índice	AP	RE	Análisis y conclusiones
Shannon-Wiener H'	3.883	3.969	Diversidad alta para selva secundaria en ambas condiciones; diferencia total de 4.3 especies efectivas a favor de la RE (t de Hutcheson, p < 0.001), atribuible a su mayor riqueza acumulada.
Pielou J'	0.817	0.810	Equidad alta, sin dominancia marcada; estructura de abundancias equivalente entre condiciones.
Simpson 1−D	0.968	0.968	Composición prácticamente equivalente (Sørensen = 0.81); el predio no constituye un elemento florístico singular en su región.
Hill q=1 / q=2	48.6 / 31.4	52.9 / 31.2	La diversidad de orden 1 y 2 confirma la equivalencia ecológica entre el predio y su región.

III.2.2.1.6. DIAGNÓSTICO Y CONCLUSIONES SOBRE VEGETACIÓN

La vegetación dentro y fuera del predio corresponde a la misma comunidad: selva mediana subperennifolia secundaria en recuperación, coincidente con el tipo de vegetación que el INEGI (Serie VII) cartografía para el área, según lo confirma la correspondencia florística con las especies potenciales de la Guía (Cuadro III.7); está estructurada por el mismo conjunto de especies dominantes, con similitud florística de Sørensen de 0.81, estructuras por hectárea del mismo orden de magnitud y diversidades altas y estadísticamente próximas. Los muestreos alcanzaron coberturas superiores al 99 % en las tres bases, lo que acredita su representatividad estadística. De la compulsa con la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020), dentro del predio se registraron con datos dasométricos cuatro especies en riesgo (*Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*, *Handroanthus chrysanthus* y *Astronium graveolens*), de las cuales tres también se registraron en la Región Ecológica, y se confirmó visualmente la presencia de *Beaucarnea pliabilis* en el predio y de *Zamia prasina* en la Región Ecológica; estas especies —con una estimación del orden de 33,924 individuos de todas las clases de tamaño de las cuatro especies cuantificadas en las 251.1051 ha del CUSTF (Cuadro III.10)— deberán ser objeto de rescate y reubicación, como parte de las medidas de mitigación del cambio de uso de suelo.

En conjunto, los resultados demuestran que los atributos de estructura, composición y diversidad del predio se encuentran representados en la Región Ecológica, por lo que el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se solicita para el desarrollo del proyecto HAZUL no afectaría la biodiversidad de la Selva Mediana Subperennifolia de la Región Ecológica donde se ubica el predio del proyecto.

Asimismo, debido a la presencia dentro del predio de especies de flora sujetas a alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020), se prevé la ejecución de un Programa de Rescate de Vegetación. Dicho programa estará orientado al rescate y manejo de las especies nativas con potencial ornamental; de las especies susceptibles de ser utilizadas en acciones de reforestación dentro del predio; de las especies susceptibles de ser utilizadas en acciones de reforestación fuera del predio, cuando resulte técnicamente procedente; y, de manera prioritaria, de las especies que se encuentren bajo alguna categoría de protección aplicable. El programa tendrá especial énfasis en el rescate, la conservación y el aprovechamiento para acciones de restauración o reforestación de las especies protegidas presentes en el predio.

LISTADOS FLORÍSTICOS POR ESTRATO

Los siguientes cuadros presentan el listado florístico completo de cada base de datos con la indicación del estrato o categoría en que se registró cada especie (● = registrada). En la base de 89 sitios (2022) los estratos corresponden a la clasificación dasométrica descrita en el apartado III.2.2.1.2.1; en las bases de 2026 se añade la categoría de epífitas/cactáceas, que se registra a nivel de sitio. Los registros visuales de especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en las proximidades de los sitios de muestreo (sin datos dasométricos, no incluidos en el listado ni en los cálculos) se indican al pie de los Cuadros A2 y A3.

Cuadro A1. Listado florístico – Predio, base de 89 sitios (2022): 143 especies.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
1	Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Jobillo	●		
2	Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Chechem	●	●	●
3	Anacardiaceae	*Spondias mombin*	Ciruela de monte/Jobo	●	●	
4	Annonaceae	*Annona glabra*	Mak		●	●
5	Annonaceae	*Mosannona depressa*	E'le'muuy	●	●	●
6	Annonaceae	*Sapranthus campechianus*	Zac elemuy			●
7	Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Aak'its	●	●	●
8	Apocynaceae	*Mandevilla subsagittata*	k'an lool			●
9	Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Sach-nicte/Flor de mayo	●		
10	Araceae	*Philodendron hederaceum*	Oochil			●
11	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Sak chacah	●	●	●
12	Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii*	Xiat			●
13	Arecaceae	*Coccothrinax readii*	Nacax	●	●	●
14	Arecaceae	*Sabal yapa*	Huano	●	●	●
15	Arecaceae	*Thrinax radiata*	Chit	●	●	●
16	Asparagaceae	*Agave angustifolia var. angustifolia*	Chelem	●		
17	Bignoniaceae	*Adenocalymma fissum*	Bejuco tres hojas			●
18	Bignoniaceae	*Adenocalymma inundatum*	Bejuco prieto			●

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
19	Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	Xtaabay			●
20	Bignoniaceae	*Amphilophium paniculatum*	Kan sooski'l ak'			●
21	Bignoniaceae	*Arrabidaea floribunda*	Sak aak'			●
22	Bignoniaceae	*Arrabidaea patellifera*	Sak ak'			●
23	Bignoniaceae	*Bignonia aequinoctialis*	Ak'xux dos hojas			●
24	Bignoniaceae	*Dolichandra unguis-cati*	Anikab			●
25	Bignoniaceae	*Godmania aesculifolia*	X hookab	●		
26	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	k'an lool	●	●	
27	Bignoniaceae	*Mansoa verrucifera*	Bejuco tres hojas			●
28	Bignoniaceae	*Stizophyllum riparium*	Frijolillo			●
29	Boraginaceae	*Bourreria pulchra*	Bakal che'		●	
30	Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Laurel negro	●		
31	Boraginaceae	*Cordia dodecandra*	Siricote/Ciricote	●	●	●
32	Boraginaceae	*Cordia gerascanthus*	Bojon	●	●	●
33	Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Piñuela/Piñuelilla			●
34	Burseraceae	*Bursera simaruba*	Chacah	●	●	●
35	Burseraceae	*Protium copal*	Copal	●		
36	Canellaceae	*Canella winterana*	Canela che'	●		
37	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cascarillo grueso	●	●	●
38	Ebenaceae	*Diospyros anisandra*	K´aakalche	●	●	
39	Ebenaceae	*Diospyros salicifolia*	U chul che	●	●	●
40	Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Sak silil	●	●	●
41	Erythroxylaceae	*Erythroxylum confusum*	Xic-che		●	
42	Erythroxylaceae	*Erythroxylum rotundifolium*	iik che'		●	
43	Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	P'e'es kuuch/Perezcutz	●	●	●
44	Euphorbiaceae	*Gymnanthes lucida*	Yaite	●	●	●
45	Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Pomolche		●	●
46	Euphorbiaceae	*Sebastiania adenophora*	Sak chechem			●
47	Fabaceae	*Acacia angustissima*	k'antemo	●	●	
48	Fabaceae	*Acacia gaumeri*	Box katsim	●	●	●
49	Fabaceae	*Acosmium panamense*	Cencerro	●		
50	Fabaceae	*Andira inermis*	ya'abo'ob	●		
51	Fabaceae	*Apoplanesia paniculata*	Chululul	●		
52	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Pata de vaca	●	●	●
53	Fabaceae	*Bauhinia jenningsii*	Tsimin			●
54	Fabaceae	*Cenostigma gaumeri*	Kitam che'/Kitanche	●	●	●
55	Fabaceae	*Chloroleucon mangense*	Ya ax eek	●	●	
56	Fabaceae	*Coulteria mollis*	Chakte' viga/Chacte viga	●		
57	Fabaceae	*Dalbergia glabra*	Bej. Espolón		●	●

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
58	Fabaceae	*Diphysa yucatanensis*	Palo ruda/Tzutzuc	●	●	
59	Fabaceae	*Erythrina standleyana*	Colorin		●	
60	Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Takinche	●		
61	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Cocoite	●	●	●
62	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	kanasin	●	●	●
63	Fabaceae	*Lonchocarpus yucatanensis*	Palo gusano/Yax xul	●	●	●
64	Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Tzalam	●	●	
65	Fabaceae	*Mariosousa dolichostachya*	K'an tsalam/Subin tul	●	●	
66	Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Haabin	●	●	
67	Fabaceae	*Platymiscium yucatanum*	Granadillo	●	●	●
68	Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Katalox	●	●	
69	Fabaceae	*Vachellia cornigera*	Subin che'	●		●
70	Fabaceae	*Zygia stevensonii*	Cacao che		●	●
71	Lamiaceae	*Callicarpa acuminata*	Pukin		●	●
72	Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Ya'axnik	●	●	●
73	Lauraceae	*Damburneya salicifolia*	Aguacatillo/Laurelillo	●	●	●
74	Malpighiaceae	*Bunchosia swartziana*	Sip che		●	
75	Malpighiaceae	*Byrsonima roigii*	Sakpah/Sac paj	●	●	
76	Malpighiaceae	*Malpighia lundellii*	wayate/wayateh	●	●	●
77	Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Pochote/Piim	●		
78	Malvaceae	*Hampea trilobata*	Mahagua	●	●	●
79	Malvaceae	*Luehea speciosa*	k'askáat	●	●	●
80	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Tulipancillo			●
81	Meliaceae	*Guarea glabra*	Cedrillo	●	●	
82	Meliaceae	*Guarea petenensis*	Guarea	●		
83	Meliaceae	*Trichilia americana*	Trichila	●		
84	Meliaceae	*Trichilia glabra*	Choobem che'	●	●	
85	Meliaceae	*Trichilia havanensis*	Palo cuchara	●	●	
86	Meliaceae	*Trichilia hirta*	Cabo de hacha	●	●	●
87	Metteniusaceae	*Ottoschulzia pallida*	Uvas che'/Bayal	●	●	●
88	Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Ramon	●		
89	Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Alamo	●	●	●
90	Moraceae	*Ficus maxima*	Ak'uum	●	●	
91	Moraceae	*Ficus pertusa*	Amatillo	●		
92	Myrtaceae	*Eugenia acapulcensis*	capulincillo		●	
93	Myrtaceae	*Eugenia axillaris*	Ich-huh	●	●	●
94	Myrtaceae	*Eugenia foetida*	Sak loob	●	●	●
95	Myrtaceae	*Eugenia trikii*	Escobillo de montaña		●	
96	Myrtaceae	*Myrcianthes fragrans*	Guayabillo	●	●	●

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
97	Myrtaceae	*Psidium sartorianum*	X-pichi'che	●	●	●
98	Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides*	Tadzi	●	●	●
99	Opiliaceae	*Agonandra obtusifolia*	xnobche'/Nabche	●		
100	Orchidaceae	*Oeceoclades maculata*	Orquídea de piso/Orquídea monja			●
101	Phytolaccaceae	*Rivina humilis*	Hierba de la víbora			●
102	Polygonaceae	*Coccoloba acapulcensis*	Toyub	●	●	●
103	Polygonaceae	*Coccoloba cozumelensis*	Sak boob/Sac bob	●	●	●
104	Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia*	Chich bob	●	●	●
105	Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Boob	●	●	●
106	Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Ts´i´ts´ilche	●	●	●
107	Polygonaceae	*Neomillspaughia emarginata*	Sak iitsa/Sac itza	●	●	●
108	Primulaceae	*Ardisia escallonioides*	Pimienta de monte	●	●	●
109	Primulaceae	*Parathesis cubana*	Chaamal che'			●
110	Putranjivaceae	*Drypetes lateriflora*	Ekolub	●	●	●
111	Rhamnaceae	*Colubrina greggii*	tsúulub máay	●	●	
112	Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Tasta'ab	●	●	●
113	Rubiaceae	*Machaonia lindeniana*	K'anpokolche'	●	●	
114	Rubiaceae	*Psychotria nervosa*	Cafe de monte			●
115	Rubiaceae	*Randia aculeata*	Cruceta	●	●	●
116	Rubiaceae	*Randia longiloba*	k'aax	●	●	●
117	Rubiaceae	*Randia monantha*	k'atoch	●	●	●
118	Rutaceae	*Amyris elemifera*	Palo gas	●	●	
119	Rutaceae	*Amyris sylvatica*	Palo gas	●		●
120	Rutaceae	*Esenbeckia pentaphylla*	Naranche	●	●	●
121	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	ix iim che'	●	●	●
122	Salicaceae	*Casearia yucatanensis*	Puuts' mukuy/Jazmin de monte/Pustmucuy	●	●	
123	Salicaceae	*Zuelania guidonia*	Tamay	●		●
124	Sapindaceae	*Cupania dentata*	Sak poom/Sac pom	●	●	
125	Sapindaceae	*Exothea diphylla*	Wayuun koox/Huayun cox	●	●	●
126	Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	Huaya	●	●	●
127	Sapindaceae	*Paullinia cururu*	Bejuco alado			●
128	Sapindaceae	*Paullinia fuscescens*	Pukin aak'			●
129	Sapindaceae	*Paullinia pinnata*	Salatxiw			●
130	Sapindaceae	*Serjania atrolineata*	Buy che/Tres lomos		●	●
131	Sapindaceae	*Thouinia paucidentata*	K'an chuunup	●	●	●
132	Sapindaceae	*Urvillea ulmacea*	Ap'aak			●
133	Sapotaceae	*Chrysophyllum cainito*	Caimito	●		●
134	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Zapote	●	●	●
135	Sapotaceae	*Pouteria campechiana*	K'aniste/Kaniste	●		●

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
136	Sapotaceae	*Pouteria reticulata*	zapotillo	●		
137	Sapotaceae	*Sideroxylon celastrinum*	Lu'uchum che'	●		●
138	Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum*	Caracolillo	●	●	●
139	Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Zapote faisán	●		
140	Simaroubaceae	*Simarouba glauca*	Pasak/Negrito	●		
141	Verbenaceae	*Rehdera trinervis*	Ak wisil che	●		
142	Vitaceae	*Cissus alata*	X-uvas-xim			●
143	Vitaceae	*Cissus microcarpa*	Xta'kanil			●
	TOTAL	**143 especies**		**102**	**87**	**94**

Cuadro A2. Listado florístico – Predio, base AP (2026): 125 especies.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
1	Acanthaceae	*Justicia campechiana*	Damiana		●	●	
2	Acanthaceae	*Justicia spicigera*	Chac lool		●		
3	Anacardiaceae	*Attilaea abalak*	Abalche		●		
4	Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Chechem	●	●	●	
5	Annonaceae	*Mosannona depressa*	E'le'muuy	●	●		
6	Annonaceae	*Sapranthus campechianus*	Zac elemuy		●		
7	Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Aak'its	●	●		
8	Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Sach-nicte/Flor de mayo	●			
9	Araceae	*Anthurium schlechtendalii*	Bob tun				●
10	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Sak chacah	●	●		
11	Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii*	Xiat		●		
12	Arecaceae	*Sabal yapa*	Huano	●	●		
13	Bignoniaceae	*Bignonia potosina*	Ek quish		●	●	
14	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	k'an lool	●			
15	Bignoniaceae	*Stizophyllum riparium*	Frijolillo		●	●	
16	Bignoniaceae	*Tanaecium tetragonolobum*	Sac ak		●	●	
17	Boraginaceae	*Bourreria pulchra*	Bakal che'	●			
18	Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Laurel negro	●	●	●	
19	Boraginaceae	*Cordia dodecandra*	Siricote/Ciricote	●	●		
20	Bromeliaceae	*Aechmea bracteata*	Nej kuk / gallito				●
21	Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Piñuela/Piñuelilla				●
22	Burseraceae	*Bursera simaruba*	Chacah	●	●		

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
23	Burseraceae	*Protium copal*	Copal	●			
24	Cactaceae	*Deamia testudo*	Pitahaya testudo				●
25	Celastraceae	*Elaeodendron xylocarpum*	Chac silil		●	●	
26	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cascarillo grueso	●	●	●	
27	Ebenaceae	*Diospyros salicifolia*	U chul che	●	●	●	
28	Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Sak silil	●	●	●	
29	Erythroxylaceae	*Erythroxylum rotundifolium*	iik che'	●			
30	Euphorbiaceae	*Cnidoscolus aconitifolius*	Chaya de monte		●		
31	Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	P'e'es kuuch/Perezcutz	●	●	●	
32	Euphorbiaceae	*Croton glabellus*	Kuxuche		●		
33	Euphorbiaceae	*Croton icche*	Sac perezcutz		●		
34	Euphorbiaceae	*Gymnanthes lucida*	Yaite	●	●	●	
35	Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Pomolche	●			
36	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Pata de vaca	●	●	●	
37	Fabaceae	*Bauhinia jenningsii*	Tsimin		●	●	
38	Fabaceae	*Cenostigma gaumeri*	Kitam che'/Kitanche	●	●	●	
39	Fabaceae	*Coulteria mollis*	Chakte' viga/Chacte viga	●	●		
40	Fabaceae	*Diphysa yucatanensis*	Palo ruda/Tzutzuc	●	●		
41	Fabaceae	*Erythrina standleyana*	Colorin		●		
42	Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Takinche	●			
43	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Cocoite	●	●		
44	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	kanasin	●	●	●	
45	Fabaceae	*Lonchocarpus yucatanensis*	Palo gusano/Yax xul	●	●		
46	Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Tzalam	●	●		
47	Fabaceae	*Mariosousa dolichostachya*	K'an tsalam/Subin tul	●	●		
48	Fabaceae	*Mimosa bahamensis*	Sac catzin		●		
49	Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Haabin	●	●		
50	Fabaceae	*Platymiscium yucatanum*	Granadillo	●	●		
51	Fabaceae	*Senegalia gaumeri*	Box catzin		●		
52	Fabaceae	*Senna racemosa*	Yax jabin	●			
53	Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Katalox	●	●		
54	Lamiaceae	*Callicarpa acuminata*	Pukin		●		
55	Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Ya'axnik	●	●	●	
56	Lauraceae	*Damburneya salicifolia*	Aguacatillo/ Laurelillo	●	●	●	
57	Loganiaceae	*Spigelia anthelmia*	Lombricera			●	
58	Malpighiaceae	*Bunchosia swartziana*	Sip che		●	●	

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
59	Malpighiaceae	*Byrsonima roigii*	Sakpah/Sac paj	●			
60	Malpighiaceae	*Malpighia lundellii*	wayate/wayateh	●	●		
61	Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Pochote/Piim	●			
62	Malvaceae	*Hampea trilobata*	Mahagua	●	●	●	
63	Malvaceae	*Helicteres baruensis*	Sutut		●		
64	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Tulipancillo		●		
65	Meliaceae	*Trichilia americana*	Trichila	●			
66	Menispermaceae	*Hyperbaena laurifolia*	Naranjillo		●		
67	Metteniusaceae	*Ottoschulzia pallida*	Uvas che'/Bayal	●	●	●	
68	Moraceae	*Ficus citrifolia*	Higueron	●			
69	Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Alamo	●			
70	Moraceae	*Ficus maxima*	Ak'uum	●	●		
71	Moraceae	*Ficus obtusifolia*	Higuerilla	●			
72	Moraceae	*Ficus pertusa*	Amatillo	●			
73	Myrtaceae	*Eugenia axillaris*	Ich-huh	●	●	●	
74	Myrtaceae	*Eugenia foetida*	Sak loob	●	●	●	
75	Myrtaceae	*Eugenia mayana*	Sirwich		●	●	
76	Myrtaceae	*Myrcia neopallens*	Sacniche	●	●	●	
77	Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides*	Tadzi	●	●	●	
78	Opiliaceae	*Agonandra obtusifolia*	xnobche'/Nabche	●			
79	Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Chit cuc				●
80	Orchidaceae	*Oeceoclades maculata*	Orquídea de piso/Orquídea monja				●
81	Orchidaceae	*Prosthechea boothiana*	Orquídea monedita				●
82	Orchidaceae	*Rhyncholaelia digbyana*	Orquídea blanca yucateca				●
83	Orchidaceae	*Trichocentrum ascendens*	Orquídea aguja				●
84	Picramniaceae	*Picramnia teapensis*	Kanchin ak		●		
85	Poaceae	*Lasiacis divaricata*	Carrizo		●	●	
86	Poaceae	*Oplismenus hirtellus*	Pasto selva			●	
87	Polygonaceae	*Coccoloba acapulcensis*	Toyub	●	●		
88	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Chi ich bob		●		
89	Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia*	Chich bob	●	●	●	
90	Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Boob	●	●		
91	Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Ts´i´ts´ilche	●	●		
92	Polygonaceae	*Neomillspaughia emarginata*	Sak iitsa/Sac itza		●		
93	Primulaceae	*Jacquinia arborea*	Jaquinia		●		
94	Primulaceae	*Parathesis cubana*	Chaamal che'		●	●	

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
95	Putranjivaceae	*Drypetes lateriflora*	Ekolub	●	●		
96	Rubiaceae	*Chiococca alba*	Sip ak		●		
97	Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Tasta'ab	●	●		
98	Rubiaceae	*Guettarda elliptica*	Kibche	●	●		
99	Rubiaceae	*Morinda royoc*	Piña ak			●	
100	Rubiaceae	*Psychotria pubescens*	Yax canan		●		
101	Rubiaceae	*Randia aculeata*	Cruceta		●	●	
102	Rutaceae	*Amyris elemifera*	Palo gas		●		
103	Rutaceae	*Esenbeckia pentaphylla*	Naranche	●	●	●	
104	Rutaceae	*Pilocarpus racemosus*	Tankasche		●		
105	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	ix iim che'	●	●		
106	Salicaceae	*Casearia emarginata*	Am che	●	●		
107	Salicaceae	*Casearia yucatanensis*	Puuts' mukuy/Jazmin de monte/Pustmucuy		●		
108	Salicaceae	*Laetia thamnia*	Chauche		●		
109	Salicaceae	*Zuelania guidonia*	Tamay	●	●		
110	Sapindaceae	*Cupania belizensis*	Sac pom		●		
111	Sapindaceae	*Exothea diphylla*	Wayuun koox/Huayun cox	●	●	●	
112	Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	Huaya	●	●		
113	Sapindaceae	*Paullinia pinnata*	Salatxiw		●	●	
114	Sapindaceae	*Serjania atrolineata*	Buy che/Tres lomos		●	●	
115	Sapindaceae	*Serjania triquetra*	Chem ak			●	
116	Sapindaceae	*Thouinia paucidentata*	K'an chuunup	●	●		
117	Sapotaceae	*Chrysophyllum mexicanum*	Chi kej	●	●	●	
118	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Zapote	●	●		
119	Sapotaceae	*Pouteria campechiana*	K'aniste/Kaniste	●			
120	Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum*	Caracolillo	●			
121	Sapotaceae	*Sideroxylon obtusifolium*	Balche kej	●	●		
122	Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Zapote faisán	●			
123	Simaroubaceae	*Simarouba glauca*	Pasak/Negrito	●			
124	Smilacaceae	*Smilax spinosa*	Coke		●	●	
125	Verbenaceae	*Rehdera trinervis*	Ak wisil che		●		
	TOTAL	**125 especies**		**72**	**92**	**40**	**9**

Registro visual en las proximidades de sitios de muestreo (no incluido en el listado ni en los cálculos): *Thrinax radiata* (sitio 16), *Beaucarnea pliabilis* (sitios 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 35) y *Handroanthus chrysanthus* (sitio 30).

Cuadro A3. Listado florístico – Región Ecológica, base RE (2026): 144 especies.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
1	Acanthaceae	*Justicia campechiana*	Damiana		●	●	
2	Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Jobillo	●			
3	Anacardiaceae	*Attilaea abalak*	Abalche	●	●		
4	Anacardiaceae	*Metopium brownei*	Chechem	●	●	●	
5	Annonaceae	*Mosannona depressa*	E'le'muuy		●		
6	Annonaceae	*Sapranthus campechianus*	Zac elemuy		●		
7	Apocynaceae	*Cascabela gaumeri*	Aak'its	●	●	●	
8	Apocynaceae	*Plumeria obtusa*	Sach-nicte/Flor de mayo	●	●		
9	Araceae	*Anthurium schlechtendalii*	Bob tun				●
10	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Sak chacah	●	●		
11	Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii*	Xiat		●		
12	Arecaceae	*Coccothrinax readii*	Nacax		●		
13	Arecaceae	*Sabal yapa*	Huano	●	●	●	
14	Arecaceae	*Thrinax radiata*	Chit		●	●	
15	Bignoniaceae	*Bignonia potosina*	Ek quish		●	●	
16	Bignoniaceae	*Stizophyllum riparium*	Frijolillo		●	●	
17	Bignoniaceae	*Tanaecium tetragonolobum*	Sac ak		●	●	
18	Boraginaceae	*Bourreria pulchra*	Bakal che'		●		
19	Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Laurel negro	●	●		
20	Boraginaceae	*Cordia dodecandra*	Siricote/Ciricote	●			
21	Boraginaceae	*Cordia gerascanthus*	Bojon	●			
22	Bromeliaceae	*Aechmea bracteata*	Nej kuk / gallito				●
23	Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Piñuela/Piñuelilla				●
24	Bromeliaceae	*Tillandsia streptophylla*	Mulix				●
25	Burseraceae	*Bursera simaruba*	Chacah	●	●		
26	Burseraceae	*Protium copal*	Copal	●			
27	Cactaceae	*Deamia testudo*	Pitahaya testudo				●
28	Cactaceae	*Selenicereus grandiflorus*	Cola de rata				●
29	Canellaceae	*Canella winterana*	Canela che'		●		
30	Celastraceae	*Crossopetalum gaumeri*	Kamba och		●		
31	Celastraceae	*Elaeodendron xylocarpum*	Chac silil	●	●	●	
32	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cascarillo grueso	●	●	●	
33	Connaraceae	*Rourea glabra*	Huayun ak		●	●	
34	Cyperaceae	*Cyperus ochraceus*	Navajuela			●	
35	Ebenaceae	*Diospyros salicifolia*	U chul che	●	●	●	
36	Ebenaceae	*Diospyros tetrasperma*	Sak silil	●	●	●	

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
37	Erythroxylaceae	*Erythroxylum confusum*	Xic-che		●		
38	Erythroxylaceae	*Erythroxylum rotundifolium*	iik che'	●	●		
39	Euphorbiaceae	*Croton arboreus*	P'e'es kuuch/Perezcutz	●	●	●	
40	Euphorbiaceae	*Croton glabellus*	Kuxuche		●		
41	Euphorbiaceae	*Gymnanthes lucida*	Yaite	●	●	●	
42	Euphorbiaceae	*Jatropha gaumeri*	Pomolche	●	●		
43	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*	Pata de vaca		●	●	
44	Fabaceae	*Bauhinia jenningsii*	Tsimin		●	●	
45	Fabaceae	*Cenostigma gaumeri*	Kitam che'/Kitanche	●	●	●	
46	Fabaceae	*Coulteria mollis*	Chakte' viga/Chacte viga	●			
47	Fabaceae	*Desmodium incanum*	Pega pega			●	
48	Fabaceae	*Diphysa yucatanensis*	Palo ruda/Tzutzuc	●	●		
49	Fabaceae	*Erythrostemon yucatanensis*	Takinche	●			
50	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Cocoite	●	●		
51	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus*	kanasin	●	●	●	
52	Fabaceae	*Lonchocarpus yucatanensis*	Palo gusano/Yax xul	●	●		
53	Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum*	Tzalam	●	●		
54	Fabaceae	*Mariosousa dolichostachya*	K'an tsalam/Subin tul	●	●		
55	Fabaceae	*Piscidia piscipula*	Haabin	●			
56	Fabaceae	*Platymiscium yucatanum*	Granadillo	●	●		
57	Fabaceae	*Sphinga platyloba*	Anzuelillo		●		
58	Fabaceae	*Swartzia cubensis*	Katalox	●	●		
59	Fabaceae	*Vachellia cornigera*	Subin che'		●		
60	Fabaceae	*Vachellia pennatula*	Chimay	●			
61	Fabaceae	*Zygia stevensonii*	Cacao che		●		
62	Lamiaceae	*Callicarpa acuminata*	Pukin		●		
63	Lamiaceae	*Vitex gaumeri*	Ya'axnik	●	●		
64	Lauraceae	*Damburneya salicifolia*	Aguacatillo/ Laurelillo	●	●	●	
65	Loganiaceae	*Spigelia anthelmia*	Lombricera			●	
66	Malpighiaceae	*Bunchosia swartziana*	Sip che	●	●		
67	Malpighiaceae	*Byrsonima roigii*	Sakpah/Sac paj	●	●		
68	Malpighiaceae	*Hiraea reclinata*	Wayateh ak		●	●	
69	Malpighiaceae	*Malpighia lundellii*	wayate/wayateh	●	●		
70	Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Pochote/Piim	●	●		
71	Malvaceae	*Hampea trilobata*	Mahagua	●	●		
72	Malvaceae	*Helicteres baruensis*	Sutut		●		

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
73	Malvaceae	*Luehea speciosa*	k'askáat	●			
74	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Tulipancillo		●	●	
75	Meliaceae	*Trichilia americana*	Trichila	●			
76	Meliaceae	*Trichilia glabra*	Choobem che'	●	●		
77	Menispermaceae	*Hyperbaena laurifolia*	Naranjillo		●		
78	Metteniusaceae	*Ottoschulzia pallida*	Uvas che'/Bayal	●	●	●	
79	Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Ramon		●		
80	Moraceae	*Ficus citrifolia*	Higueron	●			
81	Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Alamo	●	●		
82	Moraceae	*Ficus maxima*	Ak'uum	●			
83	Moraceae	*Ficus obtusifolia*	Higuerilla	●	●		
84	Moraceae	*Ficus pertusa*	Amatillo	●			
85	Myrtaceae	*Calyptranthes pallens*	Sacniche	●	●	●	
86	Myrtaceae	*Eugenia axillaris*	Ich-huh	●	●	●	
87	Myrtaceae	*Eugenia foetida*	Sak loob		●	●	
88	Myrtaceae	*Eugenia mayana*	Sirwich		●		
89	Myrtaceae	*Psidium sartorianum*	X-pichi'che	●			
90	Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides*	Tadzi	●	●	●	
91	Opiliaceae	*Agonandra obtusifolia*	xnobche'/Nabche	●			
92	Orchidaceae	*Myrmecophila christinae*	Jom back				●
93	Orchidaceae	*Oeceoclades maculata*	Orquídea de piso/Orquídea monja				●
94	Orchidaceae	*Trichocentrum ascendens*	Orquídea aguja				●
95	Orchidaceae	*Trichocentrum oerstedii*	Oreja de burro				●
96	Phyllanthaceae	*Astrocasia tremula*	Kabal pix tom		●		
97	Picramniaceae	*Picramnia teapensis*	Kanchin ak		●	●	
98	Poaceae	*Oplismenus hirtellus*	Pasto selva			●	
99	Polygonaceae	*Coccoloba acapulcensis*	Toyub	●	●		
100	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Chi ich bob		●		
101	Polygonaceae	*Coccoloba cozumelensis*	Sak boob/Sac bob	●			
102	Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia*	Chich bob	●	●		
103	Polygonaceae	*Coccoloba spicata*	Boob	●	●		
104	Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum*	Ts´i´ts´ilche	●	●		
105	Polygonaceae	*Neomillspaughia emarginata*	Sak iitsa/Sac itza		●	●	
106	Primulaceae	*Jacquinia arborea*	Jaquinia		●		
107	Primulaceae	*Parathesis cubana*	Chaamal che'		●		
108	Putranjivaceae	*Drypetes lateriflora*	Ekolub	●	●		

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
109	Rhamnaceae	*Krugiodendron ferreum*	Chin toc		●		
110	Rubiaceae	*Chiococca alba*	Sip ak		●		
111	Rubiaceae	*Eumachia microdon*	Bake ak		●		
112	Rubiaceae	*Guettarda combsii*	Tasta'ab	●	●		
113	Rubiaceae	*Guettarda elliptica*	Kibche		●		
114	Rubiaceae	*Hamelia patens*	Chac canan		●		
115	Rubiaceae	*Machaonia lindeniana*	K'anpokolche'		●		
116	Rubiaceae	*Morinda royoc*	Piña ak		●	●	
117	Rubiaceae	*Psychotria nervosa*	Cafe de monte		●	●	
118	Rubiaceae	*Psychotria pubescens*	Yax canan		●	●	
119	Rubiaceae	*Randia aculeata*	Cruceta		●	●	
120	Rutaceae	*Amyris elemifera*	Palo gas		●		
121	Rutaceae	*Casimiroa tetrameria*	Yuy	●			
122	Rutaceae	*Esenbeckia pentaphylla*	Naranche	●	●	●	
123	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	ix iim che'	●	●		
124	Salicaceae	*Casearia yucatanensis*	Puuts' mukuy/Jazmin de monte/Pustmucuy		●	●	
125	Salicaceae	*Laetia thamnia*	Chauche		●		
126	Salicaceae	*Zuelania guidonia*	Tamay	●	●		
127	Sapindaceae	*Allophylus cominia*	Ik bach		●		
128	Sapindaceae	*Cupania dentata*	Sak poom/Sac pom		●		
129	Sapindaceae	*Exothea diphylla*	Wayuun koox/Huayun cox	●	●	●	
130	Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	Huaya	●	●	●	
131	Sapindaceae	*Paullinia pinnata*	Salatxiw		●	●	
132	Sapindaceae	*Serjania atrolineata*	Buy che/Tres lomos		●	●	
133	Sapindaceae	*Serjania triquetra*	Chem ak			●	
134	Sapindaceae	*Thouinia paucidentata*	K'an chuunup	●	●	●	
135	Sapotaceae	*Chrysophyllum mexicanum*	Chi kej	●	●		
136	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Zapote	●	●	●	
137	Sapotaceae	*Pouteria campechiana*	K'aniste/Kaniste	●	●		
138	Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum*	Caracolillo	●	●		
139	Sapotaceae	*Sideroxylon obtusifolium*	Balche kej	●			
140	Sapotaceae	*Sideroxylon salicifolium*	Zapote faisán	●	●		
141	Simaroubaceae	*Simarouba glauca*	Pasak/Negrito	●			
142	Smilacaceae	*Smilax spinosa*	Coke		●	●	
143	Verbenaceae	*Rehdera trinervis*	Ak wisil che	●			
144	Vitaceae	*Cissus verticillata*	Xtakam		●		

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Epífitas / cactáceas
	TOTAL	**144 especies**		**76**	**109**	**47**	**10**

Registro visual en las proximidades de sitios de muestreo (no incluido en el listado ni en los cálculos): *Coccothrinax readii* (sitios 1 y 14), *Thrinax radiata* (sitios 5, 6, 10, 14, 15, 22, 23 y 35), *Astronium graveolens* (sitio 17) y *Zamia prasina* (sitio 26).

III.2.2.2. Fauna

La caracterización de la fauna del predio San Francisco y del Sistema Ambiental fue realizada por la Ing. Sonia Mosquera Fernández (Cédula Profesional 5987180) y el Ing. Juan Carlos Muñoz Soberanes (Cédula Profesional 4065640).

III.2.2.2.1. Caracterización de fauna del sistema ambiental

Antecedentes.

La fauna de Quintana Roo se presenta dentro de la regionalización biogeográfica del Dominio Neotropical; Región Mesoamericana de la Provincia Biótica Yucateca.

La región presenta una fauna terrestre de afinidades netamente tropicales, compuesta por aproximadamente 669 especies, de las cuales la mayoría son aves, seguidas de mamíferos, reptiles y anfibios, además de peces.

Esta diversidad de especies es bastante consistente con lo observado en selvas tropicales estacionales y caducifolias, como las de la Península de Yucatán y la costa del Pacífico.

Para Quintana Roo se han registrado 56 especies endémicas, 4 endémicas para México en el continente y una con distribución muy limitada. El mayor número fue registrado en la Clase Aves; seguida por la Clase Reptiles y finalmente la Clase Anfibios, sin embargo, no se han registrado de la Clase Mamíferos, a pesar de que un número considerable de especies son endémicas para esta Clase en la Península, si se incluye a Belice y a Guatemala.

Las selvas estacionales de la Península de Yucatán presentan grados relativamente bajos de endemismo de vertebrados terrestres, muy por abajo de los niveles que hay en las selvas de la vertiente del Pacífico, pero mayores de los que presentan otros ecosistemas, incluyendo a las selvas altas perennifolias. Las especies endémicas de la región son de tamaños corporales pequeños.

En general para la región se observan las siguientes clases de fauna (cabe hacer notar que es un estimado de las especies reportadas, puede variar el número de especies o familias y géneros de pendiendo el autor que se consulte).

Cuadro III.13. Diversidad faunística reportada para el Estado de Quintana Roo.

CLASE	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
ANFIBIOS	7	15	20
REPTILES	21	68	100
AVES	62	260	426
MAMÍFEROS	28	66	96
PECES	7	14	27
TOTAL	**125**	**423**	**669**

Estado de conservación de la Fauna.

En general las especies animales de la península se distribuyen en ecosistemas bien conservados, o que presenten un alto grado de conservación, sin embargo, se han observado especies como el venado cola blanca en reductos de selva bajo fuerte presión antropogénicas y en terrenos que están siendo perturbados.

De acuerdo con los registros de especies reportadas para Quintana Roo, para la fauna de vertebrados terrestres, se presentan en los siguientes cuadros el número de especies y su categoría de protección de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro III.14. Número de especies que se encuentran bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	A	P	Pr	End.
Anfibios	0	6	1	2
Reptiles	15	19	10	7
Aves	43	71	10	4
Mamíferos	11	9	0	21
Peces	5	3		7

Se presenta en la siguiente tabla la cantidad de especies de aves según su estatus de residencia.

Cuadro III.15. Número de especies residentes, visitantes, migratorias y pasajeras.

Residentes	Visitantes	Migratorias	Pasajeras
247	113	25	41

En general la fauna de la Península de Yucatán ha sido considerada como única por la composición de su biota, por su conformación geológica y paleobiológica (Arita y Vázquez, 2003). La riqueza de vertebrados terrestres es menor que aquellas que habitan en otras zonas tropicales. El número de especies endémicas varía según el grupo específico que se estudie (Duch, 2003).

Las características geográficas y climatológicas que presenta estado de Quintana Roo, lo hacen un medio propicio para el desarrollo y establecimiento de una gran diversidad de animales por lo que se han realizado diversos estudios entre los que destacan los de Gaumer (1917) para toda la península, los estudios para la mastofauna (mamíferos) de Navarro y Robinson (1990) en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, los estudios sobre la herpetofauna (anfibios y reptiles) de Lee (1980), los trabajos en ornitofauna (aves) por Paynter (1955), y los de Blake en 1953. De estos y muchos otros estudios se han reconocido e identificado la composición faunística Quintanarroense.

El Municipio de Playa del Carmen aun presenta diversos grupos faunísticos. Sin embargo, las diversas actividades humanas han modificado directa o indirectamente la distribución y abundancia de estos grupos. El presente estudio faunístico tiene como propósito determinar que especies se

encuentran en el área de estudio y con base en ello inferir las condiciones ecológicas generales del sitio. Para ello se implementó la metodología que a continuación se describe.

Se realizó una revisión de diversas bases de datos para identificar reportes en la zona a nivel de microcuenca, en la zona del proyecto, a saber, la microcuenca de Playa del Carmen y que es donde se localiza el SA del proyecto en donde se realizaron de manera específica sitios para observación y registro de fauna. Los resultados se indican a continuación.

Resultados del censo de fauna silvestre en el SA.

Quintana Roo ocupa el puesto 11 entre los 32 estados de México en cuanto a la diversidad de fauna silvestre. El inventario para la entidad expone la presencia de 780 especies de vertebrados (74 especies de peces, 20 de anfibios, 101 reptiles, 473 aves y 112 mamíferos). En esta entidad está representada casi el 43 % de la avifauna que habita el país; el 35 % de las especies de mamíferos voladores y el 16 % de los mamíferos marinos presentes en el territorio nacional.

Para la microcuenca Playa del Carmen se registran, de acuerdo con las bases de datos de CONABIO[17] (compartidas con Map of Life[18] y GBIF[19]), 203 especies de los cuatro grupos taxonómicos revisados: anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Las aves destacan por ser el grupo más diverso con 17 órdenes, 43 familias, 98 géneros y 139 especies donde los passeriformes son el mejor representado.

Por su parte, la mastofauna está representada por seis órdenes, 14 familias, 17 géneros y 19 especies. Los órdenes Rodentia, Carnivora y Chiroptera son los mejor representados con 9, 5 y 4 especies, respectivamente. Los reptiles están representados por 35 especies, en dos órdenes, 13 familias y 32 géneros. El orden Squamata es el mejor representado con 34 especies.

[17] http://enciclovida.mx/

[18] https://mol.org/

[19] https://www.gbif.org/

Presencia y Riqueza específica (S)

- **Anfibios**

Para el SA se tiene el registro de 11 especies de anfibios en 12 individuos donde *Smilisca baudinii* es la mejor representada con dos registros.

Cuadro III.16. Abundancia relativa de anfibios por especies.

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm ind.	Abundancia relativa
Anura	Hylidae	Agalychnis	*Agalychnis callidryas*	1	8.33
Caudata	Plethodontidae	Bolitoglossa	*Bolitoglossa yucatana*	1	8.33
Anura	Bufonidae	Bufo	*Bufo marinus*	1	8.33
Anura	Bufonidae	Bufo	*Bufo valliceps*	1	8.33
Anura	Hylidae	Hyla	*Hyla loquax*	1	8.33
Anura	Hylidae	Hyla	*Hyla microcephala*	1	8.33
Anura	Hylidae	Hyla	*Hyla picta*	1	8.33
Anura	Leptodactylidae	Leptodactylus	*Leptodactylus melanonotus*	1	8.33
Anura	Ranidae	Rana	*Rana berlandieri*	1	8.33
Anura	Hylidae	Scinax	*Scinax staufferi*	1	8.33
Anura	Hylidae	Smilisca	*Smilisca baudinii*	2	16.67
TOTAL				**12**	**99.97**

- **Reptiles**

Los reptiles están representados por 35 especies con 111 individuos totales registrados, la especie más abundante es *Crocodylus moreletii* representando el 23 % del total con 26 individuos. Le sigue *Sceloporus chrysostictus* con 18 individuos, *Aspidoscelis rodecki* con 10 y *Sceloporus chrysostictus* con 8. Estas especies juntas representan el 56 %; la abundancia por especie del grupo reptiles se exhibe en el siguiente cuadro.

Cuadro III.17. Abundancia relativa de reptiles por especies.

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Squamata	Teiidae	*Ameiva*	*Ameiva undulata*	3	2.7
Squamata	Dactyloidae	*Anolis*	*Anolis sagrei*	26	23.42
Squamata	Dactyloidae	*Anolis*	*Anolis wellbornae*	1	0.9
Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis angusticeps*	2	1.8
Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis rodecki*	10	9.01
Squamata	Corytophanidae	*Basiliscus*	*Basiliscus vittatus*	1	0.9
Squamata	Boidae	*Boa*	*Boa constrictor*	1	0.9
Squamata	Viperidae	*Bothrops*	*Bothrops asper*	1	0.9
Squamata	Teiidae	*Cnemidophorus*	*Cnemidophorus cozumela*	3	2.7

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Squamata	Eublepharidae	*Coleonyx*	*Coleonyx elegans*	3	2.7
Squamata	Colubridae	*Coniophanes*	*Coniophanes imperialis*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Conophis*	*Conophis lineatus*	1	0.9
Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus chrysostictus*	1	0.9
Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura*	*Ctenosaura similis*	4	3.6
Squamata	Colubridae	*Dipsas*	*Dipsas brevifacies*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Drymarchon*	*Drymarchon corais*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Drymobius*	*Drymobius margaritiferus*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Elaphe*	*Elaphe phaescens*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Imantodes*	*Imantodes cenchoa*	1	0.9
Squamata	Corytophanidae	*Laemanctus*	*Laemanctus serratus*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Lampropeltis*	*Lampropeltis triangulum*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Leptodeira*	*Leptodeira frenata*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Leptophis*	*Leptophis mexicanus*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Masticophis*	*Masticophis mentovarius*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Oxybelis*	*Oxybelis aeneus*	1	0.9
Squamata	Colubridae	*Pseustes*	*Pseustes poecilonotus*	1	0.9
Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus chrysostictus*	8	7.21
Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus cozumelae*	18	16.22
Squamata	Colubridae	*Senticolis*	*Senticolis triaspis*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Sibon*	*Sibon sanniolus*	1	0.9
Squamata	Sphaerodactylidae	*Sphaerodactylus*	*Sphaerodactylus glaucus*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Symphimus*	*Symphimus mayae*	2	1.8
Squamata	Colubridae	*Thamnophis*	*Thamnophis marcianus*	2	1.8
Squamata	Phyllodactylidae	*Thecadactylus*	*Thecadactylus rapicauda*	1	0.9
Squamata	Typhlopidae	*Typhlops*	*Typhlops microstomus*	1	0.9
			TOTAL	**111**	**99.96**

- **Aves**

El grupo de las aves está representado por 139 especies con 827 registros. Las especies más abundantes son *Meleagris ocellata* (73), *Quiscalus mexicanus* (49), *Mimus gilvus* (32), *Pitangus sulphuratus* (32), *Fregata magnificens* (28), *Setophaga palmarum* (20) y *Tyrannus melancholicus* (20); en conjunto representan el 31 % del total.

Cuadro III.18. Abundancia de aves por especies.

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis*	*Actitis macularius*	1	0.12
Passeriformes	Icteridae	*Agelaius*	*Agelaius phoeniceus*	3	0.36
Apodiformes	Trochilidae	*Amazilia*	*Amazilia rutila*	7	0.85
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona*	*Amazona albifrons*	3	0.36
Passeriformes	Icteridae	*Amblycercus*	*Amblycercus holosericeus*	2	0.24

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Anseriformes	Anatidae	*Anas*	*Anas discors*	1	0.12
Suliformes	Anhingidae	*Anhinga*	*Anhinga anhinga*	3	0.36
Apodiformes	Trochilidae	*Anthracothorax*	*Anthracothorax prevostii*	4	0.48
Psittaciformes	Psittacidae	*Archilochus*	*Archilochus colubris*	1	0.12
Apodiformes	Trochilidae	*Ardea*	*Ardea alba*	6	0.73
Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea*	*Ardea herodias*	4	0.48
Pelecaniformes	Ardeidae	*Arenaria*	*Arenaria interpres*	8	0.97
Charadriiformes	Scolopacidae	*Bubulcus*	*Bubulcus ibis*	5	0.6
Pelecaniformes	Ardeidae	*Buteo*	*Buteo brachyurus*	2	0.24
Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo*	*Buteo plagiatus*	1	0.12
Accipitriformes	Accipitridae	*Buteogallus*	*Buteogallus anthracinus*	2	0.24
Accipitriformes	Accipitridae	*Butorides*	*Butorides virescens*	8	0.97
Pelecaniformes	Ardeidae	*Calidris*	*Calidris alba*	1	0.12
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris mauri*	1	0.12
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris minutilla*	3	0.36
Charadriiformes	Scolopacidae	*Cathartes*	*Cathartes aura*	19	2.3
Accipitriformes	Cathartidae	*Cathartes*	*Cathartes burrovianus*	1	0.12
Accipitriformes	Cathartidae	*Chaetura*	*Chaetura vauxi*	5	0.6
Apodiformes	Apodidae	*Charadrius*	*Charadrius semipalmatus*	1	0.12
Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius*	*Charadrius vociferus*	5	0.6
Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius*	*Charadrius wilsonia*	1	0.12
Charadriiformes	Charadriidae	*Chloroceryle*	*Chloroceryle americana*	1	0.12
Coraciiformes	Alcedinidae	*Columba*	*Columba livia*	6	0.73
Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Columbina passerina*	2	0.24
Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Columbina talpacoti*	7	0.85
Columbiformes	Columbidae	*Coragyps*	*Coragyps atratus*	8	0.97
Accipitriformes	Cathartidae	*Crax*	*Crax rubra*	9	1.09
Galliformes	Cracidae	*Crotophaga*	*Crotophaga sulcirostris*	7	0.85
Cuculiformes	Cuculidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax yncas*	8	0.97
Passeriformes	Corvidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax yucatanicus*	15	1.81
Passeriformes	Corvidae	*Cyclarhis*	*Cyclarhis gujanensis*	2	0.24
Passeriformes	Vireonidae	*Dives*	*Dives dives*	12	1.45
Passeriformes	Icteridae	*Dumetella*	*Dumetella carolinensis*	4	0.48
Passeriformes	Mimidae	*Egretta*	*Egretta caerulea*	2	0.24
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta*	*Egretta thula*	7	0.85
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta*	*Egretta tricolor*	2	0.24
Pelecaniformes	Ardeidae	*Eudocimus*	*Eudocimus albus*	8	0.97
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Eupsittula*	*Eupsittula nana*	6	0.73
Falconiformes	Falconidae	*Falco*	*Falco columbarius*	1	0.12
Falconiformes	Falconidae	*Falco*	*Falco peregrinus*	2	0.24
Falconiformes	Falconidae	*Falco*	*Falco sparverius*	1	0.12
Suliformes	Fregatidae	*Fregata*	*Fregata magnificens*	28	3.39
Charadriiformes	Scolopacidae	*Gallinago*	*Gallinago delicata*	1	0.12
Passeriformes	Parulidae	*Geothlypis*	*Geothlypis trichas*	2	0.24
Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium*	*Glaucidium brasilianum*	1	0.12
Charadriiformes	Recurvirostridae	*Himantopus*	*Himantopus mexicanus*	6	0.73

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo*	*Hirundo rustica*	2	0.24
Passeriformes	Icteridae	*Icterus*	*Icterus auratus*	9	1.09
Passeriformes	Icteridae	*Icterus*	*Icterus cucullatus*	16	1.93
Passeriformes	Icteridae	*Icterus*	*Icterus gularis*	13	1.57
Passeriformes	Icteridae	*Icterus*	*Icterus prosthemelas*	4	0.48
Passeriformes	Icteridae	*Icterus*	*Icterus spurius*	1	0.12
Charadriiformes	Jacanidae	*Jacana*	*Jacana spinosa*	1	0.12
Columbiformes	Columbidae	*Leptotila*	*Leptotila jamaicensis*	1	0.12
Columbiformes	Columbidae	*Leptotila*	*Leptotila verreauxi*	2	0.24
Charadriiformes	Laridae	*Leucophaeus*	*Leucophaeus atricilla*	13	1.57
Charadriiformes	Scolopacidae	*Limnodromus*	*Limnodromus griseus*	1	0.12
Passeriformes	Estrildidae	*Lonchura*	*Lonchura punctulata*	1	0.12
Coraciiformes	Alcedinidae	*Megaceryle*	*Megaceryle torquata*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Megarynchus*	*Megarynchus pitangua*	1	0.12
Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*Melanerpes aurifrons*	12	1.45
Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*Melanerpes pygmaeus*	6	0.73
Passeriformes	Mimidae	*Melanoptila*	*Melanoptila glabrirostris*	4	0.48
Galliformes	Phasianidae	*Meleagris*	*Meleagris ocellata*	73	8.83
Passeriformes	Mimidae	*Mimus*	*Mimus gilvus*	32	3.87
Passeriformes	Parulidae	*Mniotilta*	*Mniotilta varia*	4	0.48
Passeriformes	Icteridae	*Molothrus*	*Molothrus aeneus*	1	0.12
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Mycteria*	*Mycteria americana*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus crinitus*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus tuberculifer*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus yucatanensis*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Myiobius*	*Myiobius sulphureipygius*	1	0.12
Passeriformes	Tyrannidae	*Myiozetetes*	*Myiozetetes similis*	17	2.06
Pelecaniformes	Ardeidae	*Nyctanassa*	*Nyctanassa violacea*	1	0.12
Pelecaniformes	Ardeidae	*Nycticorax*	*Nycticorax nycticorax*	2	0.24
Galliformes	Cracidae	*Ortalis*	*Ortalis vetula*	13	1.57
Passeriformes	Cotingidae	*Pachyramphus*	*Pachyramphus aglaiae*	2	0.24
Accipitriformes	Pandionidae	*Pandion*	*Pandion haliaetus*	11	1.33
Passeriformes	Parulidae	*Parkesia*	*Parkesia noveboracensis*	10	1.21
Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina*	*Passerina ciris*	1	0.12
Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina*	*Passerina cyanea*	5	0.6
Columbiformes	Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas flavirostris*	3	0.36
Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus*	*Pelecanus occidentalis*	17	2.06
Suliformes	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax*	*Phalacrocorax auritus*	10	1.21
Suliformes	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax*	*Phalacrocorax brasilianus*	7	0.85
Passeriformes	Troglodytidae	*Pheugopedius*	*Pheugopedius maculipectus*	1	0.12
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	*Phoenicopterus*	*Phoenicopterus ruber*	2	0.24
Piciformes	Picidae	*Picoides*	*Picoides scalaris*	1	0.12

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Passeriformes	Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga rubra*	8	0.97
Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus*	*Pitangus sulphuratus*	32	3.87
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Platalea*	*Platalea ajaja*	1	0.12
Charadriiformes	Charadriidae	*Pluvialis*	*Pluvialis squatarola*	2	0.24
Passeriformes	Hirundinidae	*Progne*	*Progne subis*	2	0.24
Passeriformes	Corvidae	*Psilorhinus*	*Psilorhinus morio*	4	0.48
Passeriformes	Tyrannidae	*Pyrocephalus*	*Pyrocephalus rubinus*	2	0.24
Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus*	*Quiscalus mexicanus*	49	5.93
Passeriformes	Polioptilidae	*Ramphocaenus*	*Ramphocaenus melanurus*	1	0.12
Accipitriformes	Accipitridae	*Rupornis*	*Rupornis magnirostris*	4	0.48
Passeriformes	Cardinalidae	*Saltator*	*Saltator atriceps*	1	0.12
Passeriformes	Cardinalidae	*Saltator*	*Saltator coerulescens*	3	0.36
Passeriformes	Parulidae	*Seiurus*	*Seiurus aurocapilla*	3	0.36
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga americana*	6	0.73
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga citrina*	5	0.6
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga coronata*	1	0.12
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga discolor*	2	0.24
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga dominica*	17	2.06
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga fusca*	1	0.12
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga magnolia*	3	0.36
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga palmarum*	20	2.42
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga petechia*	11	1.33
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga ruticilla*	3	0.36
Passeriformes	Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga virens*	2	0.24
Piciformes	Picidae	*Sphyrapicus*	*Sphyrapicus varius*	3	0.36
Passeriformes	Thraupidae	*Sporophila*	*Sporophila torqueola*	1	0.12
Passeriformes	Hirundinidae	*Stelgidopteryx*	*Stelgidopteryx serripennis*	1	0.12
Charadriiformes	Laridae	*Sterna*	*Sterna forsteri*	2	0.24
Charadriiformes	Laridae	*Sternula*	*Sternula antillarum*	3	0.36
Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia*	*Streptopelia decaocto*	15	1.81
Suliformes	Sulidae	*Sula*	*Sula leucogaster*	1	0.12
Charadriiformes	Laridae	*Thalasseus*	*Thalasseus maximus*	10	1.21
Charadriiformes	Laridae	*Thalasseus*	*Thalasseus sandvicensis*	5	0.6
Passeriformes	Thraupidae	*Thraupis*	*Thraupis episcopus*	1	0.12
Pelecaniformes	Ardeidae	*Tigrisoma*	*Tigrisoma mexicanum*	3	0.36
Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa*	*Tringa semipalmata*	3	0.36
Passeriformes	Turdidae	*Turdus*	*Turdus grayi*	2	0.24
Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus couchii*	4	0.48
Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus forficatus*	2	0.24
Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus melancholicus*	20	2.42
Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus tyrannus*	1	0.12
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*Vireo flavifrons*	1	0.12
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*Vireo flavoviridis*	1	0.12
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*Vireo griseus*	1	0.12
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*Vireo magister*	2	0.24
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*Vireo pallens*	5	0.6

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Columbiformes	Columbidae	*Zenaida*	*Zenaida asiatica*	5	0.6
			TOTAL	**827**	**99.89**

- **Mamíferos**

Los mamíferos están representados por 6 órdenes, 14 familias, 17 géneros y 19 especies registrados en 241 avistamientos.

Cuadro III.19. Abundancia de mamíferos por especies.

Orden	Familia	Género	Nombre científico	Núm. Ind.	Abundancia relativa
Artiodactyla	Cervidae	Odocoileus	*Odocoileus virginianus*	1	0.41
Artiodactyla	Tayassuidae	Dicotyles	*Dicotyles tajacu*	5	2.07
Carnivora	Canidae	Urocyon	*Urocyon cinereoargenteus*	2	0.83
Carnivora	Mustelidae	Mustela	*Mustela frenata*	17	7.05
Carnivora	Mustelidae	Galictis	*Galictis vittata*	1	0.41
Carnivora	Procyonidae	Procyon	*Procyon lotor*	21	8.71
Carnivora	Procyonidae	Nasua	*Nasua narica*	1	0.41
Chiroptera	Phyllostomidae	Micronycteris	*Micronycteris microtis*	3	1.24
Chiroptera	Phyllostomidae	Artibeus	*Artibeus lituratus*	45	18.67
Chiroptera	Phyllostomidae	Dermanura	*Dermanura phaeotis*	31	12.86
Chiroptera	Phyllostomidae	Artibeus	*Artibeus jamaicensis*	3	1.24
Didelphimorphia	Didelphidae	Didelphis	*Didelphis marsupialis*	6	2.49
Pilosa	Myrmecophagidae	Tamandua	*Tamandua mexicana*	7	2.9
Rodentia	Cricetidae	Ototylomys	*Ototylomys phyllotis*	1	0.41
Rodentia	Cricetidae	Oryzomys	*Ototylomys rostratus*	2	0.83
Rodentia	Cuniculidae	Cuniculus	*Cuniculus paca*	2	0.83
Rodentia	Dasyproctidae	Dasyprocta	*Dasyprocta punctata*	7	2.9
Rodentia	Sciuridae	Sciurus	*Sciurus yucatanensis*	86	35.68
TOTAL				**241**	**99.94**

<u>Conclusiones sobre la fauna en el SA</u>.

El estudio de fauna muestra alta diversidad y riqueza para el grupo de aves, mientras el grupo anfibios presenta la diversidad y riqueza más baja.

La baja diversidad del grupo anfibios es un indicador biológico de fragmentación en la composición de las comunidades faunísticas y florísticas del SA; ya que desempeñan un papel importante en la cadena trófica, controlan poblaciones de insectos y mantienen diversas comunidades de depredadores por tanto son los más susceptibles a los factores que estresan un ecosistema (Rice *et*

al., 2006[20]; Charrier, 2008[21]; Luna-Reyes *et al*., 2010[22]). Lo anterior, es coherente con el grado de perturbación intermedia de la vegetación de la microcuenca.

Cuadro III.20. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad por taxa.

Grupo	Anfibios	Aves	Mamíferos	Reptiles
Número de especies	11	140	18	35
Número de individuos	12	827	241	111
Índice de diversidad Simpson	0.87	0.97	0.8	0.89
Índice de diversidad Shannon-Wiener	2.24	4.29	2.04	2.86

De lo anterior se tiene que, a nivel de microcuenca y del SA, la fauna silvestre muestra alta diversidad y riqueza lo que determina que, si bien existen espacios degradados, se tiene un continuo forestal que permite la existencia de diversos taxa.

En el mismo contexto, las especies más abundantes del grupo aves (*Meleagris ocellata*, *Quiscalus mexicanus* y *Mimus gilvus*) son especies generalistas que toleran la presencia humana y utilizan espacios abiertos y áreas periféricas de las zonas urbanas donde fueron registradas. Mientras, la especie más abundante del grupo mamíferos es *Sciurus yucatanensis*, es una especie generalista tolerante a la perturbación, que incluso suele verse beneficiada por la degradación del hábitat.

III.2.2.2.2. Caracterización de fauna en el predio San Francisco

Antecedentes.

En general la fauna de la Península de Yucatán ha sido considerada como única por la composición de su biota, por su conformación geológica y paleobiológica (Arita y Vázquez, 2003). La riqueza de vertebrados terrestres es menor que aquellas que habitan en otras zonas tropicales. El número de especies endémicas varía según el grupo específico que se estudie (Duch, 2003).

La distribución de la fauna no es homogénea a lo largo de la Península Yucateca. Simpson en 1964, describió el patrón de distribución, concluyendo que en la zona base de la península el número de especies es mayor que en el punto medio, y este a su vez es mayor que en la punta de la península. Este autor, utilizó a la península como ejemplo de lo que definió “efecto península” donde se observó que las penínsulas tienden a ser menos ricas en las puntas que en sus bases. Estudios posteriores han corroborado esta observación en diferentes grupos (Arita y Vázquez, 2003).

[20] Rice K., Mazzott F., Waddle H. y Conill M. 2006. *Uso de Anfibios como Indicadores del Éxito de la restauración de ecosistemas. University of Florida*. < http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/uw/uw23600.pdf>

[21] Charrier, A. 2008. *Declinación global de anfibios*. Fundación Biológica Senda Darwin. Chile.

[22] Luna-Reyes, R., Ramírez-Velázquez, A., Jiménez-Lang, O., García-Jiménez, M., Morales-Barrales, Y., Zuñiga-Juárez, E., Sánchez-Estrada J. y Aranda-Coello, J. 2010. *Estrategia para la conservación de anfibios críticamente amenazados en Chiapas, México*. SEMAVIHN-CI-CPEF. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Las características geográficas y climatológicas que presenta el estado de Quintana Roo, lo hacen un medio propicio para el desarrollo y establecimiento de una gran diversidad de animales por lo que se han realizados diversos estudios entre los que destacan los de Gaumer (1917) para toda la península, los estudios para la mastofauna (mamíferos) de Navarro y Robinson (1990) en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, los estudios sobre la herpetofauna (anfibios y reptiles) de Lee (1980), los trabajos en ornitofauna (aves) por Paynter (1955), y los de Blake en 1953. De estos y muchos otros estudios se han reconocido e identificado la composición faunística Quintanarroense.

El Municipio de Playa del Carmen aun presenta diversos grupos faunísticos. Sin embargo, las diversas actividades humanas han modificado directa o indirectamente la distribución y abundancia de estos grupos. El presente estudio faunístico tiene como propósito determinar que especies se encuentran en el área de estudio y con base en ello inferir las condiciones ecológicas generales del sitio. Para ello se implementó la metodología que a continuación se describe.

Área de Estudio.

El área de estudio se localiza en la porción norte de Quintana Roo, sobre la carretera Playa del Carmen- Cancún, y abarcó todo el polígono del plan maestro ya que la fauna es móvil para tener una caracterización de estos organismos acordes al hábitat que están utilizando. De ahí que el área de estudio referida corresponde al polígono del plan maestro de 408.305 hectáreas aproximadamente.

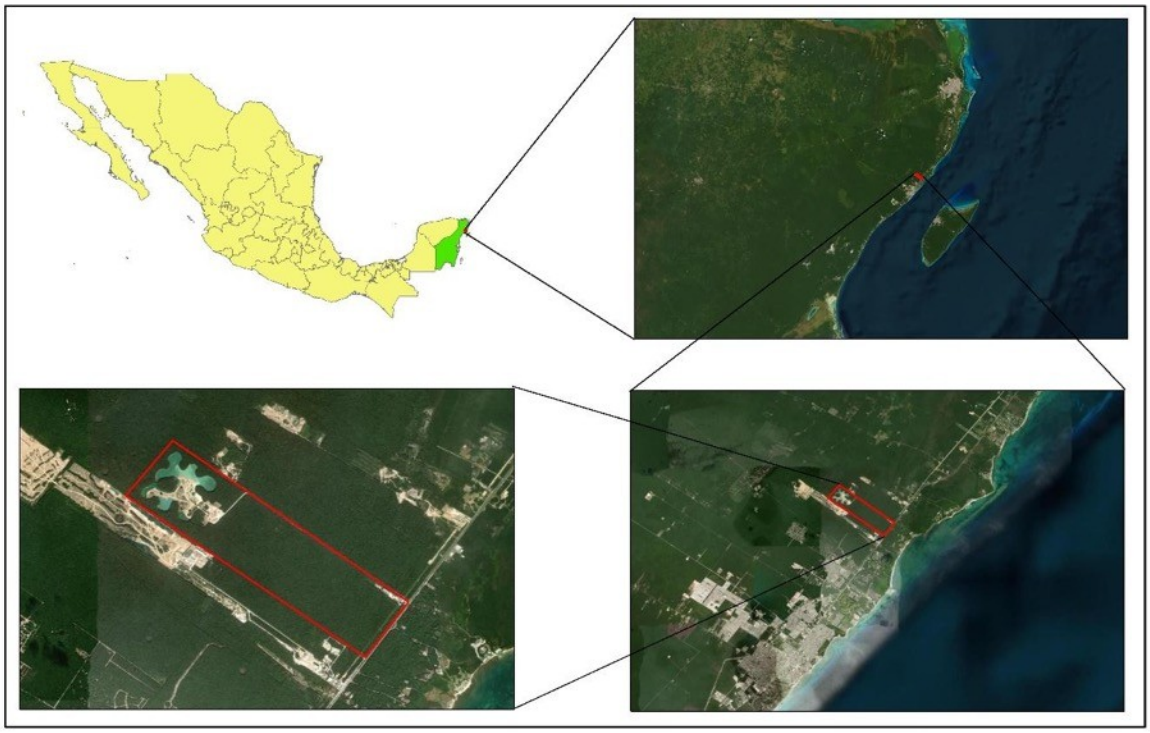


Imagen III.3. Identificación de la zona de estudio de fauna del sitio.

Metodología.

El concepto de “Línea de Base” se refiere a un estudio que permite determinar el estado “cero” de las poblaciones bajo estudio a partir de un tiempo o fecha determinada. Estos estudios constituyen un punto de referencia con el cual comparar y así poder detectar cambios a lo largo del tiempo; por lo consiguiente, el programa de monitoreo debe diseñarse de manera que asegure que los datos obtenidos tengan una confiabilidad de al menos un 80 % en los resultados de las tendencias de la población, pero que evite la acumulación de datos innecesarios (Pacheco et.al, 2004).

El trabajo de campo tuvo una duración de seis días. Tomando como base la cuadrícula final de muestreo, se recorrieron a pie caminos, brechas y veredas en busca de sitios que presentaran alta probabilidad de fotografiar animales; para esto se tomaron como base los indicios o rastros dejados por los mismos en sus actividades diarias (huellas, excretas, restos de comida, etc.). Se tomaron fotografías a cada rastro y la identificación de los mismos se realizó *in situ* con el apoyo de claves como por ejemplo Aranda (2012) y Alcérreca y colaboradores (2009). En esta actividad también se contó con la ayuda de un Geo-Posicionador Global (GPS) que permitió obtener la ruta seguida durante del recorrido (track), los puntos de los rastros observados y finalmente los sitios probables para colocar las cámaras.

Toda la información almacenada en el GPS será descargada y finalmente desplegada sobre los mapas con ayuda del programa ArcGis 10.8 (ESRI, 2020); esto para ya obtener un mapa del diseño final del muestreo.

Previo a la ejecución del muestreo en campo, se elaboró un listado de especies de fauna silvestre cuya distribución es potencial en el área de estudio. Para ello, se consultó información bibliográfica (Mackinnon 2017, entre otros) así como fuentes online oficiales, tales como BirdLife, Naturalista y CONABIO. Como resultado, se obtuvo un listado que incluye a 226 especies de aves, 49 de reptiles, 17 de anfibios y 80 de mamíferos (incluyendo quirópteros), los cuales tienen probabilidad de distribuirse en el área de estudio.

Con el objetivo de corroborar dicha información, se realizaron visitas matutinas y vespertinas al sitio de estudio durante un total de seis días en el mes de junio de 2024, en los que fue posible detectar y registrar a diversas especies de los cuatro grupos faunísticos objetivo (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

La caracterización de fauna silvestre se llevó a cabo mediante trabajo de campo sistemático a través de la aplicación de diversas técnicas, para el registro de fauna se encuentran en función de la eficiencia conocida para cada grupo faunístico, de manera que, los métodos de muestreo utilizados en el proyecto aportan los resultados más eficientes en términos del costo (económico, de tiempo y de personal) y beneficio. A forma de resumen, el muestreo consistió en la ejecución de métodos acordes al grupo de interés, tales como Transectos lineales, Puntos de conteo o censos desde puntos fijos, búsqueda activa y colocación de foto trampas. En los apartados siguientes, se describe la metodología empleada específicamente para la detección de cada grupo faunístico.

El conteo en transectos lineales constituye un método de muestreo que 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 pueden 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 es eficaz de registro pues al estar el observador en movimiento evita recontar un 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 método de puntos de conteo o censo en puntos fijos es una técnica eficiente para monitorear y evaluar las poblaciones, esta metodología es aplicada comúnmente en el grupo de aves. Permite utilizar los sonidos de las aves para su identificación y evaluación de abundancias, también es popular para estudiar riqueza, densidad, composición y distribución del grupo, especialmente en los trópicos (González-García, 2011).

El empleo de redes de niebla es uno de los métodos más prácticos, reconocidos y empleados en la actualidad para conocer la quiropterofauna de un determinado lugar. El uso de redes posibilita la captura de los ejemplares y con ello la confirmación de su identidad taxonómica, la colocación de redes mantiene ciertas ventajas en su operación, entre las que destaca que son livianas y comprimibles, haciéndolas fáciles de transportar hasta sitios de difícil acceso, también es sencilla su instalación y se pueden adaptar a todos los hábitats. Las redes son más eficaces para la captura de murciélagos de hábitos frugívoros, los cuales constituyen una proporción importante en la mastofauna del neotrópico, donde se ubica nuestra área de estudio, motivo por el cual se aplicó para el registro del grupo, pues es una herramienta útil que permite caracterizar la diversidad de murciélagos (Bracamontes, 2018).

El uso de cámaras trampas resulta muy útil para conseguir imágenes de especies escurridizas (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018) o difíciles de observar debido a sus patrones de conducta, baja densidad o carácter elusivo (Chávez et al., 2013), como es el caso de mamíferos de mediano a gran tamaño. Actualmente, es el método más recomendable para el muestreo y monitoreo de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten conocer las tendencias y estimaciones confiables de las poblaciones, sin interferir en su conducta (López-González et al., 2011; Chávez et al., 2013).

Para todos los grupos de fauna se recorrieron un total de 2 transectos lineales con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur y un ancho variable dependiendo del grupo de fauna a muestrear. A lo largo de estos transectos, cuando se consideró un sitio adecuado, se instalaron los diferentes trampeos para mamíferos (fototrampas y redes de niebla para murciélagos).

- **Anfibios y reptiles (herpetofauna).**

Para la detección de las especies de herpetofauna se seleccionó el método de transecto de ancho fijo, para lo cual se estableció dos transectos con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur, y en el cual se efectuó una búsqueda equivalente a cuatro repeticiones. Lo anterior consistió en recorridos diurnos y nocturnos en los que predominó la búsqueda activa en microhábitats a lo largo del transecto. Ello implica que la búsqueda se dirigió e intensificó en sitios que pudieran potencialmente fungir como refugio de anfibios y/o reptiles, por ejemplo, debajo de piedras, troncos, cavidades, charcas y sus alrededores.





Imágenes III.4 y III.5. Método de búsqueda intensiva de anfibios y reptiles en el predio de estudio.

Para la búsqueda de reptiles se tuvieron rangos de horario de 9:00 a 12:00 y de 17:00 a 20:00 horas. La conducta de este grupo presenta un comportamiento que permite establecer los mejores horarios para su observación, cuando los individuos salen de sus refugios en horarios matutinos para aprovechar la incidencia solar, y posteriormente dependiendo de la territorialidad que tengan se desplazan para alimentarse. Por otra parte, de 17:00 a 20:00 hr presentan actividad algunas especies crepusculares, por lo cual también se considera dicho rango horario para la búsqueda de individuos. Se revisó particularmente bajo piedras y algunas cavidades, así como en los troncos de los árboles. Por otra parte, en lo referente a anfibios, durante el horario vespertino – nocturno fue posible localizar a individuos de este grupo. Para ello, se emplearon lámparas de mano, y se puso especial atención en revisar pequeñas charcas.

Para la identificación de los ejemplares de herpetofauna se consultaron guías ilustradas de campo, siendo estas Julian Lee (2000), Calderón *et al*. (2005) y Kohler G. (2015), asimismo se consultó el sitio web de Naturalista (2020). Adicionalmente, se obtuvo el registro fotográfico de los individuos de anfibios y reptiles avistados, con excepción de una serpiente cuya veloz movilidad impidió obtener una buena fotografía.

No obstante, este esfuerzo de muestreo (por el tiempo y recursos disponibles) no pretendía hacer un inventario herpetológico pormenorizado, durante todos y cada uno de los recorridos fueron desarrolladas observaciones directas sobre el sustrato y sobre la vegetación circundante en busca de representantes de este grupo taxonómico habiendo sido obtenido el registro de diversos ejemplares de las especies que en seguida se muestran.



Holcosus undulatus



Anolis rodriguezii



Hemidactylus frenatus



Basiliscus vittatus



Ctenosaura similis



Hypopachus variolosus



Rhinoclemmys areolata



Conophis lineatus

Imágenes III.6 a III.13. Anfibios y reptiles registrados en el predio San Francisco.

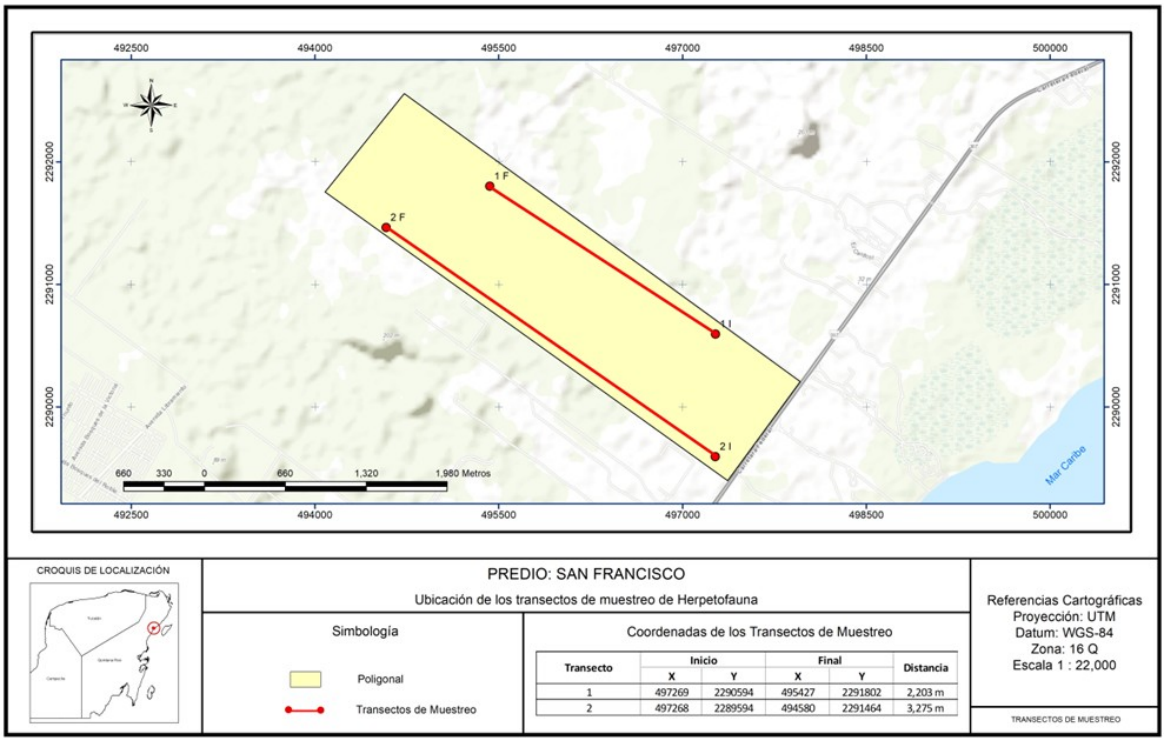


Imagen III.14. Ubicación del muestreo de herpetofauna.

Cuadro III.21. Coordenadas del transecto para muestreo de herpetofauna.

Transecto	Inicio		Final		Distancia
	X	Y	X	Y	
1	497269	2290594	495427	2291802	2,203 m
2	497268	2289594	494580	2291464	3,275 m

- **Aves**

Para la realización del monitoreo de aves se utilizó el método de muestreo por Puntos de Conteo (PC), basado en Whitacre (1991) que consiste, de manera resumida, en conteos en puntos fijos desde el suelo, con una duración de 10 minutos, durante los cuales el profesional que lo ejecuta, situado en un punto fijo, detecta e identifica (mediante canto y/u observación directa) a las especies de aves en un radio estimado de 20 m. Método ampliamente reconocido por su simplicidad y confianza, por lo que ha sido largamente utilizado aun como parte del sistema de monitoreo de este grupo de especies dentro de las reservas competencia de la CONANP, lo que ofrece la posibilidad y la conveniencia adicional de poder establecer las comparaciones pertinentes con sitios cercanos a estas ANP’s.

Los sitios de muestreo seleccionados son considerados representativos de la región, tanto al interior del área que será afectada por el proyecto como respecto a las áreas aledañas a este, mismas que, como ya ha sido mencionado, presentan una amplia homogeneidad considerando el tipo de cobertura vegetal predominante: la selva mediana subperennifolia, lo que facilitará la continuidad del esfuerzo de muestreo como parte del sistema de monitoreo que se propone sea instrumentado durante las fases de construcción y operación del proyecto. Para facilitar el proceso los puntos de muestreo se hicieron coincidir con la ubicación de las cámaras trampa.

A lo largo del área de estudio se establecieron un total de 9 puntos, equidistantes entre ellos; se realizaron dos repeticiones de conteo, generando así un total de 18 unidades de muestreo para avifauna.

Para el registro de especies se emplearon binoculares, cámara fotográfica con teleobjetivo, GPS y una bitácora de campo en la que se anotó la coordenada del punto, la especie y número de individuos, hora inicial y hora final.





Imágenes III.15 y III.16. Método de observación y registro de avifauna en el área de estudio.

Los puntos de conteo se realizaron sistemáticamente entre las 6:45hr y las 9:30hr, intervalo en que las aves presentan un alto pico de actividad, por lo tanto, son más fáciles de detectar. Los observadores que participaron en el presente estudio poseen amplia experiencia en la identificación de aves de la Península de Yucatán, y como apoyo se emplearon guías de campo como MacKinnon (2017) y Howell and Webb (1995).

A continuación, se presentan algunas fotografías de las especies de Aves más abundantes avistadas en el predio de estudio.



Icterus auratus



Eupsittula nana





Pintangus sulphuratus



Pachyramphus aglaiae

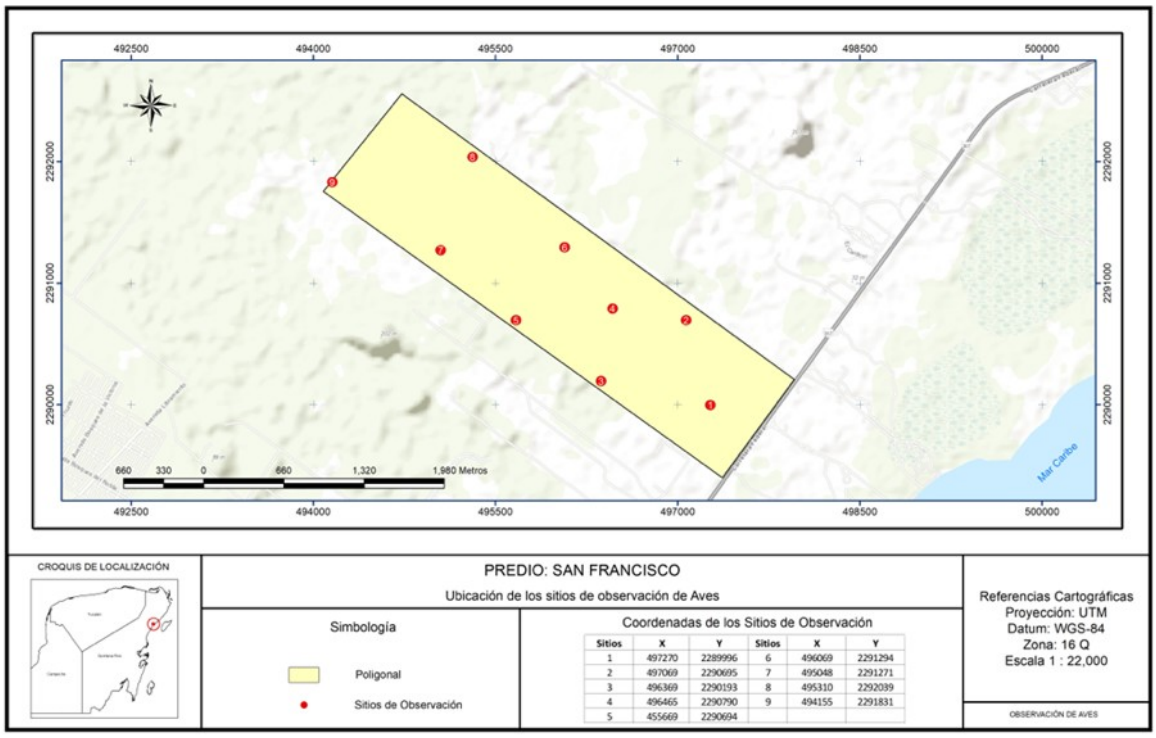


Cyanocorax yucatanicus

Ortalis vetula

Imágenes III.17 a III.22. Aves registradas en el predio San Francisco.

La ubicación de los puntos de conteo para el registro de la avifauna se observa en la siguiente imagen:



Sitios	X	Y	Sitios	X	Y
1	497270	2289996	6	496069	2291294
2	497069	2290695	7	495048	2291271
3	496369	2290193	8	495310	2292039
4	496465	2290790	9	494155	2291831
5	455669	2290694			

Imagen III.23. Puntos de muestreo para aves en el predio del proyecto.

Cuadro III.22. Coordenadas de los puntos de conteo de aves en el área de estudio.

PC	X	Y
1	497270	2289996
2	497069	2290695
3	496369	2290193
4	496465	2290790
5	455669	2290694
6	496069	2291294
7	495048	2291271
8	495310	2292039
9	494155	2291831

- **Mamíferos medianos**

Debido a la diversidad de hábitos de la mastofauna, se emplearon diferentes métodos para su estudio, los cuales fueron: transectos lineales y fototrampeo, así como el establecimiento de redes de niebla para la captura de murciélagos y la grabación mediante detectores ultrasónicos (Bautista et al., 2011; Aranda, 2012; Medellín et al., 2006; Pech-Canché et al., 2010; Hernández et al., 2015).

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).

Para la detección de mamíferos terrestres se seleccionaron dos métodos: activo, el cual se centró en la búsqueda de rastros y recorridos de avistamiento, consistente en recorrer dos transectos que atraviesa el área de estudio de norte a sur; y el método pasivo, el cual consistió en la instalación de cámaras trampa. Cabe destacar que el método pasivo corresponde al más exitoso del presente muestreo de mamíferos terrestres.

Los transectos se efectuaron en modalidad diurna con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur. 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). También se tomaron en cuenta los registros ad libitum, individuos atropellados sobre los caminos existentes durante la movilización del personal.





Imágenes III.24 y III.25. Registro de evidencias de mamíferos observados durante los transectos en el predio.

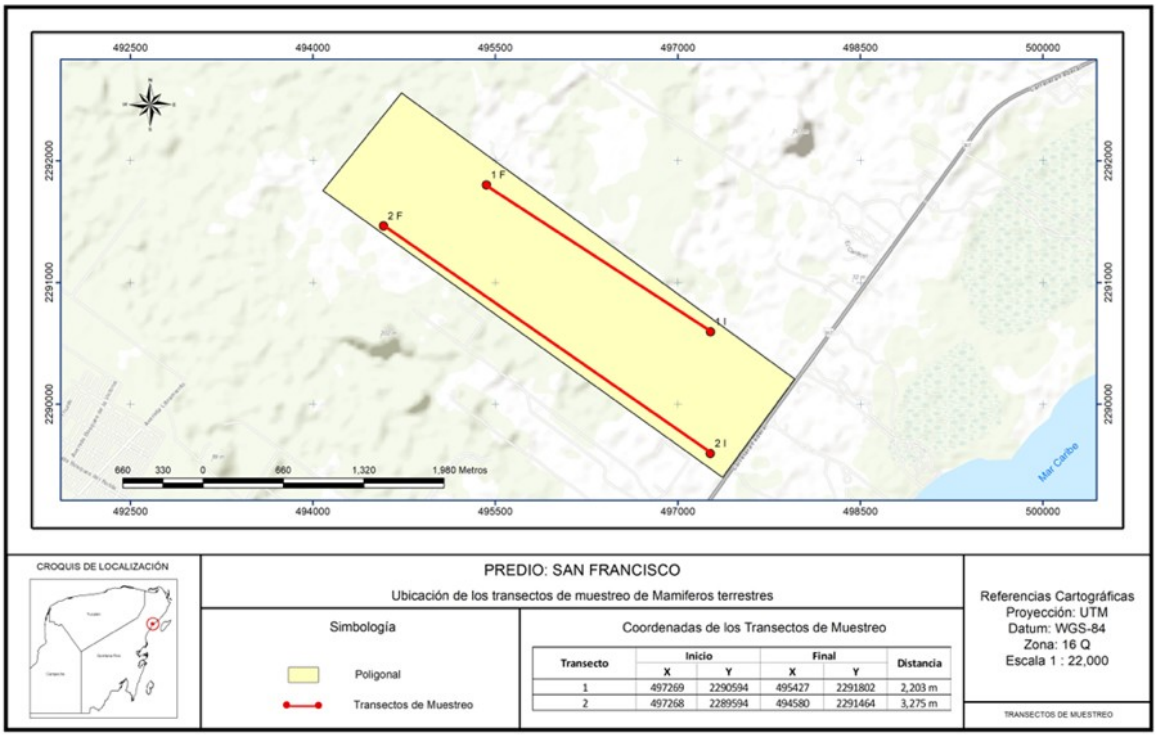


Imagen III.26. Ubicación de los transectos para muestreo de mamíferos terrestres.

Cuadro III.23. Coordenadas del transecto para muestreo de los mamíferos terrestres.

Transecto	Inicio		Final		Distancia
	X	Y	X	Y	
1	497269	2290594	495427	2291802	2,203 m
2	497268	2289594	494580	2291464	3,275 m

Por otro lado, se colocaron 4 estaciones de fototrampeo, en sitios identificados como refugios y pasos frecuentes de fauna durante la realización de los transectos lineales, esta técnica permite el registro

fotográfico de las especies que suelen evadir al ser humano (López et al., 2011). En cada estación, se instaló una cámara trampa de la marca Cuddeback IR Modelos H-1453, a una altura no mayor a 0.5 m del suelo y en un lugar plano, esto último con la finalidad de obtener mejores fotografías. Las cámaras se programaron para tomar series de tres fotografías por detección de evento y estuvieron activas durante las 24 horas del día. Cada estación de fototrampeo se georreferenció y cuando fue necesario se realizó la limpieza del perímetro donde se colocaron para evitar su activación accidental, las cámaras trampa se mantuvieron activas dentro del área de estudio durante los seis días que duro el muestreo de fauna y su ubicación se muestra a continuación:





Imágenes III.27 y III.28. Colocación de las cámaras trampa.

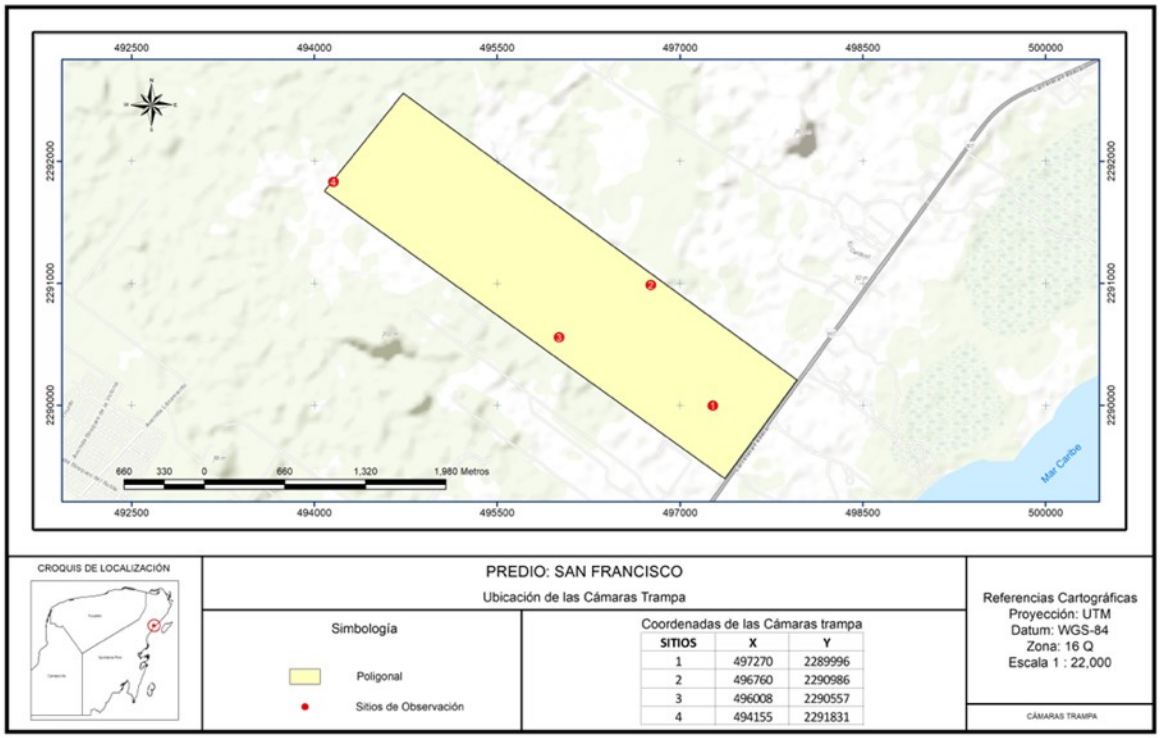


Imagen III.29. Ubicación de las cámaras trampa y transecto para muestreo de mamíferos.

Cuadro III.24. Ubicación de las cámaras trampa en el área de estudio.

Cámaras	X	Y
1	497270	2289996
2	496760	2290986
3	496008	2290557
4	494155	2291831

Resultados del trabajo en campo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos respecto a cada grupo faunístico.

- **Anfibios**

Se obtuvo el registro de una especie de anfibio perteneciente a la familia de Hylidae. Esta especie registrada no es endémica.

Cuadro III.25. Especies de anfibios registradas en el área de estudio.

No.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	REGISTRO
1	Hylidae	*Hypopachus variolosus*	Rana termitera	1

- **Reptiles**

Para este grupo se registraron siete especies pertenecientes a siete familias. Cabe destacar que dos de las especies registradas poseen la categoría de Amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas la iguana rayada y una serpiente.

Cuadro III.26. Especies de reptiles registradas en el área de estudio.

No.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM 059	REGISTRO
1	Dactyloidae	*Anolis rodriguezii*	Lagartija de abanico amarillo		3
2	Teiidae	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoíris		2
3	Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Basilisco café		1
4	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	A	2
5	Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Gecko doméstico		1
6	Geoemydidae	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga de monte mojina	A	1
7	Colubridae	*Conophis lineatus*	Culebra olivácea		1

Las especies más abundantes durante el muestreo corresponden a *Anolis rodriguezii, Holcosus undulatus* y *Ctenosaura similis*, con un rango de dos a tres individuos observados por especie, mientras que para el resto se registraron de un individuo respectivamente.

- **Aves**

Respecto al grupo de las aves, durante el estudio se obtuvo el registro de un total de 32 especies, tanto residentes como invernales, pertenecientes a 21 familias.

A continuación, se presenta el listado del grupo de Aves registrados en el muestreo en el predio.

Cuadro III.27. Especies del grupo de aves registradas en el predio.

Familia	Especie	Nombre común	NOM 059	Endémica	Registro
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata			1
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical			5
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca común			11
Phasianidae	*Meleagris ocellata*	Pavo ocelado	A	Endémica	2
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura			1
Columbidae	*Zenaida asiática*	Paloma ala blanca			2
Columbidae	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera			3
Psittacidae	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	Pr		4
Trogonidae	*Trogon melanocephalus*	Trogón cabeza negra			2
Momotidae	*Eumomota superciliosa*	Momoto ceja azul			1
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje			1
Apodidae	*Amazilia yucatanensis*	Colibrí yucateco			1
Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca		Endémica	25
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta			10
Tyrannidae	*Myiodynastes luteivetris*	Papamoscas rayado común			2
Tyrannidae	*Myiarchus yucatanensis*	Papamoscas yucateco			1
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo			5
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis gregario			2
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical			2
Mimidae	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	Pr	Endémica	3
Troglodytidae	*Uropsila leucogastra*	Chivirín vientre blanco			2
Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	Pr	Endémica	3
Vireonidae	*Vireo magister*	Vireo yucateco			2
Parulidae	*Mniotilta varia*	Chipe trepador			1
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo			1
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado			1
Icteridae	*Icterus gularis*	Bolsero de Altamira			1
Icteridae	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco		Endémica	2
Ramphastidae	*Pteroglossus torquatus*	Tucancillo collarejo	Pr		1

Familia	Especie	Nombre común	NOM 059	Endémica	Registro
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor			3
Tityridae	*Pachyrampus aglajeae*	Cabezón degollado			3
Phalacrocorax	*Phalacrocorax brasilianus*	Cormorán neotropical			7

En lo que respecta a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se registraron un total de cinco, tratándose del Pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) con categoría de especie Amenazada (A), el Perico pecho sucio (*Eupsittula nana*), Maullador negro (*Melanoptila glabrirostris*), Vireo manglero (*Vireo pallens*) y Tucancillo collarejo (*Pteroglossus torquatus*) que poseen la categoría de Protección especial (Pr).

Por otra parte, en cuanto a especies endémicas de la Península se tienen las siguientes: el Maullador negro (*M. glabrirostris*), la Chara yucateca (*C. yucatanicus*), el Vireo manglero (*V. pallens*), el Bolsero yucateco (*I. auratus*) y el Pavo ocelado (*M. ocellata*).
Respecto a las aves residentes, existió una notable dominancia de la Chara yucateca (*C. yucatanicus*), de la cual se obtuvo el registro de 25 individuos, seguida por la Chachalaca (*O. vetula*), Golondrina tijereta (*Hirundo rustica)* y Cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*).

- **Mamíferos**

Se obtuvo el registro de un total de 7 especies de mamíferos terrestres en el área de estudio, pertenecientes a 7 familias distintas, las especies avistadas mediante dicho método fue observada directamente a lo largo de un transecto, sin embargo, no nos dio tiempo de fotografiarlas, Así mismo, se encontraron excretas de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Huellas de Coatí (*Nasua narica*) y por medio de entrevistas al personal de vigilancia del predio nos indicaron que existe presencia de jaguar (*Panthera onca*).

A continuación, se aprecia el número de individuos registrados por especie, siendo los Coatíes (*N. narica*) el mamífero más abundante, del cual se tuvo registro visual directo. En cuanto al resto de los mamíferos detectados, los valores de abundancia se mantuvieron en un rango de uno a dos individuos por especie.

Cabe destacar que el Jaguar (*Panthera onca*) es una especie catalogada en Peligro de Extinción, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro III.28. Especies de mamíferos terrestres registradas en el área de estudio.

No	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM 059	REGISTRO	OBSERVACIÓN
1	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca		2	Excretas
2	Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí		4	Huellas
3	Felidae	*Panthera onca*	Jaguar	P	1	Entrevista
4	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris		1	Avistamiento

5	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache		1	Avistamiento
6	Zciuridae	*Sciurus deppei*	Ardilla tropical		2	Avistamiento
7	Cuniculidae	*Dasyprocta punctata*	Sereque		1	Avistamiento

Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el presente estudio se registró un total de 8 especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, pertenecientes a los grupos de reptiles, aves y mamíferos terrestres. Dichas especies se encuentran dentro de alguna de las siguientes tres categorías: Peligro de extinción (P), Amenazadas (A) y sujetas a Protección especial (Pr).

A continuación, se muestra la proporción de especies registradas por categoría, siendo Pr la mejor representada:

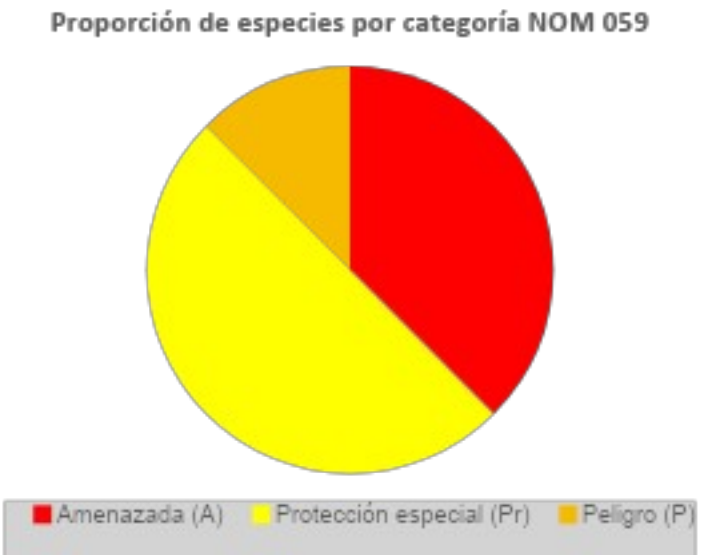


Imagen III.30. Proporción de especies registradas por categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por otra parte, el gráfico siguiente muestra el porcentaje de especies por grupo faunístico que se encuentran dentro de alguna categoría NOM - 059, teniendo que el grupo de avifauna fue el que registró un mayor número de especies incluidas en la Norma.

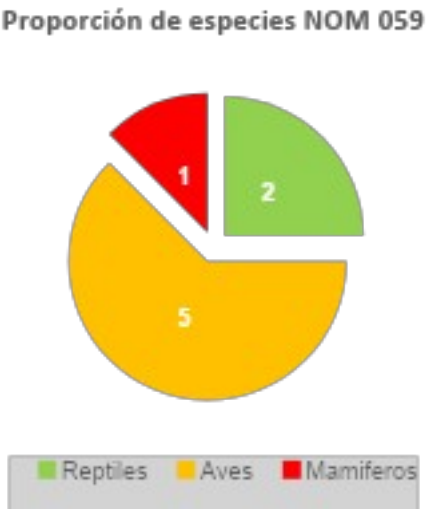


Imagen III.31. Porcentaje de especies por grupo faunístico incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

A continuación, se enlistan las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos terrestres registrados en el área de estudio, así como su categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010 correspondiente:

Cuadro III.29. Listado de especies de fauna silvestre incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Especie	Nombre común	Estatus NOM 059
Reptiles	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	A
	Rhinoclemmys areolata	Tortuga de monte mojina	A
Aves	*Meleagris ocellata*	Pavo ocelado	A
	Eupsittula nana	Perico pecho sucio	Pr
	Melanoptila glabrirostris	Maullador negro	Pr
	Vireo pallens	Vireo manglero	Pr
	Pteroglossus torquatus	Tucancillo collarejo	Pr
Mamíferos	*Panthera onca*	Jaguar	P

A=Amenazada, Pr= Protección especial, P=Peligro de extinción

Cabe destacar que 8 especies enlistadas en la NOM - 059 corresponde al 17 % del total de especies registradas. Por ello, se reitera la importancia de ejecutar las acciones necesarias de mitigación que contribuyan a minimizar los impactos negativos sobre estas especies, y el resto.

Discusión.

Considerando que durante el muestreo se logró el registro de un total de 47 especies pertenecientes a los grupos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (terrestres), dichos resultados conforman un indicador de que las condiciones actuales del área de estudio ofrecen sitios de refugio y recursos alimenticios a la fauna silvestre.

El grupo mejor representado corresponde al de las aves, con un total de 32 especies, destacando que cinco de estas son endémicas de la Península. Así mismo, se presume que el área ofrece las

condiciones necesarias para que las aves migratorias también hagan uso de ella de forma transitoria. En cuanto al desarrollo del proyecto, se espera que el grupo de la avifauna no sea impactado de una forma relevante, tomando en cuenta que los individuos podrán desplazarse fácilmente a sitios aledaños durante los períodos de mayor perturbación antropogénica, así como establecerse nuevamente en las áreas del proyecto que conserven su vegetación.

De acuerdo con lo observado, es posible prever que el grupo de la herpetofauna sea el más vulnerable respecto al desarrollo del proyecto, considerando que algunas de las especies avistadas, incluyendo ranas y geckos como *H. variolosus* y *H. frenatus*, respectivamente, son individuos de lento desplazamiento, lo cual potencialmente dificultará su pronta movilidad hacia áreas aledañas en los momentos de preparación del sitio y construcción, e incrementará las posibilidades de que los ejemplares de este grupo sean dañados si no se ejecutan las acciones de mitigación apropiadas. Adicionalmente, dos especies de reptiles registrados se encuentran catalogados como Amenazados entre ellos la iguana rayada (*Ctenosaura similis*) y Tortuga mojina (*Rhinoclemmys areolata*).

En cuanto a mamíferos terrestres, el método consistente en la colocación de cámaras trampa permitió el registro de un total de 7 especies, lo cual puede considerarse como un valor de riqueza alto para el sitio. Respecto a este grupo, destaca la detección de una especie cuya categoría corresponde a especies en Peligro de extinción (NOM - 059), siendo estas el Jaguar (*Panthera onca*), por lo que se reitera la importancia de ejecutar pronta y apropiadamente acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, que contribuyan a salvaguardar a los individuos de las especies que, en sí mismas, ya se consideran como vulnerables debido a su estatus de protección.

Conclusiones sobre fauna.

El área de estudio provee de alimento y refugio a especies de fauna silvestre pertenecientes a los grupos de: anfibios, reptiles, aves y mamíferos terrestres, ya que fue posible detectar en ella a individuos de todos los grupos faunísticos mencionados, teniendo un total de 47 especies registradas.

La composición faunística del área de estudio corresponde a sitios con poca perturbación antropogénica, y en general, un buen estado de conservación.

Considerando que el 17 % de las especies registradas posee alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, deben ejecutarse actividades de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Se prevé que el grupo más vulnerable a ser impactado negativamente durante la fase de preparación del sitio y construcción corresponde a la herpetofauna, considerando que especies como el *H. variolosus*, *H. frenatus y* Tortuga mojina (*Rhinoclemmys areolata*), entre otras, son de lento desplazamiento.

El área del predio representa una zona de alimentación y refugio no solo para aves residentes sino también para las migratorias, ya que algunas de estas fueron registradas durante el muestreo aún en la temporada final de migración.

El registro de 5 especies endémicas de la Península de Yucatán, tratándose de aves y reptiles, es un indicador del buen estado de conservación del área.

La presencia en el sitio de al menos una especie bajo la categoría de Peligro de extinción (NOM 059 SEMARNAT 2010), tratándose del Jaguar (*Panthera onca*), acentúan la importancia de ejecutar monitoreos posteriores al presente para evaluar el estado de las poblaciones de dichas especies a lo largo del tiempo y una vez el proyecto se encuentre operando.

La aplicación de medidas de protección y mitigación son necesarias para salvaguardar el área que conservará su vegetación, con el objetivo de que esta no pierda las características que la hacen habitable para la fauna silvestre.

La concientización ambiental jugará un rol importante para el personal laboral y transitorio involucrado con el proyecto, a fin de destacar la importancia de las especies de fauna que habitan y/o transitan en el área y por lo tanto, la conservación de su hábitat.

Recomendaciones.

Durante las actividades de preparación del sitio y construcción, es indispensable ejecutar un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. Lo anterior es de relevancia particular para el grupo de herpetofauna (anfibios y reptiles) y mamíferos terrestres, tomando en cuenta que algunas de las especies registradas en el área del proyecto se encuentran enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
En cuanto a la superficie a conservar como área verde, se sugiere vigilar de manera estricta que dichas áreas con vegetación se conserven en buen estado, con el objetivo de permitir que la fauna silvestre haga uso de estas.

Limitar el paso de personas a las zonas con vegetación. Para ello puede hacerse uso de señalamientos.
Ejecutar programas de manejo de residuos, señalización, limpieza y concientización ambiental acordes al proyecto, a los que el personal laboral dé cumplimiento. Es relevante que el personal sea consciente de la importancia de contribuir a la conservación de la fauna silvestre que potencialmente siga habitando y/o transitando el área en cuestión.

Implementar actividades de vigilancia que aseguren la conservación de las especies en el área del proyecto, evitando el tráfico y caza de fauna silvestre.

III.2.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO

Para la descripción del medio socioeconómico se ha realizado el análisis de la caracterización del Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen, haciendo referencia siempre que es pertinente, a la Ciudad de Playa del Carmen, por ser la localidad urbana más cercana y el principal centro de población del municipio.

Es importante señalar que, para los indicadores socioeconómicos, el Censo 2020 sigue siendo la fuente censal integral más reciente de INEGI y para la actividad económica los datos más recientes corresponden a los Censos Económicos 2024 y DENUE 2025/2026.

III.2.3.1. Población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, el Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen contaba con 333,800 habitantes, de los cuales aproximadamente 51.1 % eran mujeres y 48.9 % hombres. La edad mediana era de 28 años, lo que evidencia una estructura poblacional relativamente joven. Playa del Carmen concentraba 304,942 habitantes, equivalente a aproximadamente 91 % de la población municipal.

La población municipal se encontraba distribuida en 136 localidades, aunque existe una marcada concentración demográfica en Playa del Carmen y, en menor medida, Puerto Aventuras. Esta concentración es relevante para el proyecto, debido a que el predio San Francisco se localiza aproximadamente a 9 km de Playa del Carmen, dentro del ámbito de influencia de uno de los principales núcleos urbanos del municipio.

III.2.3.2. Vivienda y servicios básicos

En 2020 se registraron 110,763 viviendas particulares habitadas en el Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen, con un promedio de 3.0 ocupantes por vivienda. Las condiciones de disponibilidad de servicios básicos muestran una cobertura elevada: 98.2 % de las viviendas disponían de energía eléctrica, 98.3 % de drenaje y 96.9 % de agua entubada, de acuerdo con el Panorama Sociodemográfico de Quintana Roo.

Para el área de Playa del Carmen, la cobertura de servicios era particularmente alta: el diagnóstico municipal basado en el Censo 2020 reporta que únicamente 0.80 % de los ocupantes se encontraban en viviendas sin agua entubada, 0.41 % sin drenaje y 0.27 % sin energía eléctrica.

Esto permite señalar que el área urbana próxima al proyecto cuenta con una infraestructura habitacional y de servicios básicos ampliamente consolidada, aunque las condiciones pueden ser diferentes en localidades rurales o zonas de expansión urbana.

III.2.3.3. Educación

La población del Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen presenta un nivel educativo relativamente favorable. El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más fue de 10.4 años, de acuerdo con los resultados del Censo 2020. La tasa de alfabetización alcanzó aproximadamente 98.2 %.

En cuanto al nivel de escolaridad, aproximadamente 45.8 % de la población de 15 años y más contaba con educación básica, 28.7 % con educación media superior y 21.6 % con educación superior.

III.2.3.4. Salud

En 2020, alrededor de 69.0 % de la población municipal tenía derechohabiencia a algún servicio de salud, mientras que aproximadamente 27.5 % no contaba con derechohabiencia. El IMSS constituía la principal institución de atención, con alrededor de 50.6 % de la población afiliada.

III.2.3.5. Empleo y población económicamente activa

La población económicamente activa (PEA) representaba aproximadamente 73.8 % de la población de 12 años y más del municipio, y de esta, 98.2 % se encontraba ocupada. La PNEA representaba aproximadamente 25.8 %.

La elevada participación de la población en actividades económicas es consistente con el carácter predominantemente urbano y turístico del Municipio de Solidaridad (actualmente Municipio de Playa del Carmen y, particularmente de Playa del Carmen. Para caracterizar con mayor actualidad la estructura económica, el DENUE de INEGI permite identificar y cuantificar los establecimientos económicos por ubicación, actividad y tamaño, y su edición vigente incorpora información derivada de los Censos Económicos 2024.

III.2.3.6. Infraestructura y servicios

El municipio cuenta con una infraestructura urbana considerablemente desarrollada en sus principales centros de población. Para 2020, las viviendas particulares habitadas presentaban una alta disponibilidad de energía eléctrica, drenaje, agua entubada y sanitario.

Asimismo, existen diferencias importantes entre las localidades. En Playa del Carmen, por ejemplo, las carencias de servicios básicos eran considerablemente menores que en algunas localidades rurales del municipio.

III.2.3.7. Actividades económicas

El Municipio de Playa del Carmen presenta una estructura económica predominantemente orientada al sector terciario, particularmente al comercio y los servicios vinculados con la actividad turística. Destacan los establecimientos de alojamiento temporal, preparación de alimentos y bebidas, comercio al por menor, transporte, servicios profesionales y administrativos, así como las actividades de construcción, relacionadas con el crecimiento urbano y turístico.

Los Censos Económicos 2024 de INEGI, con información correspondiente a las actividades desarrolladas durante 2023, constituyen la fuente estadística más reciente para caracterizar la estructura económica municipal. De manera complementaria, el DENUE 05/2026 permite identificar la ubicación, actividad económica y tamaño de los establecimientos registrados, siendo útil para caracterizar las actividades económicas presentes en el entorno del predio San Francisco.

En conjunto, estas fuentes muestran una economía estrechamente vinculada con el turismo, el crecimiento urbano y la prestación de bienes y servicios, particularmente en el área de influencia de Playa del Carmen.

III.2.3.8. Uso del territorio

El territorio de Solidaridad presenta una marcada diferenciación entre áreas urbanas, zonas de expansión, áreas rurales y espacios destinados a actividades turísticas y de conservación. Playa del Carmen constituye el principal núcleo urbano, mientras que Puerto Aventuras representa otro centro importante de población.

El Censo 2020 registró 2,014.9 km² de superficie municipal, con una densidad de población de aproximadamente 165.7 habitantes/km².

III.2.4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

La zona donde se ubica el sistema ambiental del proyecto HAZUL forma parte de una extensa plataforma continental de roca caliza del Terciario sujeta a procesos kársticos y que por procesos endógenos da lugar a un sistema de flujo hídrico radial hacia la costa. Estos procesos endokársticos dan oportunidad a la formación de cenotes, que son resultado del derrumbe de la bóveda caliza y deja expuesto el manto freático, así como de cavernas subterráneas por donde fluye libremente el agua.

Esta dinámica hidrológica descansa en la rápida infiltración del agua de lluvia, ya que la roca caliza es de elevada permeabilidad, y en la superficie del sistema ambiental no existen hondonadas que funcionen como cuerpos receptores de escurrimientos superficiales. Es por lo anterior que su hidrología superficial presenta los valores más bajos de escurrimiento (0 a 5 %) y en el espacio subterráneo existe material consolidado con permeabilidad elevada que permite la conformación de un acuífero importante. Esto permite la extracción de agua potable para el abasto de la población y apoyo a actividades productivas.

Sin embargo, la condición de elevada infiltración por la condición del sustrato y escurrimientos muy bajos constituye un riesgo de contaminación del manto freático, ya sea por ingreso de lixiviados de residuos sólidos y líquidos o por la inyección directa de aguas residuales y jabonosas sin tratamientos previos. Asimismo, el acuífero flota sobre una capa de agua salobre que a su vez descansa en una capa salina; de tal manera que una sobreexplotación de la capa freática de agua dulce puede conducir a la ruptura del delicado equilibrio hidrológico y dar lugar a la formación de cuñas salinas.
El recurso edáfico presenta una elevada pedregosidad y una delgada capa de suelo fértil, de tal manera que las actividades agropecuarias no son recomendables por la elevada pérdida de fertilidad; siendo más conveniente el mantenimiento del recurso forestal como generador de servicios ambientales. Desde el punto de vista constructivo, el sustrato cuenta con una capa de caliza que

tiene un comportamiento de resistencia a cargas estáticas y dinámicas, por lo que no tiene limitantes serias para la edificación de construcciones. Lo anterior siempre y cuando se tenga la certeza de la condición del subsuelo obtenida a partir de estudios geohidrológicos y de mecánica de suelos que aseguren la firmeza del terreno por la ausencia de cavernas subterráneas.

En el SA la vegetación natural ocupa una superficie importante, sin embargo se presentan distintos grados de transformación derivados de infraestructura carretera, crecimiento urbano, actividades turísticas, extracción de materiales pétreos y apertura de caminos. El entorno del predio San Francisco se reconoce, por tanto, con una condición de mosaico ambiental, en la que coexisten áreas con vegetación natural o secundaria con superficies transformadas por actividades productivas e infraestructura. Esta condición debe considerarse en la evaluación de la conectividad ecológica, ya que la fragmentación de la vegetación disminuye e incluso elimina la continuidad de los hábitats y modifica los patrones de desplazamiento de la fauna.

La fauna del SA corresponde a la composición característica de las selvas tropicales de la Península de Yucatán. La presencia de áreas con vegetación natural permite mantener sitios de alimentación, refugio y desplazamiento para diferentes grupos de vertebrados. Sin embargo, retomando el párrafo que antecede, la proximidad de infraestructura carretera y de áreas con actividades humanas genera condiciones de perturbación y fragmentación, adquiriendo relevancia no solamente la riqueza de especies, sino también la conectividad de los fragmentos de vegetación y la existencia de corredores biológicos.

Derivado de los estudios de caracterización de flora y fauna realizados en el predio San Francisco, dentro de este se identificaron las siguientes especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020). En cuanto a la flora se registraron: *Thrinax radiata* (chit), *Coccothrinax readii* (nacax; especie endémica), *Handroanthus chrysanthus* (k'an lool; listada en dicha Norma como *Tabebuia chrysantha*) y *Astronium graveolens* (jobillo), las cuatro con registro dasométrico y en la categoría Amenazada (A), así como *Beaucarnea pliabilis* (despeinada), también en categoría Amenazada (A), cuya presencia se acreditó mediante registro visual.

En cuanto a la fauna los registros para la aves fueron los siguientes: *Eupsittula nana* (perico pecho sucio), *Melanoptila glabrirostris* (maullador negro), *Vireo pallens* (vireo manglero), y *Pteroglossus torquatus* (tucancillo collarejo), todos en la categoría Sujeta a protección especial (Pr); y *Meleagris ocellata* (pavo ocelado), en la categoría de Amenazada. En cuanto a los reptiles, en el predio se registraron *Ctenosaura similis (*iguana rayada*) y Rhinoclemmys areolata (*Tortuga de monte mojina), con categoría de Amenazadas. Con referencia a los mamíferos se detectó a *Panthera onca* (jaguar) con categoría de En Peligro de Extinción. El registro de esta última no fue por avistamiento sino a través de entrevista al personal de vigilancia del predio.

De acuerdo con los resultados de las caracterizaciones de flora y fauna, el predio no alberga especies exclusivas del mismo, todas se encuentran representadas en el Sistema Ambiental y por lo tanto en la Región Ecológica donde se encuentra.

Condición ambiental y grado de conservación

El Municipio de Playa del Carmen, incluyendo el SA, presenta una dinámica demográfica y económica elevada, asociada principalmente con el turismo, comercio, alojamiento, preparación de

alimentos, transporte, construcción y servicios. El crecimiento urbano incrementa progresivamente la demanda de suelo, infraestructura, agua, energía, movilidad y manejo de residuos.

Desde el punto de vista ambiental, esta dinámica constituye una presión importante sobre los ecosistemas remanentes, particularmente por la conversión de cobertura vegetal, fragmentación del hábitat, incremento de superficies impermeables y aumento de la demanda de agua.

El paisaje del sistema ambiental, entendido como la expresión de la interacción de los elementos naturales con los aspectos socioeconómicos, se concibe como un espacio geográfico de creciente antropización combinado con elementos naturales, principalmente selva mediana subperennifolia, mientras que la infraestructura carretera, las áreas urbanizadas, los caminos y las actividades productivas generan elementos de fragmentación. La Carretera Federal 307 constituye un elemento estructurador de primer orden, al concentrar flujos de transporte y favorecer el crecimiento urbano y económico de la región.

En consecuencia, la calidad ambiental del SA puede considerarse moderada y espacialmente heterogénea, con sectores que mantienen condiciones naturales y otros que presentan una transformación antropogénica significativa.

----------//----------

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.

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

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.

CONTENIDO

IV.1. INTRODUCCIÓN....2
IV.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES....2
IV.3. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES....14
IV.3.1. Suelo....14
IV.3.2. Agua....15
IV.3.3. Aire....16
IV.3.4. Vegetación....17
IV.3.5. Fauna....19
IV.3.6. Salud....19
IV.3.7. Flujo de tráfico....20
IV.4. IMPACTOS RESIDUALES....20
IV.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN....21

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.

IV.1. INTRODUCCIÓN

La presente Manifestación de Impacto Ambiental se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental de competencia federal por el supuesto previsto en el artículo 28, fracción VII, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en relación con el artículo 5, inciso O), fracción I, de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, consistente en el cambio de uso del suelo en terrenos con vegetación forestal para el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

En consecuencia, el alcance específico del presente estudio corresponde a las actividades asociadas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ejecutarán durante la etapa de preparación del sitio, entre las que se incluyen la delimitación de las áreas de intervención, el rescate de flora y el rescate y/o ahuyentamiento de fauna, el desmonte y despalme, la recuperación de la capa fértil del suelo, así como el manejo y triturado del material vegetal resultante.

El proyecto integral HAZUL se ha descrito como marco de referencia para identificar y contextualizar el destino de las superficies sujetas a CUSTF y evaluar adecuadamente sus efectos ambientales.

En el presente capítulo se analizan entonces los impactos ambientales potenciales de generarse por las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se llevarán a cabo durante la etapa de preparación del sitio del proyecto y se proponen las medidas de prevención y mitigación para los mismos.

IV.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación y evaluación de los posibles impactos que podría ocasionar el cambio de uso de suelo forestal se apoya en dos metodologías: las Listas de Control (Gómez-Orea, 2003) y la descrita por Conesa Fernández (1997).

El primer tipo de herramienta proporciona un enfoque estructural para identificar los impactos claves y factores ambientales afectados mediante la lista de control (Cuadro IV.4) que analiza los factores ambientales que podrían verse afectados por las actividades de CUSTF y para cada factor se evalúan los atributos según las siguientes definiciones de Gómez-Orea (2003): impacto nulo, adverso o benéfico, descartando de la lista los que son nulos y realizando la diferenciación de los adversos y benéficos con tres gradientes de significancia (no significativo, moderado y severo) de acuerdo con lo que se señala a continuación.

Cuadro IV.1. Significancia de los impactos a generarse.

SIGNIFICANCIA	DESCRIPCIÓN
No significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones se dan a nivel local (inmediato al proyecto), de forma puntual al sitio, de tal forma que no alteran las funciones normales del sistema ambiental, la mayoría de las veces son temporales y reversibles.

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.

SIGNIFICANCIA	DESCRIPCIÓN
Moderado	Los impactos al ambiente y las poblaciones son temporales pero permanecen el tiempo que duren las actividades del proyecto, y las condiciones previas son recuperables.
Severo	Los impactos al ambiente y las poblaciones son permanentes o de duración mayor de un año, visibles, perceptibles, el efecto puede ser local o regional e irreversible.

La segunda herramienta (Conesa Fernández, 1997), permite conocer la importancia del impacto, a través de la cual puede medirse cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cuantitativo (Cuadro IV.2).

El valor de importancia del impacto, se establece en función de 11 características. La primera de ellas se refiere a la naturaleza del efecto (positivo o negativo), en tanto que la segunda representa el grado de incidencia o intensidad del mismo y los nueve restantes (extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad), los atributos que caracterizan a dicho efecto.

Dichas características se representan por símbolos que ayudan a visualizar e identificar rápidamente a cada una y forman parte de una ecuación que indica la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental:

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

I = Importancia del impacto

± = Signo

IN = Intensidad

EX = Extensión

MO = Momento

PE = Persistencia

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.

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia

AC = Acumulación

EF = Efecto

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad

La importancia del impacto se representa por un número que se deduce de dicha ecuación, en función del valor asignado a los símbolos considerados, según se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro IV.2. Importancia del Impacto. Se indican las 11 características que conforman la importancia del impacto, así como los valores que pueden adoptar cada una dependiendo de su grado de acción. Tomado de Conesa Fernández (1997).

Naturaleza		**Intensidad (IN) (grado de destrucción)**	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión (EX) (área de influencia)		**Momento (MO) (Plazo de la manifestación)**	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)		**Reversibilidad (RV)**	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI) (regularidad de la manifestación)		**Acumulación (AC) (Incremento progresivo)**	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF) (Relación causa – efecto)		**Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)**	
Indirecto	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		**Importancia (I)**	
Recuperable de manera inmediata	1		

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.

Naturaleza		Intensidad (IN) (grado de destrucción)
Recuperable a medio plazo	2	I=± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)
Mitigable	4	
Irrecuperable	8	

La descripción de cada característica se presenta a continuación:

Signo. El signo hace referencia al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los factores considerados. Sin embargo, en ocasiones no es fácil predecir el efecto por lo que se puede incluir un tercer valor (x), que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir.

Intensidad. Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresa una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 indica una afectación mínima.

Extensión. Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto, es decir, el porcentaje de área respecto al entorno en que se representa un efecto muy localizado o puntual; 8 representa una ubicación de influencia generalizada en todo el entorno del proyecto. Esta característica introduce un valor adicional que aplica si el impacto se produce en un lugar crítico. En este caso se deben sumar cuatro unidades al número que resultó de la valoración del porcentaje de extensión en que se manifiesta. Cuando éste es el caso, y además se trata de un impacto peligroso para el cual no es posible introducir medidas correctoras, deberá buscarse otra alternativa a la actividad.

Momento. El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándole en ambos casos un valor de 4. Si el período de tiempo va de 1 a 5 años, Medio Plazo, se asigna el valor 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años se califica con 1, Largo Plazo. Si ocurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de 1 a 4 unidades que se suman al valor obtenido previamente, según su momento de acción.

Persistencia. Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor de 1. Si dura entre 1 y 10 años, se califica como temporal (2) y si el efecto tiene una duración superior a 10 años, se considera permanente y debe calificarse con un valor de 4.

Reversibilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Siguiendo los intervalos de tiempo expresados para la característica previa, al Corto Plazo, se le asigna un valor de 1, si es a Medio Plazo 2 y si el efecto es irreversible 4.

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.

Recuperabilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable se le asigna un valor de 1 ó 2, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor de 4, que se resta al valor de importancia total. Cuando el efecto es irrecuperable se le asigna el valor de 8. Si el efecto es irrecuperable pero existe la posibilidad de aplicar medidas compensatorias, entonces el valor que se adopta es 4.

Sinergia. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si se presenta un sinergismo moderado 2 y si es altamente sinérgico 4.

Acumulación. Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1 y si el efecto es acumulativo se califica con 4.

Efecto. Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción a consecuencia directa de ésta y se califica con el valor 4. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. En este caso se califica con 1.

Periodicidad. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de 4, a los periódicos 2 y a los de aparición irregular y a los discontinuos con 1.

En el Cuadro IV.3 se relacionan las actividades que se llevarán a cabo durante el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, como parte de la etapa de preparación del sitio del proyecto, asignándosele un número a cada una. En el Cuadro IV.5, en el renglón donde se relacionan los impactos, se indica además la actividad que podría provocarlo de acuerdo a la numeración del Cuadro IV.3, por ejemplo el desmonte provocará cambios en la abundancia de las especies de flora presentes en el sitio, por lo que este impacto tiene el número 3 en su celda. Es importante mencionar que las actividades que se consideran son aquellas que pudieran provocar un impacto, es decir, actividades como el acondicionamiento del vivero no se incluyen en estos cuadros.

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.

Cuadro IV.3. Número de identificación asignados a las diferentes actividades del CUSTF.

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD	ACTIVIDAD EN CUSTF
1	Delimitación topográfica y física de las áreas de desmonte
2	Rescate de vegetación y rescate y/o ahuyentamiento de fauna
3	Desmonte y despalme de las áreas de desplante previamente señalizadas
4	Rescate de la capa fértil del suelo
5	Selección y acopio de material vegetal para su uso dentro del predio
6	Acopio y trituración del material vegetal resultante del desmonte

En los últimos renglones del Cuadro IV.5 se presenta una escala de valores que permiten calificar los impactos identificados, donde los valores inferiores o iguales a 25 son irrelevantes, aquellos que se encuentren entre 26 y 50 se consideran moderados, entre 51 y 75 severos y a partir de 76 son críticos. Adicionalmente se incluye un renglón donde se determina la naturaleza del impacto, cuyos valores son positivos (+), negativos (-) o neutros (0).

A continuación se presenta la valoración cualitativa de los impactos durante el CUSTF, mediante la lista de control aplicada.

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.

Cuadro IV.4. Lista de control elaborada para la etapa de CUSTF del proyecto.
(NS.- No significativo; M.- Moderado; S.- Severo).

FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE	NULO	ADVERSO			BENÉFICO		
			NS	M	S	NS	M	S
Suelo	Pendientes inestables	√						
	Erosión		√					
	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático		√					
	Retiro de vegetación - cambio climático		√					
Agua	Vertimiento a un sistema público de aguas	√						
	Cambios en la hidrodinámica de agua dulce o marina	√						
	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía		√					
	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático		√					
	Afectación a mantos freáticos			√				
Aire	Emisiones de CO_2 – cambio climático			√				
	Emisiones de polvos		√					
Vegetación	Cambio en la abundancia de alguna especie		√					
	Cambios en la diversidad biológica del sitio	√						
	Propiciará condiciones de establecimiento de especies exóticas		√					
	Afectación de especies bajo protección		√					
	Afectación especies de interés comercial	√						
Fauna	Cambio en la abundancia de alguna especie		√					
	Cambios en la diversidad biológica del sitio	√						
	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas		√					
	Afectación a especies bajo protección		√					
	Afectación a especies de interés comercial	√						
	Afectará la migración o movimiento de la fauna		√					
	Provocará la colonización de nuevos hábitats y/o cambio de los actuales		√					
Salud	Exposición de personas a ruidos elevados		√					
Flujo de tráfico	Aumento en la circulación de vehículos		√					

En el Cuadro IV.5 se presenta la valoración cuantitativa de los impactos que pudieran ocasionarse por las actividades de cambio de uso de suelo forestal, mediante la metodología propuesta por Conesa Fernández (1997).

Como se observa, a través de esta metodología fue factible identificar impactos moderados como el desmonte que en la Lista de Control se valoraron como no significativos.

La asignación de valores a cada impacto ocurre de la siguiente manera. Por ejemplo, a la característica de intensidad (grado de alteración), se le otorgó valor 1 (bajo) en la mayoría de los impactos posibles de generarse. Específicamente la colonización de nuevos hábitats por la fauna, afectación a mantos freáticos y las emisiones de CO_2 a la atmósfera se calificaron con valor 2 (medio), por lo que la fila que corresponde al valor 1 para estos impactos queda vacía.

Cuadro IV.5. Matriz de calificación del valor de importancia de los impactos ambientales potenciales en la fase de CUSTF.

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS	Suelo			Agua			Aire		Vegetación			Fauna					Salud	Flujo de tráfico
		Erosión (3,4)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Retiro de vegetación (2,3) – cambio climático	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía / calidad del agua (3)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Afectación a mantos freáticos (3,6)	Emisiones de CO_2 – cambio climático (3,6)	Emisiones de polvos (3,6)	Cambio en la abundancia de alguna especie (2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (2,3)	Cambio en la abundancia de alguna especie (1,2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (1,2,3)	Afectará la migración o movimiento de la fauna (1,2,3)	Provocará la colonización de nuevos hábitat o cambios de los actuales (1,2,3)	Exposición de personas a ruidos elevados (3,6)	Aumento en la circulación de vehículos (3,6)
Intensidad (IN) (Grado de alteración)	Baja (1)	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
	Media (2)						2	2									2		
	Alta (4)																		
	Muy alta (8)																		
	Total (12)																		
Extensión (EX) (Área de influencia)	Puntual (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Parcial (2)																		
	Extremo (4)																		
	Total (8)																		
	Crítica (+4)																		
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	Largo plazo (1)																		
	Medio plazo (2)																		

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS	Suelo			Agua			Aire		Vegetación			Fauna					Salud	Flujo de tráfico
		Erosión (3,4)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Retiro de vegetación (2,3) – cambio climático	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía / calidad del agua (3)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Afectación a mantos freáticos (3,6)	Emisiones de CO_2 – cambio climático (3,6)	Emisiones de polvos (3,6)	Cambio en la abundancia de alguna especie (2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (2,3)	Cambio en la abundancia de alguna especie (1,2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (1,2,3)	Afectará la migración o movimiento de la fauna (1,2,3)	Provocará la colonización de nuevos hábitat o cambios de los actuales (1,2,3)	Exposición de personas a ruidos elevados (3,6)	Aumento en la circulación de vehículos (3,6)
	Corto o inmediato plazo (4)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Crítico (+4)																		
Persistencia (PE) (permanencia del efecto)	Fugaz (1)	1	1			1	1	1	1										
	Temporal (2)				2						2	2		2	2	2	2	2	2
	Permanente (4)			4						4			4						
Reversibilidad (RV) (Retorno por medios naturales)	Corto plazo (1)**	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Medio plazo (2)			2															
	Irreversible (4)																		
	Inmediato (1)	1	1		1	1	1	1	1		1	1		1	1	1		1	1

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS	Suelo			Agua			Aire		Vegetación			Fauna					Salud	Flujo de tráfico
		Erosión (3,4)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Retiro de vegetación (2,3) – cambio climático	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía / calidad del agua (3)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Afectación a mantos freáticos (3,6)	Emisiones de CO_2 – cambio climático (3,6)	Emisiones de polvos (3,6)	Cambio en la abundancia de alguna especie (2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (2,3)	Cambio en la abundancia de alguna especie (1,2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (1,2,3)	Afectará la migración o movimiento de la fauna (1,2,3)	Provocará la colonización de nuevos hábitat o cambios de los actuales (1,2,3)	Exposición de personas a ruidos elevados (3,6)	Aumento en la circulación de vehículos (3,6)
Recuperabilidad (RC) (Reconstrucción por medios humanos)	Medio plazo (2)			2						2			2				2		
	Mitigable (4)																		
	Irrecuperable (8)																		
Efecto (EF) (Relación causa-efecto)	Indirecto (1)																		
	Directo (4)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sinergia (SI) (Interrelación de acciones y/o efectos)	Simple (1)	1			1		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sinérgico (2)		2	2		2		2	2										
	Muy sinérgico (4)																		
Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	Simple (1)	1	1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		
	Acumulativo (4)			4				4	4									4	4

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS	Suelo			Agua			Aire		Vegetación			Fauna					Salud	Flujo de tráfico
		Erosión (3,4)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Retiro de vegetación (2,3) – cambio climático	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía / calidad del agua (3)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Afectación a mantos freáticos (3,6)	Emisiones de CO_2 – cambio climático (3,6)	Emisiones de polvos (3,6)	Cambio en la abundancia de alguna especie (2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (2,3)	Cambio en la abundancia de alguna especie (1,2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (1,2,3)	Afectará la migración o movimiento de la fauna (1,2,3)	Provocará la colonización de nuevos hábitat o cambios de los actuales (1,2,3)	Exposición de personas a ruidos elevados (3,6)	Aumento en la circulación de vehículos (3,6)
Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	Irregular, discontinuo (1)	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Periódico (2)				2														
	Continuo (4)																		
Importancia (I)		19	20	28	24	20	22	26	23	23	20	20	23	20	20	20	24	23	23
Naturaleza	Pos (+) Neg (-) Neutro (0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Característica	Ambiental crítico (más de 75)																		
	Ambiental severo (51-75)																		

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS	Suelo			Agua			Aire		Vegetación			Fauna					Salud	Flujo de tráfico
		Erosión (3,4)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Retiro de vegetación (2,3) – cambio climático	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía / calidad del agua (3)	Vertidos de contaminantes y residuos (3,6) – cambio climático	Afectación a mantos freáticos (3,6)	Emisiones de CO_2 – cambio climático (3,6)	Emisiones de polvos (3,6)	Cambio en la abundancia de alguna especie (2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (2,3)	Cambio en la abundancia de alguna especie (1,2,3)	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas (3)	Afectación de especies bajo protección (1,2,3)	Afectará la migración o movimiento de la fauna (1,2,3)	Provocará la colonización de nuevos hábitat o cambios de los actuales (1,2,3)	Exposición de personas a ruidos elevados (3,6)	Aumento en la circulación de vehículos (3,6)
	Ambiental moderado (26-50)			*															
	Ambiental compatible o irrelevante (menos o igual a 25)	*	*		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

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.

IV.3. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación se analizan las afectaciones potenciales para cada factor ambiental, considerando exclusivamente las actividades asociadas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) durante la etapa de preparación del sitio de HAZUL. En consecuencia, no se atribuyen al CUSTF efectos propios de la construcción u operación del desarrollo, aunque estos se mencionan cuando resultan necesarios para comprender el contexto ambiental del sitio.

IV.3.1. Suelo

La erosión inicial proviene de la pérdida de la cubierta vegetal que actualmente cubre el suelo, y que al removerla, sumada al posterior despalme, expondrá las capas de suelo a los agentes ambientales que promueven la erosión, como son el viento y la lluvia. Las actividades con mayor incidencia sobre este factor serán el desmonte, el despalme y el rescate de la capa fértil del suelo. La superficie solicitada para CUSTF corresponde a 2,511,051.445 m² (251.1051 ha) de vegetación de selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación, excluyendo las áreas previamente intervenidas por la extracción de roca caliza. Debido a que el CUSTF se ejecutará de manera gradual a lo largo del periodo solicitado, la exposición del suelo no ocurrirá simultáneamente en toda la superficie, lo cual reduce la magnitud temporal de los procesos erosivos y permite aplicar medidas de control por frente de trabajo. Con base en lo mencionado una medida de mitigación importante será la recuperación de suelo para reutilizarlo en las acciones de jardinería y atenuar el impacto que significará el sellamiento del suelo durante la etapa de compactaciones, la cual no es objeto de la presente MIA.

La remoción de la cubierta vegetal elimina temporalmente la protección que proporciona la vegetación frente al impacto de la lluvia y la acción del viento. Posteriormente, el despalme modifica el horizonte superficial y deja expuesto el sustrato calcáreo, por lo que puede incrementarse localmente la erosión hídrica y eólica, especialmente durante lluvias intensas o en periodos en que permanezcan superficies descubiertas. Este efecto es directo e inmediato en las áreas intervenidas, pero su alcance puede reducirse mediante la programación secuencial de los trabajos, evitando desmontar superficies mayores a las que puedan continuarse desarrollando en cada frente, y mediante el rescate y acopio de la tierra vegetal existente para su reutilización posterior.

El impacto sobre el suelo no debe confundirse con el sellamiento definitivo asociado a la urbanización del proyecto, ya que la presente evaluación corresponde únicamente al CUSTF. Durante esta etapa, la afectación principal consiste en la remoción de la vegetación, cuya evaluación para HAZUL resultó en un valor que representa impactos moderados. La alteración física de las superficies sometidas a despalme es otra de las actividades importantes durante el CUSTF por lo que la recuperación de la capa fértil constituye una medida relevante: el material rescatado se almacenará temporalmente y podrá reutilizarse como sustrato en el vivero, áreas verdes y superficies con vegetación natural, conservando parte de su contenido de materia orgánica y microorganismos.

Otro impacto potencial corresponde a la contaminación del suelo por el manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos o peligrosos, por derrames accidentales de combustibles, aceites y lubricantes.

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.

Específicamente la generación de residuos sólidos no solamente trae como consecuencia la contaminación del suelo sino que también, en caso de que no se dispongan adecuadamente, genera descomposición que produce gases de efecto invernadero (GEI) y dióxido de carbono que se liberan a la atmósfera. Durante el CUSTF se generarán aproximadamente 44 a 55 kg/día de residuos sólidos urbanos, estimación obtenida para una plantilla máxima de 55 trabajadores y una generación de 0.8 a 1.0 kg/persona/día. Además, se generarán residuos de manejo especial.

Además se generarán residuos, específicamente las aguas residuales provenientes de los baños portátiles y aquellas de los servicios sanitarios (lavabos), de las regaderas del campamento y de la cocina. Los baños portátiles serán contratados con empresas autorizadas, quienes serán responsables de su mantenimiento cada tercer día como máximo, y se instalará un contenedor hermético, tipo *rotoplas*, que recibirá las aguas residuales del campamento y la cocina.

Eventualmente se generarán residuos peligrosos derivados del mantenimiento menor de la maquinaria o de contingencias. El almacenamiento de los mismos se realizará en áreas delimitadas, impermeabilizadas y con contención.

Dicha generación de residuos adquiere especial relevancia debido a la naturaleza kárstica y altamente permeable del terreno, pues una contaminación superficial puede migrar rápidamente hacia el subsuelo, por ello todos los residuos se separarán y se entregarán a prestadores autorizados. Todas estas medidas reducen la probabilidad de derrames y contaminación.

IV.3.2. Agua

El agua constituye uno de los factores de mayor sensibilidad ambiental del predio San Francisco. Los estudios realizados en 2022 muestran que el sitio se encuentra sobre un acuífero libre, kárstico, de alta permeabilidad y escaso espesor. El nivel freático se localiza aproximadamente entre 5 y 6 m por debajo de la superficie; los sondeos geofísicos sitúan la cima del acuífero de agua dulce aproximadamente entre 5.5 y 8 m y su espesor entre 8 y 10 m, con transición hacia agua salobre alrededor de los 14 a 15 m. La dirección regional del flujo subterráneo es hacia el este-sureste, en dirección a la costa. Los lagos artificiales existentes, formados por antiguas excavaciones de roca caliza que alcanzaron y rebasaron el nivel freático, constituyen manifestaciones directas del acuífero.

En condiciones naturales no se desarrolla una red importante de corrientes superficiales. El estudio hidrológico determinó que el predio funciona esencialmente como una cuenca interna: no recibe aportaciones externas relevantes, el agua de lluvia se concentra en depresiones locales y se infiltra al subsuelo debido a la elevada permeabilidad de las calizas. Por tanto, durante el CUSTF el efecto más importante no corresponde a la interrupción de cauces superficiales, sino a modificaciones locales y temporales en la relación precipitación-escurrimiento-infiltración causadas por la remoción de la vegetación, el despalme y la circulación de maquinaria.

La pérdida de cobertura vegetal puede aumentar temporalmente la velocidad del escurrimiento sobre superficies recién desmontadas y favorecer el arrastre de partículas. Al mismo tiempo, la eliminación del horizonte edáfico modifica las condiciones de retención y filtración antes de que el agua ingrese al sistema kárstico. Por esta razón, las medidas de prevención y mitigación se aplicarán de manera estricta. El drenaje pluvial provisional del campamento y de las vialidades existentes conducirá los escurrimientos mediante zanjas, bordos y pendientes hacia áreas naturales de infiltración, previa

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.

retención de sólidos con dispositivos filtrantes, evitando su descarga directa a los lagos y su paso por las zonas de combustible, residuos peligrosos, residuos sólidos y taller. El proyecto contempla conservar 1,703,559.9 m² de superficies permeables, equivalentes al 41.80% del predio, dato que sirve como contexto para la permanencia de áreas de infiltración, aunque la evaluación en esta etapa se concentra en las actividades de CUSTF.

El riesgo ambiental de mayor importancia es la contaminación del acuífero por derrames o vertidos en la superficie del predio. La elevada permeabilidad de las calizas y la reducida distancia al nivel freático permiten una conexión rápida entre la superficie y el agua subterránea. Por ello, un derrame de diésel, aceite, lubricante, agua residual o lixiviados pueden alcanzar el acuífero rápidamente. Esta condición justifica que la afectación potencial al manto freático sea tratada con especial precaución en la matriz de impactos, aún cuando se trate de un evento accidental y prevenible.

Las aguas residuales del CUSTF no serán descargadas al suelo ni a los cuerpos de agua. Para una plantilla máxima de 55 trabajadores, el consumo de agua para los servicios del campamento se estima en 3.0 a 3.5 m³/día. Aplicando un coeficiente de aportación de aguas residuales de 0.75, la generación esperada es de aproximadamente 2.25 a 2.63 m³/día. Se utilizarán sanitarios portátiles en los frentes de trabajo y un contenedor hermético de al menos 10 m³ para recibir las aguas residuales provenientes de los servicios del campamento, regaderas y cocina; su retiro se realizará por un prestador autorizado antes de alcanzar su capacidad máxima operativa. En consecuencia, no se prevé una descarga directa al acuífero.

Por lo antes expuesto a los posibles impactos al acuífero se les asignó una intensidad media (2).

IV.3.3. Aire

Durante el CUSTF se producirán emisiones a la atmósfera principalmente por dos mecanismos: la combustión de diésel en maquinaria pesada, vehículos de obra, equipos de triturado y la planta generadora de electricidad, así como el uso de mezcla gasolina-aceite en motosierras y desbrozadoras; y la generación de partículas por tránsito sobre caminos de terracería, desmonte, despalme, acopio y trituración de material vegetal. Las memorias de cálculo estiman, para escenarios de actividad elevada, consumos conjuntos de aproximadamente 1,400 a 2,100 l/día de diésel y 30 a 50 l/día de mezcla gasolina-aceite. A ello se suma la pérdida temporal de biomasa y, por tanto, de capacidad de captura y almacenamiento de carbono asociada a la remoción de la vegetación forestal.

Por tanto, las emisiones provenientes de motores de combustión serán temporales y se distribuirán conforme avancen los frentes de trabajo. Su magnitud se reducirá mediante mantenimiento preventivo, afinación de equipos y evitando tiempos de maquinaria encendida sin actividad.

Para el control de polvo se prevé la humectación de terracerías y superficies de trabajo, con una demanda estimada de 40 a 100 m³/día en temporada seca, ajustable a las condiciones meteorológicas y a la intensidad real de las actividades. También limitará la velocidad de los vehículos dentro del predio y se cubrirán los materiales finos cuando exista riesgo de dispersión.

En materia de gases de efecto invernadero, las memorias de cálculo estiman específicamente las emisiones de CO_2 derivadas de la combustión de combustibles. Utilizando factores de emisión de

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.

2.68060 kg CO_2/l para diésel y 2.33165 kg CO_2/l para gasolina, el escenario de máxima actividad arroja aproximadamente 3,823 a 5,746 kg CO_2/día, equivalentes a 3.82 a 5.75 t CO_2/día. Este intervalo supone la operación simultánea o coincidente de los principales equipos consumidores de combustible, por lo que en condiciones normales las emisiones diarias pueden ser inferiores. A estas emisiones debe añadirse el efecto de la remoción de vegetación sobre el almacenamiento y captura de carbono. Todo ello resultó en la obtención de un valor considerado moderado en cuestión de emisiones de dióxido de carbono. El rescate de ejemplares, la conservación de áreas con vegetación natural y la reintroducción de las plantas provenientes del rescate de vegetación y del material vegetal triturado en las áreas ajardinadas y en los claros naturales de las zonas donde se mantendrá la vegetación, contribuirán a disminuir pérdidas de materia orgánica, recuperar parte de la biomasa forestal de la superficie de CUSTF, favorecer la recuperación vegetal posterior y a la retención de CO_2. Las plantas que sean donadas, en su caso, a los programas de reforestación municipales, a través de la Dirección de Ecología de Playa del Carmen (actualmente Secretaría de Medio Ambiente Sustentable y Cambio Climático del Municipio de Playa del Carmen), contribuirán a que el cambio de uso de suelo en terrenos forestales no aumente la liberación de CO_2 a la atmósfera y el almacenamiento de carbono en la zona se mantenga en las actuales condiciones.

IV.3.4. Vegetación

Los impactos que trae consigo el retiro de vegetación son todos negativos y se resumen a continuación:

- *Remoción, fragmentación y efecto de borde*. La eliminación de un área forestal trae consigo la pérdida de individuos y material genético a una escala local que actúa de manera sinérgica con los impactos de otros proyectos en la zona. La fragmentación de una matriz continua o discontinua de vegetación genera efectos de borde donde se dan cambios locales de las condiciones climáticas que promueven el establecimiento de especies ruderales y exóticas invasoras que pueden generar a largo plazo el desplazamiento continuo de las especies nativas, originando extinciones locales (Hernández-Stefanoni, 2006). La vegetación de la zona y la del área del proyecto ha sufrido impactos sobre su estructura y conformación, lo cual ha originado su fragmentación. De tal manera que el impacto de la remoción de la cobertura vegetal para la construcción se sumará a otros impactos ya existentes en el área. Los impactos a la vegetación se calificaron con un valor de importancia irrelevante, salvo los relacionados con el desmonte que resultaron en moderados, por el efecto sinérgico ya acumulativo que tendría esta acción en la zona.

- *Cambio climático.* El cambio de uso de suelo genera emisiones de dióxido de carbono. Estas provienen no solamente del retiro de la vegetación, sino también de la utilización de maquinaria para el desmonte.

La vegetación será uno de los componentes directamente afectados por el CUSTF del proyecto HAZUL, ya que la actividad principal del mismo consiste precisamente en la remoción de 251.1051 ha de selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación. El impacto comprende la pérdida directa de individuos, modificación de la abundancia de especies, reducción de hábitat vegetal y generación de nuevos bordes en los fragmentos remanentes. Aunque el sistema ambiental presenta distintos grados de transformación y una tendencia creciente de antropización, conserva superficies

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.

de selva que mantienen funciones ecológicas y conectividad, por lo que la afectación de HAZUL no se considera relevante.

La remoción de vegetación se realizará únicamente dentro de las superficies previamente delimitadas topográfica y físicamente. Antes del desmonte se ejecutará el rescate selectivo y manual de ejemplares susceptibles de ser trasladados, priorizando especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies de lento crecimiento y aquellas de alto valor ecológico o paisajístico. Las plantas rescatadas serán mantenidas en un vivero provisional y posteriormente reubicadas en áreas verdes y zonas con vegetación natural del proyecto, o utilizadas por la Dirección de Ecología de Playa del Carmen (actualmente Secretaría de Medio Ambiente Sustentable y Cambio Climático del Municipio de Playa del Carmen), en las campañas de reforestación municipales. Estas medidas permitirán el mantenimiento de la biodiversidad del sitio y del sistema ambiental definido.

El desmonte de la vegetación es una acción de importancia en la actualidad porque está reconocida como una de las causas del cambio climático, pues con el retiro de la vegetación se emite CO2 a la atmósfera. Esta disminución en la captura de carbono será mitigada también a través de la reforestación de las áreas ajardinadas y claros naturales de las zonas que se mantendrán con vegetación con plantas provenientes del rescate, parte de las cuales podrán ser utilizadas por la Dirección de Ecología de Playa del Carmen (actualmente Secretaría de Medio Ambiente Sustentable y Cambio Climático del Municipio de Playa del Carmen), en las campañas de reforestación municipales, en caso de que las soliciten. Estas medidas contribuirán a mitigar el impacto porque al favorecer el establecimiento de especies vegetales se favorece el incremento de los niveles de almacenamiento de carbono y se disminuye la liberación del mismo a la atmósfera. A esto también contribuirá la trituración del material vegetal y el rescate de la capa superficial del suelo, los cuales serán reintegrados en las áreas ajardinadas del predio, y se usarán en el enriquecimiento de las zonas con vegetación en estado natural.

De esta forma se recuperará parte de la biomasa forestal de la superficie de CUSTF y se evitará que el carbono contenido se libere a la atmósfera, contribuyendo al secuestro de carbono para afrontar el cambio climático, al mantenimiento del potencial de captura de carbono y la capacidad de su almacenamiento que existe actualmente en la zona.

Por su parte, la fragmentación y el efecto de borde son relevantes porque el desmonte puede modificar localmente la radiación, temperatura, humedad y exposición al viento en los límites de las superficies con cobertura vegetal que se mantendrán en estado natural. Asimismo, las superficies perturbadas pueden favorecer el establecimiento de especies oportunistas o exóticas. Para disminuir este riesgo se prohibirá la introducción de especies invasoras, se utilizarán preferentemente especies nativas en las acciones de acondicionamiento de las áreas verdes y se mantendrá vigilancia sobre las áreas con vegetación natural y los bordes generados.

La selección, acopio y trituración del material vegetal permitirá aprovechar parte de la biomasa obtenida del desmonte. Este material triturado podrá incorporarse posteriormente como cobertura orgánica en las áreas verdes y zonas con vegetación natural, contribuyendo a conservar humedad, reducir erosión y reincorporar materia orgánica. De igual manera, el rescate de la capa fértil del suelo complementará las acciones de acondicionamiento de las áreas verdes.

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.

IV.3.5. Fauna

Con base en la caracterización faunística realizada para el predio, este último no puede considerarse como un sitio en el que únicamente existen especies tolerantes a la perturbación. Durante los muestreos se registraron 47 especies de vertebrados terrestres pertenecientes a anfibios, reptiles, aves y mamíferos; ocho de ellas se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre los registros destaca *Panthera onca* (jaguar), en categoría de Peligro de Extinción, registrado como resultado de entrevistas con los vigilantes. Esto demuestra que las superficies con vegetación del predio todavía proporcionan refugio, alimentación y zonas de tránsito para fauna silvestre.

El desmonte implica una reducción del hábitat disponible y genera desplazamiento de individuos hacia las superficies con vegetación que permanecerán dentro del predio y hacia predios vecinos. También se producirán perturbaciones por ruido, presencia humana y tránsito de maquinaria. Estos efectos pueden modificar temporalmente patrones de movimiento y uso del hábitat y, de manera acumulativa con la infraestructura existente y el crecimiento urbano del sistema ambiental definido, contribuir a la fragmentación de la conectividad ecológica. Por lo anterior, se le asignó una intensidad media (2) al impacto que podría tener el proyecto sobre la colonización de nuevos hábitats y/o cambio de los actuales.

La herpetofauna constituye un grupo particularmente vulnerable debido al lento desplazamiento de algunas especies y a su tendencia a utilizar refugios en suelo, hojarasca, oquedades y material vegetal, en contraste con los mamíferos, de mayor movilidad, incluido el jaguar, que pueden desplazarse fácilmente fuera de los frentes activos.

Por lo anterior, de forma previa al desmonte se ejecutará un Programa de Ahuyentamiento y/o Rescate y Reubicación de Fauna. Los recorridos se realizarán de manera previa y coordinada con el rescate de vegetación; el desmonte avanzará de forma direccional para favorecer el desplazamiento de los ejemplares hacia zonas seguras y se prohibirá la captura, caza o aprovechamiento de fauna por el personal. Los ejemplares que no puedan desplazarse por sí mismos serán rescatados y reubicados conforme a las técnicas establecidas en el programa, con especial atención a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por lo anterior la significancia de los impactos sobre abundancia, desplazamiento y disponibilidad de hábitat se reduce por la ejecución gradual del CUSTF, las acciones de rescate y ahuyentamiento y la permanencia de áreas con vegetación dentro y fuera del predio.

IV.3.6. Salud

Las actividades de desmonte, despalme, trituración y circulación de maquinaria generarán ruido, polvo y emisiones que pueden afectar principalmente al personal que labore dentro del predio y, en menor medida, a receptores ubicados en el entorno inmediato, sin embargo es relevante considerar que el sistema ambiental definido presenta fuentes preexistentes de perturbación, entre ellas la Carretera Federal 307, infraestructura ferroviaria, caminos, desarrollos y actividades extractivas.

La exposición al ruido tendrá un carácter temporal y se concentrará en los frentes activos. Se respetarán horarios de trabajo, se conservarán los silenciadores y sistemas de escape de la maquinaria en buen estado y se proporcionará equipo de protección al personal. El riego de caminos

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.

y superficies expuestas disminuirá la concentración de polvo y, junto con límites de velocidad y mantenimiento de maquinaria, reducirá riesgos respiratorios y molestias.

También deberán considerarse riesgos ocupacionales relacionados con operación de maquinaria, manejo de combustibles, exposición al calor y radiación solar, fauna potencialmente peligrosa y tránsito interno. Para la plantilla máxima de 55 trabajadores se estimó una disponibilidad base de 330 l/día de agua potable, equivalente a 6 l/trabajador/jornada y aproximadamente 17 garrafones de 20 l, previendo un intervalo de 0.33 a 0.5 m³/día cuando las condiciones de temperatura, humedad, exposición solar o intensidad del trabajo lo requieran. Asimismo, los servicios del campamento demandarán aproximadamente 3.0 a 3.5 m³/día. La disponibilidad de agua potable, servicios sanitarios suficientes, capacitación, señalización, equipo de protección personal y protocolos de emergencia constituyen medidas preventivas indispensables durante toda la etapa.

IV.3.7. Flujo de tráfico

El acceso al predio se realiza directamente desde la Carretera Federal 307, por lo que las actividades de CUSTF incrementarán temporalmente la circulación de vehículos en el acceso y en los caminos internos. No obstante, el incremento del tránsito será gradual y estará asociado a los frentes activos, no a la totalidad del predio de manera simultánea.

Los principales movimientos corresponderán al traslado del personal, ingreso y salida de maquinaria, suministro de combustible e insumos, retiro de residuos y abastecimiento de agua.

Para reducir el impacto se programarán los accesos de vehículos pesados, se evitará en lo posible concentraciones de maniobras en horas de mayor tránsito de la Carretera Federal 307, se mantendrá señalización preventiva en el acceso, se establecerán límites de velocidad dentro del predio y se asegurará que los vehículos no permanezcan estacionados u obstruyendo la carretera. Con estas medidas y el carácter escalonado del CUSTF, el incremento del flujo vehicular se prevé temporal, localizado y manejable, aunque deberá supervisarse durante los periodos de mayor actividad.

IV.4. IMPACTOS RESIDUALES

Los impactos residuales del proyecto HAZUL corresponden principalmente a aquellos efectos que permanecerán aún después de aplicar las medidas de prevención y mitigación previstas para las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). El efecto residual de mayor relevancia deriva del retiro permanente de la vegetación forestal en las superficies autorizadas para el CUSTF, lo que implica una disminución de la cobertura vegetal y de la biomasa, modificación permanente de las condiciones del suelo y de la infiltración en las áreas intervenidas, así como pérdida y fragmentación de hábitat disponible para la fauna. Asimismo, la reducción de la vegetación supone una disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono del sitio. No obstante, estos efectos se atenúan mediante la ejecución gradual del CUSTF, el rescate y reubicación de flora y fauna, la recuperación de suelo fértil, el aprovechamiento del material vegetal y la permanencia de áreas con vegetación dentro del predio. Estas acciones reducen la significancia de los efectos sobre la abundancia, desplazamiento y disponibilidad de hábitat para la fauna.

Por otra parte, los impactos relacionados con emisiones de polvo y gases, ruido, generación de residuos, riesgo de derrames, perturbación temporal de fauna y aumento del flujo vehicular,

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.

presentan fundamentalmente un carácter temporal y localizado, por lo que se espera que disminuyan o cesen una vez concluidas las actividades de CUSTF y, en consecuencia, su componente residual será reducido con la correcta aplicación de las medidas propuestas. En particular, el incremento del tránsito asociado al CUSTF se considera temporal, localizado y manejable, mientras que la ejecución por etapas y mediante frentes de trabajo acotados permitirá reducir la exposición del suelo, la generación de polvo y ruido, la escorrentía con sedimentos y la presión sobre la fauna.

IV.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Las medidas que se presentan a continuación se refieren exclusivamente a las obras y actividades asociadas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) durante la etapa de preparación del sitio del proyecto HAZUL. La superficie sujeta a CUSTF corresponde a 2,511,051.445 m² (251.1051 ha) de selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación. En congruencia con el objeto de la Manifestación de Impacto Ambiental, no se incorporan como medidas de esta evaluación aquellas que corresponden propiamente a la construcción u operación posterior del desarrollo.

La aplicación de las medidas seguirá el carácter gradual del proyecto. El CUSTF se ejecutará por etapas y mediante frentes de trabajo acotados, evitando mantener simultáneamente abiertas superficies mayores a las necesarias. Este esquema reduce la exposición del suelo, la generación de polvo y ruido, el volumen de escorrentía con sedimentos y la presión sobre la fauna, y permite estabilizar y acondicionar las áreas intervenidas conforme avance el frente de trabajo.

Cuadro IV.6. Medidas de prevención y mitigación propuestas.

P=Medida de Prevención M=Medida de Mitigación

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
Suelo	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Medidas de prevención. 1. Se mantendrán húmedas las superficies expuestas. (P1) 2. La programación de las actividades de nivelación y trazo que se efectúen de forma posterior al desmonte y el despalme, se realizarán inmediatamente después a dichas actividades, con el fin de disminuir los tiempos de exposición del suelo. (P2) 3. El desmonte se llevará a cabo de manera paulatina para disminuir los tiempos de exposición del suelo. (P3) Medidas de mitigación 1. Se realizará el retiro del máximo posible de la capa fértil del suelo, la cual será utilizada en el acondicionamiento de las áreas verdes. Esto contribuirá a mitigar la disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono. (M1) 2. Las especies rescatadas serán reintroducidas en las áreas verdes y en los claros naturales de las superficies que se mantendrán con vegetación natural, y/o se usarán en los programas de reforestación municipales para recuperar parte de la biomasa forestal de la superficie de CUSTF y evitar que este carbono se libere a la atmósfera. (M2) 3. Se mantendrán en las áreas verdes los ejemplares arbóreos que sea posible, específicamente los de mayor diámetro que puedan mantenerse sin afectaciones Estos árboles que se mantengan en pie elevarán el carbono secuestrado en la biomasa vegetal del predio. (M3) 4. Para mitigar la disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono se triturará el material vegetal y se reintegrará a las áreas verdes y a los claros naturales de las superficies que se mantendrán con vegetación natural. (M4)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Medidas de prevención 1. Se colocarán sanitarios temporales. (P4) 2. Se asegurará que los trabajadores hagan uso correcto de las instalaciones sanitarias temporales que se contemplan durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal. (P5) 3. Se colocarán letreros y señalamientos en sitios estratégicos con el objeto de ordenar la circulación y mantener la velocidad de tránsito en los límites permitidos. (P6) 4. Se evitarán los derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante la contratación de unidades en buen estado mecánico. (P7) 5. Se acondicionará un almacén para combustibles, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y kit antiderrames. Este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria. (P8) 6. Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor se dispondrá de un tanque nodriza portátil que será rellenado por un auto-tanque y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames. (P9) 7. El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), que despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y con charolas y tapetes de contención. (P10) 8. Se colocarán letreros de educación ambiental alusivos al correcto manejo de los residuos sólidos. (P11) 9. Se habilitará un almacén temporal para residuos sólidos, delimitado, señalizado con base en el código de colores vigente, techado y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato. (P12)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
		10. Se colocarán contenedores para residuos sólidos con las leyendas “recuperables” y “no recuperables” en los frentes de trabajo, desde donde se trasladarán los residuos cada día hasta el sitio temporal de almacenamiento ubicado dentro del predio. (P13) 11. Se llevarán registros de los mantenimientos a la maquinaria y el equipo utilizado. (P14) Medidas de mitigación. 1. En caso de que sea necesario el uso de agroquímicos en el mantenimiento de las plantas rescatadas, éstos se restringirán a los publicados en el catálogo vigente de la Comisión Intersecretarial para el Uso de Plaguicidas y Fertilizantes (CICOPLAFEST). (M5) 2. En caso de registrarse desperfectos mecánicos en la maquinaria y equipo, deberá verificarse si pueden corregirse en el taller de mantenimiento menor que se instalará en el predio, de lo contrario la maquinaria deberá enviarse a talleres especializados. Lo anterior eliminará riesgos de contaminación al suelo y subsuelo. (M6) 3. De ocurrir alguna emergencia se podrá atender el problema *in situ* siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes, como colocar charolas o plásticos a manera de tapete para evitar contaminación al suelo en caso de algún derrame accidental. (M7)
Agua	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía	Medidas de prevención 1. La superficie permeable será del 41.80% del total del predio, lo cual atiende al cumplimiento del Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. (P15) Medidas de mitigación 1. El agua pluvial se canalizará a las áreas verdes y a las áreas que se mantengan con vegetación natural del predio (M8)
	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Medidas de prevención 1. Se colocarán sanitarios temporales. (P4)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
		2. Se asegurará que los trabajadores hagan uso correcto de las instalaciones sanitarias temporales que se contemplan durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal. (P5) 3. Se colocarán letreros y señalamientos en sitios estratégicos con el objeto de ordenar la circulación y mantener la velocidad de tránsito en los límites permitidos. (P6) 4. Se evitarán los derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante la contratación de unidades en buen estado mecánico. (P7) 5. Se acondicionará un almacén para combustibles, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y kit antiderrames. Este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria. (P8) 6. Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor se dispondrá de un tanque nodriza portátil que será rellenado por un auto-tanque y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames. (P9) 7. El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), que despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y con charolas y tapetes de contención. (P10) 8. Se colocarán letreros de educación ambiental alusivos al correcto manejo de los residuos sólidos. (P11) 9. Se habilitará un almacén temporal para residuos sólidos, delimitado, señalizado con base en el código de colores vigente, techado y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato. (P12)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
		10. Se colocarán contenedores para residuos sólidos con las leyendas “recuperables” y “no recuperables” en los frentes de trabajo, desde donde se trasladarán los residuos cada día hasta el sitio temporal de almacenamiento ubicado dentro del predio. (P13) 11. Se llevarán registros de los mantenimientos a la maquinaria y el equipo utilizado. (P14) Medidas de mitigación. 1. En caso de que sea necesario el uso de agroquímicos en el mantenimiento de las plantas rescatadas, éstos se restringirán a los publicados en el catálogo vigente de la Comisión Intersecretarial para el Uso de Plaguicidas y Fertilizantes (CICOPLAFEST). (M5) 2. En caso de registrarse desperfectos mecánicos en la maquinaria y equipo, deberá verificarse si pueden corregirse en el taller de mantenimiento menor que se instalará en el predio, de lo contrario la maquinaria deberá enviarse a talleres especializados. Lo anterior eliminará riesgos de contaminación al suelo y subsuelo. (M6) 3. De ocurrir alguna emergencia se podrá atender el problema *in situ* siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes, como colocar charolas o plásticos a manera de tapete para evitar contaminación al suelo en caso de algún derrame accidental. (M7)
Aire	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Medidas de prevención: 1. La maquinaria, vehículos y equipos se mantendrán en buenas condiciones mecánicas y de afinación; se conservarán funcionales los sistemas de escape. (P16) 2. Se evitarán tiempos innecesarios de operación de equipos cuando no sean requeridos. (P17) 3. Los vehículos circularán a velocidad controlada dentro del predio y se cubrirán los materiales finos cuando exista riesgo de dispersión durante su transporte. (P18) Medidas de mitigación:

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
		1. Las superficies expuestas se humectarán con la frecuencia necesaria para reducir la suspensión de partículas, particularmente durante la temporada seca. (M9) 2. El desmonte y la trituración se realizarán por frentes acotados, de modo que la generación de polvo y emisiones no ocurra simultáneamente. (M10)
Vegetación	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Medidas de prevención: 1. Se implementarán acciones de capacitación ambiental y de manejo de residuos sólidos y líquidos. Estas medidas incluyen la colocación de letreros de concientización ambiental, suficientes contenedores de basura, instalación de sanitarios con limpieza y promoción de su uso adecuados, ello con la intención de no provocar afectaciones a la vegetación fuera del CUSTF por el depósito de residuos sólidos o uso de estas áreas como baños. (P19) 2. Previo a las actividades de desmonte, se llevará a cabo el rescate de la vegetación susceptible de pasar por este proceso. (P20) 3. Se instalará un vivero provisional donde se mantendrán las plantas rescatadas con los cuidados necesarios para lograr un 80% de sobrevivencia. (P21) 4. Se seleccionará el material leñoso susceptible de ser aprovechado en la construcción del proyecto. (P22) 5. El material vegetal resultante del chapeo y desmonte que no sea útil para su aprovechamiento dentro del predio, será triturado con el fin de que sea destinado para el enriquecimiento de las áreas verdes y las zonas con vegetación natural. (P23) Medidas de mitigación 1. Se mantendrán en las áreas verdes los ejemplares arbóreos que sea posible, específicamente los de mayor diámetro que puedan mantenerse sin afectaciones Estos árboles que se mantengan en pie elevarán el carbono secuestrado en la biomasa vegetal del predio. (M3)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
		2. Conforme se avance en el CUSTF en las diferentes etapas, se utilizarán las plantas rescatadas en la conformación de las áreas verdes y en los claros naturales de las áreas con vegetación en estado natural. (M11)
	Propiciará condiciones de establecimiento de especies exóticas	Medidas de prevención 1. Se mantendrá la prohibición del ingreso de especies exóticas invasoras. (P24) 2. El acondicionamiento de las áreas verdes se realizará con las plantas nativas del rescate y las exóticas que se utilicen mantendrán una proporción 70:30. (P25)
Fauna	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	1. Se implementará un Programa de Ahuyentamiento y/o Rescate y Reubicación de Fauna, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. (P26) 2. Se asegurará la integridad física de la fauna que se pudiera registrar en las áreas del proyecto (revisando los árboles de forma previa al desmonte, ahuyentando y prohibiendo la introducción de fauna doméstica) (P27) 3. Quedará prohibido molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre. Deberá informarse del avistamiento y permitir que el ejemplar busque refugio en las zonas con vegetación adyacentes a las zonas de CUSTF. (P28) 4. El desmonte se llevará a cabo de manera paulatina y en forma direccional para permitir el desplazamiento de la fauna. (P29) 5. El retiro de la vegetación iniciará desmontando franjas en forma manual y con motosierras para generar, movimientos, ruido y provocar el desplazamiento de la fauna. (P30) 6. Quedará prohibido molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre del predio. (P31) Medida de mitigación 1. Se sancionará a todo trabajador que se sorprenda maltratando o dañando alguna especie de flora o fauna en el predio o sus alrededores. (M12)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
	Propiciará condiciones para el establecimiento de especies exóticas	Medida de prevención 1. Se colocarán letreros que informen a las personas de la prohibición estricta de liberar en el predio cualquier tipo de especies exóticas. (P32)
	Afectará la migración o movimiento de la fauna	Medida de prevención 1. Previo a las actividades de desmonte se llevará a cabo un Programa de Ahuyentamiento/Rescate y Reubicación de Fauna, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. (P33)
	Provocará la colonización de nuevos hábitats y/o cambio de los actuales	Medida de prevención 1. Se deberá mantener una vigilancia estricta para evitar molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre, en su lugar deberá informarse del avistamiento y permitir que el ejemplar busque refugio en las zonas con vegetación adyacentes a las zonas de obras. (P34)
Salud	Exposición de personas a ruidos elevados	Medidas de prevención: 1. La maquinaria, vehículos y equipos se mantendrán en buenas condiciones mecánicas y de afinación. (P35) 2. Se evitarán tiempos innecesarios de operación de equipos cuando no sean requeridos. (P17) Medidas de mitigación: 1. El desmonte y la trituración se realizarán por frentes acotados, de modo que la generación de ruido no ocurra simultáneamente. (M13)

FACTOR	IMPACTO PROBABLE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
Flujo de tráfico	Aumento en la circulación de vehículos	Medidas de prevención: 1. Los movimientos de vehículos y maquinaria se programarán de manera que reduzcan interferencias con el tránsito de la Carretera Federal 307 y con las actividades internas del predio. (P36) 2. Los vehículos circularán a velocidad controlada dentro del predio. (P37) 3. Se colocará señalización para accesos, sentidos de circulación, zonas de maniobra y límites de velocidad. (P38)

Finalmente se presenta el Cuadro IV.7 donde se incluye la codificación asignada a cada medida, el factor e impactos posibles en los que incidirán, así como el período de implementación y los indicadores de cumplimiento considerados para cada una de dichas medidas.

Cuadro IV.7. Medidas de prevención (P) y mitigación (M), impactos y factores probables sobre los que incidirán, período de impl

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P1	Se mantendrán húmedas las superficies expuestas.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Durante las actividades de desmon y mientras existan superficies expuestas.
P2	La programación de las actividades de nivelación y trazo que se efectúen de forma posterior al desmonte y el despalme, se realizarán inmediatamente después a dichas actividades, con el fin de disminuir los tiempos de exposición del suelo.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Inmediatamente después del despalme de cada frente de trabaj
P3	El desmonte se llevará a cabo de manera paulatina para disminuir los tiempos de exposición del suelo.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Durante las actividades de desmon
P4	Se colocarán sanitarios temporales.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P4	Se colocarán sanitarios temporales.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P5	Se asegurará que los trabajadores hagan uso correcto de las instalaciones sanitarias temporales que se contemplan durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P5	Se asegurará que los trabajadores hagan uso correcto de las instalaciones sanitarias temporales que se contemplan durante las actividades de cambio de uso de suelo forestal.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P6	Se colocarán letreros y señalamientos en sitios estratégicos con el objeto de ordenar la circulación y mantener la velocidad de tránsito en los límites permitidos.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P6	Se colocarán letreros y señalamientos en sitios estratégicos con el objeto de ordenar la circulación y mantener la velocidad de tránsito en los límites permitidos.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P7	Se evitarán los derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante la contratación de unidades en buen estado mecánico.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P7	Se evitarán los derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante la contratación de unidades en buen estado mecánico.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P8	Se acondicionará un almacén para combustibles, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y kit antiderrames. Este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P8	Se acondicionará un almacén para combustibles, con piso impermeable, cubierta no inflamable, delimitado con una malla que permita la ventilación. Contará con señalización de seguridad y de identificación de las sustancias que se almacenan, equipo contra incendio y kit antiderrames. Este almacén albergará los contenedores de gasolina y aceite, tapados y en posición vertical. Se llevará una bitácora de registro de las entregas del proveedor y del consumo de la maquinaria.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P9	Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor se dispondrá de un tanque nodriza portátil que será rellenado por un auto-tanque y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P9	Como respaldo para la planta de energía y el equipo menor se dispondrá de un tanque nodriza portátil que será rellenado por un auto-tanque y que contará con contención integrada equivalente al 110% de su volumen, para casos de derrames.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P10	El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), que despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y con charolas y tapetes de contención.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante el abastecimiento de maquinaria y equipo.
P10	El abastecimiento de diésel se realizará mediante un auto-tanque distribuidor de combustible (pipa surtidora), que despachará el diésel directamente a la maquinaria mediante manguera con medidor, sobre una plataforma impermeable y con charolas y tapetes de contención.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante el abastecimiento de maquinaria y equipo.
P11	Se colocarán letreros de educación ambiental alusivos al correcto manejo de los residuos sólidos.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P11	Se colocarán letreros de educación ambiental alusivos al correcto manejo de los residuos sólidos.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P12	Se habilitará un almacén temporal para residuos sólidos, delimitado, señalizado con base en el código de colores vigente, techado y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P12	Se habilitará un almacén temporal para residuos sólidos, delimitado, señalizado con base en el código de colores vigente, techado y con piso firme. Se acondicionará con divisiones que permitan la separación adecuada de los residuos. Los residuos serán retirados con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, por un recolector con autorización vigente de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), previa firma de un convenio o contrato.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P13	Se colocarán contenedores para residuos sólidos con las leyendas “recuperables” y “no recuperables” en los frentes de trabajo, desde donde se trasladarán los residuos cada día hasta el sitio temporal de almacenamiento ubicado dentro del predio.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P13	Se colocarán contenedores para residuos sólidos con las leyendas “recuperables” y “no recuperables” en los frentes de trabajo, desde donde se trasladarán los residuos cada día hasta el sitio temporal de almacenamiento ubicado dentro del predio.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P14	Se llevarán registros de los mantenimientos a la maquinaria y el equipo utilizado.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P14	Se llevarán registros de los mantenimientos a la maquinaria y el equipo utilizado.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P15	La superficie permeable será del 41.80% del total del predio, lo cual atiende al cumplimiento del Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales y durante el proyecto, manteniendo la superfic prevista.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P16	La maquinaria, vehículos y equipos se mantendrán en buenas condiciones mecánicas y de afinación; se conservarán funcionales los sistemas de escape.	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Aire	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P17	Se evitarán tiempos innecesarios de operación de equipos cuando no sean requeridos.	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Aire	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P17	Se evitarán tiempos innecesarios de operación de equipos cuando no sean requeridos.	Exposición de personas a ruidos elevados	Salud	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P18	Los vehículos circularán a velocidad controlada dentro del predio y se cubrirán los materiales finos cuando exista riesgo de dispersión durante su transporte.	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Aire	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P19	Se implementarán acciones de capacitación ambiental y de manejo de residuos sólidos y líquidos. Estas medidas incluyen la colocación de letreros de concientización ambiental, suficientes contenedores de basura, instalación de sanitarios con limpieza y promoción de su uso adecuados, ello con la intención de no provocar afectaciones a la vegetación fuera del CUSTF por el depósito de residuos sólidos o uso de estas áreas como baños.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P20	Previo a las actividades de desmonte, se llevará a cabo el rescate de la vegetación susceptible de pasar por este proceso.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	De forma previa al desmonte, habilite cada frente de trabajo.
P21	Se instalará un vivero provisional donde se mantendrán las plantas rescatadas con los cuidados necesarios para lograr un 80% de sobrevivencia.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Desde el rescate de las plantas permanencia en el vivero provisio reubicación.
P22	Se seleccionará el material leñoso susceptible de ser aprovechado en la construcción del proyecto.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Durante las actividades de desmon se genere material leñoso su aprovechamiento.
P23	El material vegetal resultante del chapeo y desmonte que no sea útil para su aprovechamiento dentro del predio, será triturado con el fin de que sea destinado para el enriquecimiento de las áreas verdes y las zonas con vegetación natural.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Durante y después de las actividad y desmonte, conforme se gener vegetal.
P24	Se mantendrá la prohibición del ingreso de especies exóticas invasoras.	Propiciará condiciones de establecimiento de especies exóticas	Vegetación	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P25	El acondicionamiento de las áreas verdes se realizará con las plantas nativas del rescate y las exóticas que se utilicen mantendrán una proporción 70:30.	Propiciará condiciones de establecimiento de especies exóticas	Vegetación	Durante el acondicionamiento y co las áreas verdes.
P26	Se implementará un Programa de Ahuyentamiento y/o Rescate y Reubicación de Fauna, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	De forma previa y durante las a desmonte, conforme avance el CU
P27	Se asegurará la integridad física de la fauna que se pudiera registrar en las áreas del proyecto (revisando los árboles de forma previa al desmonte, ahuyentando y prohibiendo la introducción de fauna doméstica)	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	De forma previa al desmonte de c trabajo.
P28	Quedará prohibido molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre. Deberá informarse del avistamiento y permitir que el ejemplar busque refugio en las zonas con vegetación adyacentes a las zonas de CUSTF.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P29	El desmonte se llevará a cabo de manera paulatina y en forma direccional para permitir el desplazamiento de la fauna.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	Durante las actividades de desmo
P30	El retiro de la vegetación iniciará desmontando franjas en forma manual y con motosierras para generar, movimientos, ruido y provocar el desplazamiento de la fauna.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	Al inicio del desmonte de cada fren
P31	Quedará prohibido molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre del predio.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P32	Se colocarán letreros que informen a las personas de la prohibición estricta de liberar en el predio cualquier tipo de especies exóticas.	Propiciará condiciones para el establecimiento de fauna exótica	Fauna	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P33	Previo a las actividades de desmonte se llevará a cabo un Programa de Ahuyentamiento y/o Rescate y Reubicación de Fauna, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Afectará la migración o movimiento de la fauna	Fauna	De forma previa y durante las a desmonte, conforme avance el CU
P34	Se deberá mantener una vigilancia estricta para evitar molestar, dañar, cazar o extraer fauna silvestre, en su lugar deberá informarse del avistamiento y permitir que el ejemplar busque refugio en las zonas con vegetación adyacentes a las zonas de obras.	Provocará la colonización de nuevos hábitats y/o cambio de los actuales	Fauna	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
P35	La maquinaria, vehículos y equipos se mantendrán en buenas condiciones mecánicas y de afinación.	Exposición de personas a ruidos elevados	Salud	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P36	Los movimientos de vehículos y maquinaria se programarán de manera que reduzcan interferencias con el tránsito de la Carretera Federal 307 y con las actividades internas del predio.	Aumento en la circulación de vehículos	Flujo de tráfico	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P37	Los vehículos circularán a velocidad controlada dentro del predio.	Aumento en la circulación de vehículos	Flujo de tráfico	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
P38	Se colocará señalización para accesos, sentidos de circulación, zonas de maniobra y límites de velocidad.	Aumento en la circulación de vehículos	Flujo de tráfico	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
M1	Se realizará el retiro del máximo posible de la capa fértil del suelo, la cual será utilizada en el acondicionamiento de las áreas verdes. Esto contribuirá a mitigar la disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Durante el despalme y de forma retiro de la capa fértil del sue utilización en áreas verdes.
M2	Las especies rescatadas serán reintroducidas en las áreas verdes y en los claros naturales de las superficies que se mantendrán con vegetación natural, y/o se usarán en los programas de reforestación municipales para recuperar parte de la biomasa forestal de la superficie de CUSTF y evitar que este carbono se libere a la atmósfera.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Conforme avance el CUSTF, conformación de áreas verdes y, cuando se realicen acciones de ref
M3	Se mantendrán en las áreas verdes los ejemplares arbóreos que sea posible, específicamente los de mayor diámetro que puedan mantenerse sin afectaciones Estos árboles que se mantengan en pie elevarán el carbono secuestrado en la biomasa vegetal del predio.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales y durante la co las áreas verdes.
M3	Se mantendrán en las áreas verdes los ejemplares arbóreos que sea posible, específicamente los de mayor diámetro que puedan mantenerse sin afectaciones Estos árboles que se mantengan en pie elevarán el carbono secuestrado en la biomasa vegetal del predio.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales y durante la co las áreas verdes.
M4	Para mitigar la disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono se triturará el material vegetal y se reintegrará a las áreas verdes y a los claros naturales de las superficies que se mantendrán con vegetación natural.	Retiro de vegetación – cambio climático Erosión	Suelo	Durante y después del desmonte, genere material vegetal sus trituración y reintegración.

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
M5	En caso de que sea necesario el uso de agroquímicos en el mantenimiento de las plantas rescatadas, éstos se restringirán a los publicados en el catálogo vigente de la Comisión Intersecretarial para el Uso de Plaguicidas y Fertilizantes (CICOPLAFEST).	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante el mantenimiento de rescatadas, en caso de requerirse
M5	En caso de que sea necesario el uso de agroquímicos en el mantenimiento de las plantas rescatadas, éstos se restringirán a los publicados en el catálogo vigente de la Comisión Intersecretarial para el Uso de Plaguicidas y Fertilizantes (CICOPLAFEST).	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante el mantenimiento de rescatadas, en caso de requerirse
M6	En caso de registrarse desperfectos mecánicos en la maquinaria y equipo, deberá verificarse si pueden corregirse en el taller de mantenimiento menor que se instalará en el predio, de lo contrario la maquinaria deberá enviarse a talleres especializados. Lo anterior eliminará riesgos de contaminación al suelo y subsuelo.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales, cuando s desperfectos mecánicos.
M6	En caso de registrarse desperfectos mecánicos en la maquinaria y equipo, deberá verificarse si pueden corregirse en el taller de mantenimiento menor que se instalará en el predio, de lo contrario la maquinaria deberá enviarse a talleres especializados. Lo anterior eliminará riesgos de contaminación al suelo y subsuelo.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales, cuando s desperfectos mecánicos.
M7	De ocurrir alguna emergencia se podrá atender el problema in situ siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes, como colocar charolas o plásticos a manera de tapete para evitar contaminación al suelo en caso de algún derrame accidental.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático	Suelo	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales, en caso de emergencia.
M7	De ocurrir alguna emergencia se podrá atender el problema in situ siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes, como colocar charolas o plásticos a manera de tapete para evitar contaminación al suelo en caso de algún derrame accidental.	Vertidos de contaminantes y residuos – cambio climático Afectación a mantos freáticos	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales, en caso de emergencia.
M8	El agua pluvial se canalizará a las áreas verdes y a las áreas que se mantengan con vegetación natural del predio	Cambios en los índices de infiltración, de drenaje o el índice o cantidad de agua o escorrentía	Agua	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
M9	Las superficies expuestas se humectarán con la frecuencia necesaria para reducir la suspensión de partículas, particularmente durante la temporada seca.	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Aire	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
M10	El desmonte y la trituración se realizarán por frentes acotados, de modo que la generación de polvo y emisiones no ocurra simultáneamente.	Emisiones de CO2 – cambio climático Emisiones de polvos	Aire	Durante el desmonte y actividades

CODIFICACIÓN	MEDIDA DE PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M)	IMPACTO PROBABLE SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	FACTOR SOBRE EL QUE INCIDIRÁ	PERÍODO DE IMPLEMENT
M11	Conforme se avance en el CUSTF en las diferentes etapas, se utilizarán las plantas rescatadas en la conformación de las áreas verdes y en los claros naturales de las áreas con vegetación en estado natural.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación de especies bajo protección	Vegetación	Conforme avance el CUSTF en s fases y durante la conformación de
M12	Se sancionará a todo trabajador que se sorprenda maltratando o dañando alguna especie de flora o fauna en el predio o sus alrededores.	Cambio en la abundancia de alguna especie Afectación a especies bajo protección	Fauna	Durante todo el cambio de uso terrenos forestales.
M13	El desmonte y la trituración se realizarán por frentes acotados, de modo que la generación de ruido no ocurra simultáneamente.	Exposición de personas a ruidos elevados	Salud	Durante el desmonte y actividades

----------//----------

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.

CAPÍTULO V

INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN A INFORMACIÓN SEÑALADA EN LA MIA

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.

CONTENIDO

I. RELACIÓN DE DOCUMENTACIÓN LEGAL QUE SE PRESENTA PARA COTEJO 2
II. METODOLOGÍAS 2
II.1. CARTOGRAFÍA 2
II.2. VEGETACIÓN 4
II.3. FAUNA 11
II.4. IMPACTOS AMBIENTALES 20
III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 24

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.

I. RELACIÓN DE DOCUMENTACIÓN LEGAL QUE SE PRESENTA PARA COTEJO

Documento	Anexo de la MIA-P
Contrato de Fideicomiso de Administración y Desarrollo Inmobiliario 4105 establecido mediante el Instrumento 75,941, de fecha 3 de julio del 2019, firmado ante la fe del Lic. Miguel Soberón Mainero, Notario 181 de la Ciudad de México	Anexo 1
Instrumento 68,222, de fecha 4 de diciembre del 2017, firmado ante la fe del Lic. Miguel Soberón Mainero, Notario 181 de la Ciudad de México, a través de la cual se constituye Arquitectoma Playa, S.A. de C.V., a través de la cual se constituye Arquitectoma Playa, S.A. de C.V.	Anexo 2
Instrumento 76,782, de fecha 2 de septiembre del 2019, firmado ante la fe del Lic. Miguel Soberón Mainero, Notario 181 de la Ciudad de México, a través de la cual Banco Actinver, S.A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Actinver, a través de la cual Banco Actinver, S.A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Actinver, a través de la cual se otorgan poderes de representación Arquitectoma Playa, S.A. de C.V.	Anexo 3
Instrumento 104,815, de fecha 6 de agosto del 2026, firmado ante la fe del Lic. Carlos Cataño Muro Sandoval, Notario 51 de la Ciudad de México, a través de la cual Arquitectoma Playa, S.A. de C.V., a través de la cual se otorgan poderes de representación al Sr. Mateo Vázquez Yrigoyen	Anexo 4
Identificación oficial del Sr. Mateo Vázquez Yrigoyen	Anexo 5

II. METODOLOGÍAS

II.1. CARTOGRAFÍA

Análisis digital de la imagen de satélite

Datos de la Imagen de Satélite Analizada del predio y del sistema ambiental

En el análisis digital de la imagen de satélite (Raster) del proyecto se utilizó una imagen de satélite de fuente Airbus del 02 de noviembre del 2025 descargada con el software Google Earth versión 7, con una resolución de 4800 x 2900, configurada en una composición de color real, a 8 bits de resolución.

Preparación de la imagen de satélite

La imagen de satélite una vez descargada desde el software Google Earth 7, se georreferenció por medio de puntos semejantes (puntos de control) extraídos del mismo software y verificación con datos vectoriales de INEGI. La imagen se guardó en formato .img.

La proyección geográfica utilizada es en coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) y Datum WGS84.

Información auxiliar

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.

Como información de referencia y para apoyar la toma de decisiones en la caracterización del área de estudio, se utilizaron los siguientes datos:

1. Trabajo de campo del inventario forestal y caracterización de vegetal en el predio y sistema ambiental, con sitios de muestreo y verificación de áreas de vegetación.

Clasificación de la imagen de satélite

Para la preparación de la imagen de satélite y la vectorización (rodalizado) del área de estudio se utilizó el software de sistemas de información geográfica ArcGIS 10.5

La clasificación de la imagen de satélite se realizó con una delimitación vectorial (vectorización o rodalizado) de áreas homogéneas, mediante la fotointerpretación identificando caminos, áreas sin vegetación y tipos de vegetación considerando principalmente las características de: forma de los elementos terrestres, las sombras, el tono en color natural (RGB) que indica la reflectividad en la región del espectro visible y la textura (tipo de grano), así como la distribución de los tipos de vegetación identificados en campo.

En ambos análisis (predio y sistema ambiental) la imagen se visualizó en color natural (RGB)

Bases de datos vectorial

Fuentes de las bases de datos vectoriales

Para la vectorización de la imagen de satélite y la clasificación de la misma se utilizaron los criterios de referencia siguiente:

a) El Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000, Serie VII. del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). (2018)

Vegetación: La información vectorial de la vegetación es el resultado del rodalizado de las imágenes de satélite y la diferenciación entre los tipos de vegetación y usos de suelo presentes en la misma.

Información estatal: la información referida del sistema de referencia geográfica estatal se realizo conforme a los datos derivados del conjunto nacional de información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a diferentes escalas y temáticas.

Toda la información se almacenó en ficheros *shapefile*, en coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) y Datum WGS84.

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.

Definición de la leyenda

La leyenda de trabajo resultante de la clasificación de la vegetación se estableció en función de los diferentes tipos de vegetación y usos de suelo presentes en el polígono del área de estudio, considerando las observaciones realizadas durante los trabajos de campo y la interpretación de los resultados del inventario forestal y caracterización vegetal, así como de la descripción del sistema de clasificación de vegetación de la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000 diseñada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Cartografía y análisis espacial con sistemas de información geográfica

Los mapas temáticos y la simbología antes mencionada se pueden apreciar en los mapas presentes en el estudio. Estos mapas fueron generados con el software Arcgis 10.5.

El análisis espacial para generar y determinar las superficies y cuadros de construcción de los predios fue realizado con Arcgis 10.5

Toda la información procesada fue construida en coordenadas Universal Transversa de Mercator, con Datum WGS84.

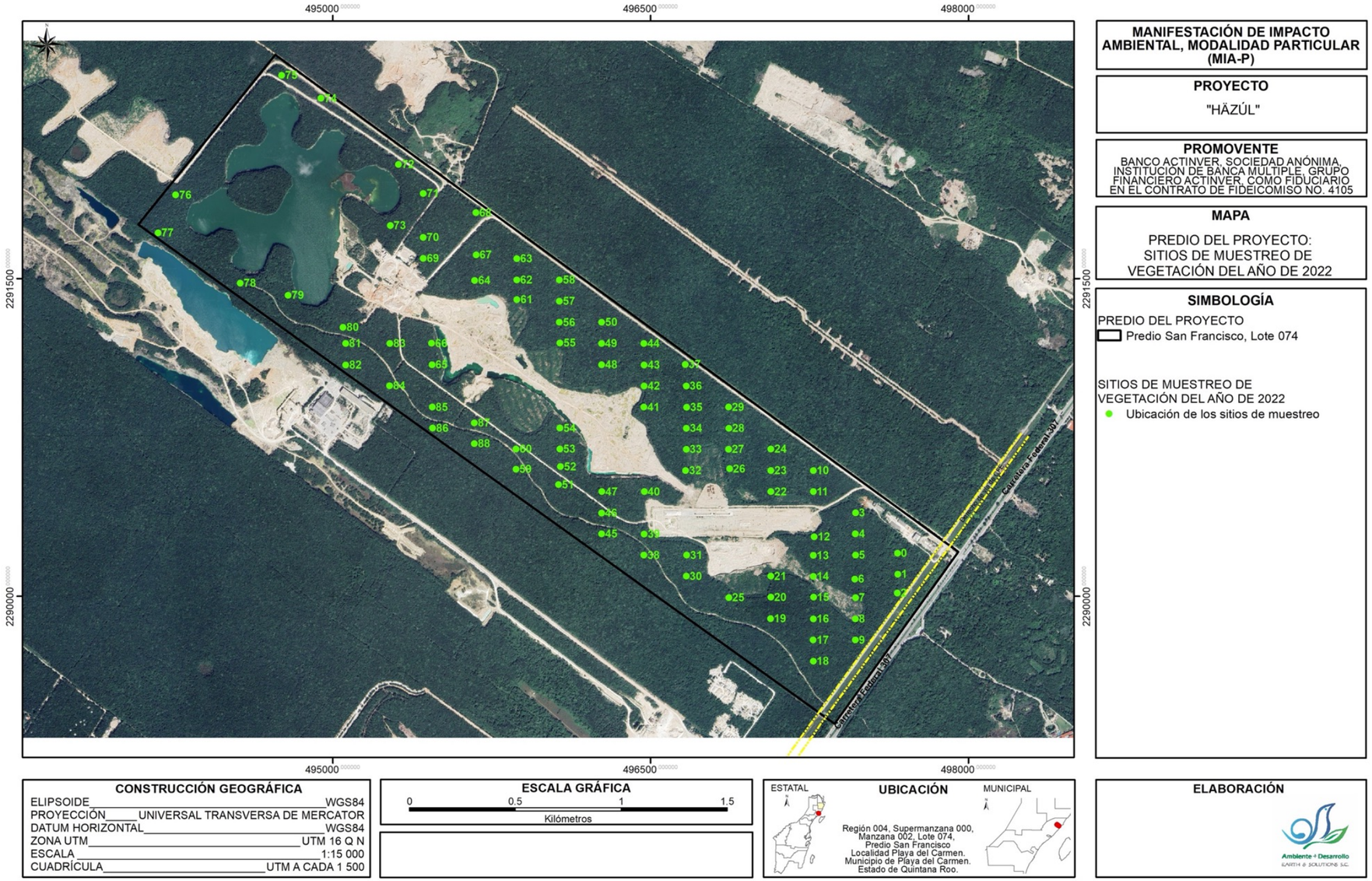
II.2. VEGETACIÓN

Campaña 2022: inventario del predio (89 sitios)

El inventario dasométrico se ejecutó en la temporada de secas, abarcando del 23 de noviembre de 2021 al 09 de junio de 2022, en la totalidad del predio mediante 89 unidades de muestreo circulares de 500 m² cada una (Mapa V.1), con un esfuerzo total de 4.45 ha (1.09 % de la superficie del predio). El trabajo de campo fue realizado por la empresa de consultoría ambiental Sylvatica, S.C. En cada sitio se midieron todos los individuos arbóreos con DAP ≥ 7.5 cm (diámetro, altura al fuste limpio y altura total, dimensiones de copa, forma del fuste y condición). En un subsitio de 100 m² se midieron los fustes con DAP de 0.3 cm a 7.49 cm y en un subsitio de 5 m² los ejemplares con DAP menor a 0.3 cm. Para este estudio, los ejemplares de la base 2022 se clasificaron en estratos aplicando los mismos criterios dasométricos de las especificaciones de campo: arbóreo con DAP ≥ 7.5 cm y altura > 1.30 m; arbustivo con DAP < 7.5 cm y altura > 1.30 m, o con altura de 0.50 a 1.30 m; y herbáceo para los registros del subsitio de 5 m² (forma de vida herbácea y regeneración). Con este criterio, el estrato arbóreo integra 4,528 fustes medidos en la unidad de 500 m² y 689 medidos en el subsitio de 100 m².

La ubicación geográfica y su distribución dentro del predio se presenta en el Mapa V.1. Las coordenadas de los 89 sitios se incluyen en el archivo BASE DE DATOS 89 SITIOS 2022.xlsx. La numeración de los sitios de dicha base se homologó a la numeración consecutiva 1 a 89 de la hoja COORDENADAS SITIOS (columna NUEVO); la numeración original de campo se conserva en la columna SITIO ORIGINAL de la misma base, como trazabilidad.

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.



Mapa V.1. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2022 (89 sitios).

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.

Campaña de muestreo 2026: pareado dentro (AP) y fuera del predio (RE)

Del 03 al 12 de junio de 2026 y del 02 al 18 de julio de 2026, durante la temporada de lluvias, se levantó un muestreo pareado con diseño idéntico dentro y fuera del predio: 35 unidades rectangulares de 375 m² (15 × 25 m) en un sector del predio (base AP; Mapa V.2) y 35 unidades de las mismas dimensiones distribuidas dentro del Sistema Ambiental y fuera del predio (base RE; Mapa V.3), con un esfuerzo de 1.3125 ha por condición. El trabajo de campo fue realizado por la empresa de consultoría ambiental Meyaj k'aax (Juan Andrés Estrella Cach). Conforme a las especificaciones del trabajo de campo, en cada sitio se marcaron los cuatro vértices con GPS y estacas, trazando el cuadrante en sentido contrario a las manecillas del reloj y ajustando las dimensiones con cinta métrica. En el sitio completo se midió con cinta diamétrica el DAP de todos los individuos arbóreos con altura mayor a 1.30 m y DAP ≥ 7.5 cm. En un subcuadrante de 25 m² (5 × 5 m) trazado en el vértice 1 se midieron los ejemplares arbóreos con DAP < 7.5 cm y los individuos leñosos de 0.50 a 1.30 m de altura, registrando el diámetro basal. En un subcuadrante de 1 m² (1 × 1 m) en el vértice 1 se registró el estrato herbáceo y la regeneración, con altura y dimensiones de copa. Adicionalmente se registraron las epífitas y cactáceas presentes en el sitio. Las especies de flora se compulsaron con la NOM-059-SEMARNAT-2010, su Modificación del Anexo Normativo III (DOF, 14 de noviembre de 2019) y la fe de erratas de dicha Modificación (DOF, 4 de marzo de 2020). Cuando una especie incluida en la Norma no quedó comprendida dentro de la unidad de muestreo pero se identificó visualmente en las proximidades del sitio con el que se estaba trabajando, la brigada asentó su presencia como registro visual y la documentó fotográficamente; estos registros acreditan la presencia de la especie y se reportan como tales, pero, al carecer de datos dasométricos y ubicarse fuera de la unidad de muestreo, no se integran a las bases de datos ni al cálculo de parámetros e índices. La toma de datos incluyó nombre común, diámetro (cm), altura total (m) y observaciones sobre la condición del individuo; en palmas se registraron la altura al cogollo y al borde de la última hoja. Ambas bases de 2026 provienen de una campaña única de muestreo. Las Fotografías 1 a 10 ilustran el trabajo de campo en ambas condiciones.

La ubicación geográfica y distribución de los 35 sitios dentro del predio y de la RE se presenta en los Mapas III.12 y III.13, respectivamente.

Las coordenadas de los sitios para el AP y para la RE, y los cálculos realizados, se incluyen en los archivos BASE DE DATOS AP 35 SITIOS 2026.xlsx, BASE DE DATOS RE 35 SITIOS 2026.xlsx y HAZUL_Memoria_calculo_parametros_indices.xlsx, respectivamente.



Fotografía 1. Predio (Sitio 1): baliza pintada del vértice 1 y lectura del GPS para el georreferenciado del sitio de muestreo.



Fotografía 2. Región Ecológica (Sitio SAR 2): baliza pintada del vértice 1 y lectura del GPS.

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.



Fotografía 3. Predio (Sitio 12): trazo del cuadrante de 15 × 25 m con cinta métrica entre balizas.



Fotografía 4. Región Ecológica (Sitio SAR 3): brigadistas tendiendo la cinta métrica para el trazo del cuadrante.



Fotografía 5. Predio (Sitio 13): medición del DAP con cinta diamétrica y registro simultáneo de datos en el formato de campo.



Fotografía 6. Región Ecológica (Sitio SAR 32): medición del DAP con cinta diamétrica.



Fotografía 7. Predio (Sitio 1): Medición de ejemplar.



Fotografía 8. Región Ecológica (Sitio SAR 23): Medición de DAP con vernier.

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.

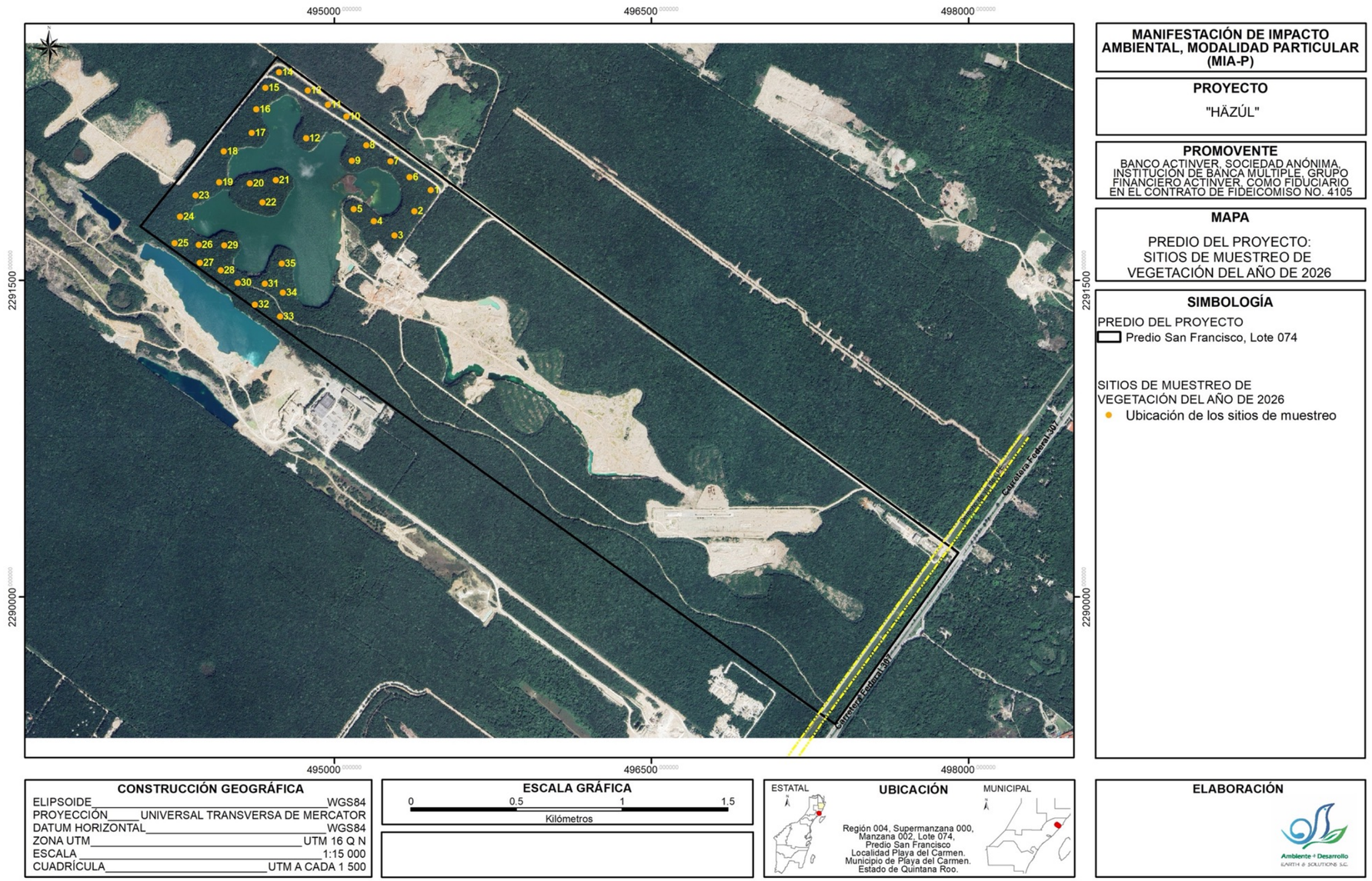


Fotografía 9. Predio (Sitio 31): registro de datos en el formato de campo.



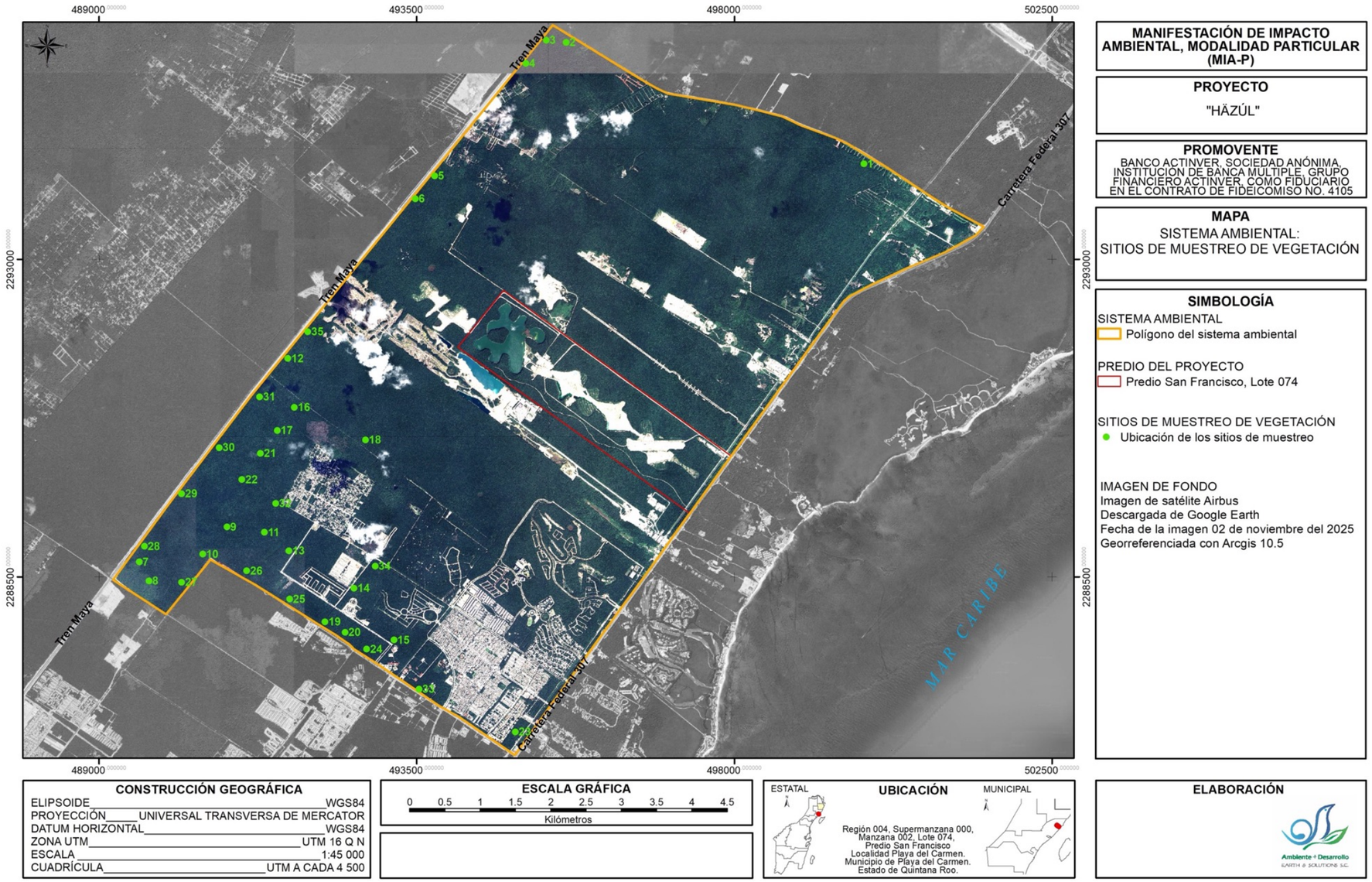
Fotografía 10. Región Ecológica (Sitio SAR 23): estimación de la altura de un individuo arbóreo y registro de datos.

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.



Mapa V.2. Predio del proyecto: sitios de muestreo de vegetación de la campaña 2026 (35 sitios, base AP).

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.



Mapa V.3. Sistema Ambiental: sitios de muestreo de vegetación fuera del predio (35 sitios, base RE)

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.

II.3. FAUNA

El concepto de "Línea de Base" se refiere a un estudio que permite determinar el estado "cero" de las poblaciones bajo estudio a partir de un tiempo o fecha determinada. Estos estudios constituyen un punto de referencia con el cual comparar y así poder detectar cambios a lo largo del tiempo; por lo consiguiente, el programa de monitoreo debe diseñarse de manera que asegure que los datos obtenidos tengan una confiabilidad de al menos un 80 % en los resultados de las tendencias de la población, pero que evite la acumulación de datos innecesarios (Pacheco et.al, 2004).

El trabajo de campo tuvo una duración de seis días. Tomando como base la cuadrícula final de muestreo, se recorrieron a pie caminos, brechas y veredas en busca de sitios que presentaran alta probabilidad de fotografiar animales; para esto se tomaron como base los indicios o rastros dejados por los mismos en sus actividades diarias (huellas, excretas, restos de comida, etc.). Se tomaron fotografías a cada rastro y la identificación de los mismos se realizó *in situ* con el apoyo de claves como por ejemplo Aranda (2012) y Alcérreca y colaboradores (2009). En esta actividad también se contó con la ayuda de un Geo-Posicionador Global (GPS) que permitió obtener la ruta seguida durante del recorrido (track), los puntos de los rastros observados y finalmente los sitios probables para colocar las cámaras.

Toda la información almacenada en el GPS se descargó y finalmente se desplegó sobre los mapas con ayuda del programa ArcGis 10.8 (ESRI, 2020); esto para ya obtener un mapa del diseño final del muestreo.

Previo a la ejecución del muestreo en campo, se elaboró un listado de especies de fauna silvestre cuya distribución es potencial en el área de estudio. Para ello, se consultó información bibliográfica (Mackinnon 2017, entre otros) así como fuentes online oficiales, tales como BirdLife, Naturalista y CONABIO. Como resultado, se obtuvo un listado que incluye a 226 especies de aves, 49 de reptiles, 17 de anfibios y 80 de mamíferos (incluyendo quirópteros), los cuales tienen probabilidad de distribuirse en el área de estudio.

Con el objetivo de corroborar dicha información, se realizaron visitas matutinas y vespertinas al sitio de estudio durante un total de seis días en el mes de junio de 2024, en los que fue posible detectar y registrar a diversas especies de los cuatro grupos faunísticos objetivo (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

La caracterización de fauna silvestre se llevó a cabo mediante trabajo de campo sistemático a través de la aplicación de diversas técnicas, para el registro de fauna se encuentran en función de la eficiencia conocida para cada grupo faunístico, de manera que, los métodos de muestreo utilizados en el proyecto aportan los resultados más eficientes en términos del costo (económico, de tiempo y de personal) y beneficio. A forma de resumen, el muestreo consistió en la ejecución de métodos acordes al grupo de interés, tales como Transectos lineales, Puntos de conteo o censos desde puntos fijos, búsqueda activa y colocación de foto trampas. En los apartados siguientes, se describe la metodología empleada específicamente para la detección de cada grupo faunístico.

El conteo en transectos lineales constituye un método de muestreo que 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 pueden cubrir áreas extensas en poco tiempo. En esta

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.

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 es eficaz de registro pues al estar el observador en movimiento evita recontar un 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 método de puntos de conteo o censo en puntos fijos es una técnica eficiente para monitorear y evaluar las poblaciones, esta metodología es aplicada comúnmente en el grupo de aves. Permite utilizar los sonidos de las aves para su identificación y evaluación de abundancias, también es popular para estudiar riqueza, densidad, composición y distribución del grupo, especialmente en los trópicos (González-García, 2011).

El empleo de redes de niebla es uno de los métodos más prácticos, reconocidos y empleados en la actualidad para conocer la quiropterofauna de un determinado lugar. El uso de redes posibilita la captura de los ejemplares y con ello la confirmación de su identidad taxonómica, la colocación de redes mantiene ciertas ventajas en su operación, entre las que destaca que son livianas y comprimibles, haciéndolas fáciles de transportar hasta sitios de difícil acceso, también es sencilla su instalación y se pueden adaptar a todos los hábitats. Las redes son más eficaces para la captura de murciélagos de hábitos frugívoros, los cuales constituyen una proporción importante en la mastofauna del neotrópico, donde se ubica nuestra área de estudio, motivo por el cual se aplicó para el registro del grupo, pues es una herramienta útil que permite caracterizar la diversidad de murciélagos (Bracamontes, 2018).

El uso de cámaras trampas resulta muy útil para conseguir imágenes de especies escurridizas (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018) o difíciles de observar debido a sus patrones de conducta, baja densidad o carácter elusivo (Chávez et al., 2013), como es el caso de mamíferos de mediano a gran tamaño. Actualmente, es el método más recomendable para el muestreo y monitoreo de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten conocer las tendencias y estimaciones confiables de las poblaciones, sin interferir en su conducta (López-González et al., 2011; Chávez et al., 2013).

Para todos los grupos de fauna se recorrieron un total de 2 transectos lineales con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur y un ancho variable dependiendo del grupo de fauna a muestrear. A lo largo de estos transectos, cuando se consideró un sitio adecuado, se instalaron los diferentes trampeos para mamíferos (fototrampas y redes de niebla para murciélagos).

- **Anfibios y reptiles (herpetofauna).**

Para la detección de las especies de herpetofauna se seleccionó el método de transecto de ancho fijo, para lo cual se estableció dos transectos con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur, y en el cual se efectuó una búsqueda equivalente a cuatro repeticiones. Lo anterior consistió en recorridos diurnos y nocturnos en los que predominó la búsqueda activa en microhábitats a lo largo del transecto. Ello implica que la búsqueda se dirigió e intensificó en sitios que pudieran potencialmente fungir como refugio de anfibios y/o reptiles, por ejemplo, debajo de piedras, troncos, cavidades, charcas y sus alrededores.

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.





Fotografías 11 y 12. Método de búsqueda intensiva de anfibios y reptiles en el predio de estudio.

Para la búsqueda de reptiles se tuvieron rangos de horario de 9:00 a 12:00 y de 17:00 a 20:00 horas. La conducta de este grupo presenta un comportamiento que permite establecer los mejores horarios para su observación, cuando los individuos salen de sus refugios en horarios matutinos para aprovechar la incidencia solar, y posteriormente dependiendo de la territorialidad que tengan se desplazan para alimentarse. Por otra parte, de 17:00 a 20:00 hr presentan actividad algunas especies crepusculares, por lo cual también se considera dicho rango horario para la búsqueda de individuos. Se revisó particularmente bajo piedras y algunas cavidades, así como en los troncos de los árboles. Por otra parte, en lo referente a anfibios, durante el horario vespertino – nocturno fue posible localizar a individuos de este grupo. Para ello, se emplearon lámparas de mano, y se puso especial atención en revisar pequeñas charcas.

Para la identificación de los ejemplares de herpetofauna se consultaron guías ilustradas de campo, siendo estas Julian Lee (2000), Calderón *et al*. (2005) y Kohler G. (2015), asimismo se consultó el sitio web de Naturalista (2020). Adicionalmente, se obtuvo el registro fotográfico de los individuos de anfibios y reptiles avistados, con excepción de una serpiente cuya veloz movilidad impidió obtener una buena fotografía.

No obstante, este esfuerzo de muestreo (por el tiempo y recursos disponibles) no pretendía hacer un inventario herpetológico pormenorizado, durante todos y cada uno de los recorridos fueron desarrolladas observaciones directas sobre el sustrato y sobre la vegetación circundante en busca de representantes de este grupo taxonómico.

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.

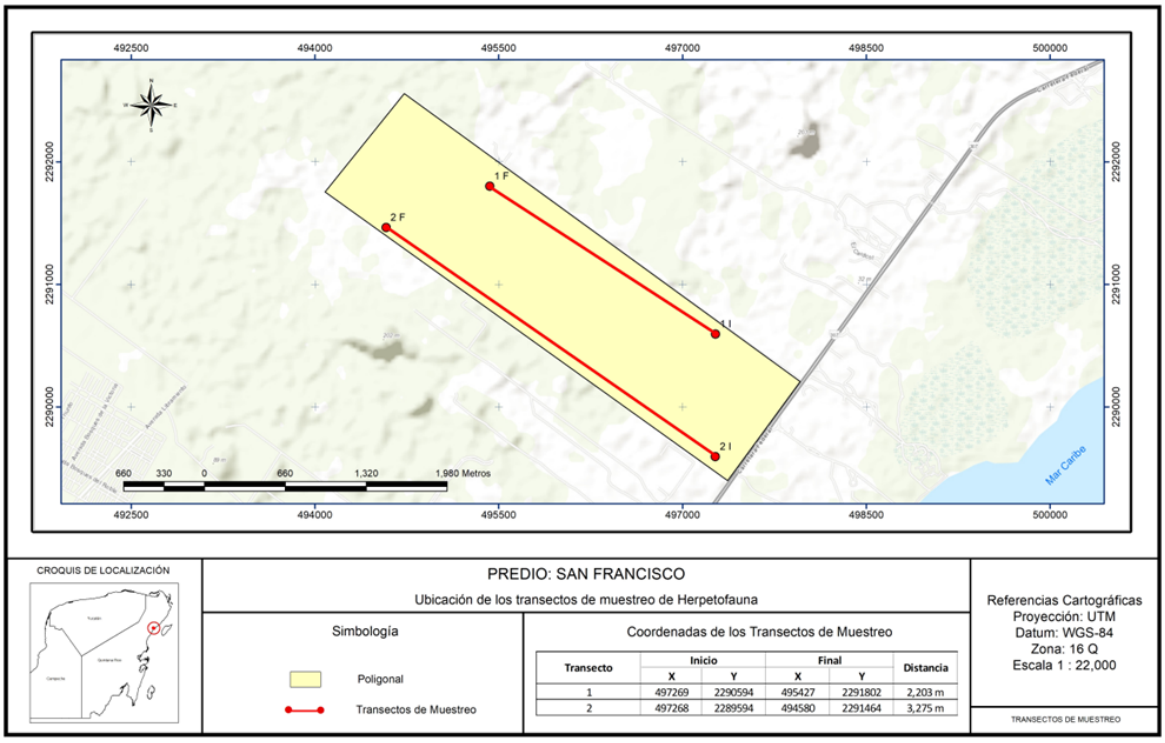


Imagen V.1. Ubicación del muestreo de herpetofauna.

Cuadro V.1. Coordenadas del transecto para muestreo de herpetofauna.

Transecto	Inicio		Final		Distancia
	X	Y	X	Y	
1	497269	2290594	495427	2291802	2,203 m
2	497268	2289594	494580	2291464	3,275 m

- **Aves**

Para la realización del monitoreo de aves se utilizó el método de muestreo por Puntos de Conteo (PC), basado en Whitacre (1991) que consiste, de manera resumida, en conteos en puntos fijos desde el suelo, con una duración de 10 minutos, durante los cuales el profesional que lo ejecuta, situado en un punto fijo, detecta e identifica (mediante canto y/u observación directa) a las especies de aves en un radio estimado de 20 m. Método ampliamente reconocido por su simplicidad y confianza, por lo que ha sido largamente utilizado aun como parte del sistema de monitoreo de este grupo de especies dentro de las reservas competencia de la CONANP, lo que ofrece la posibilidad y la conveniencia adicional de poder establecer las comparaciones pertinentes con sitios cercanos a estas ANP's.

Los sitios de muestreo seleccionados son considerados representativos de la región, tanto al interior del área que será afectada por el proyecto como respecto a las áreas aledañas a este, mismas que, como ya ha sido mencionado, presentan una amplia homogeneidad considerando el tipo de cobertura vegetal predominante: la selva mediana subperennifolia, lo que facilitará la continuidad del esfuerzo de muestreo como parte del sistema de monitoreo que se propone sea instrumentado

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.

durante las fases de construcción y operación del proyecto. Para facilitar el proceso los puntos de muestreo se hicieron coincidir con la ubicación de las cámaras trampa.

A lo largo del área de estudio se establecieron un total de 9 puntos, equidistantes entre ellos; se realizaron dos repeticiones de conteo, generando así un total de 18 unidades de muestreo para avifauna.

Para el registro de especies se emplearon binoculares, cámara fotográfica con teleobjetivo, GPS y una bitácora de campo en la que se anotó la coordenada del punto, la especie y número de individuos, hora inicial y hora final.





Fotografías 13 y 14. Método de observación y registro de avifauna en el área de estudio.

Los puntos de conteo se realizaron sistemáticamente entre las 6:45hr y las 9:30hr, intervalo en que las aves presentan un alto pico de actividad, por lo tanto, son más fáciles de detectar. Los observadores que participaron en el presente estudio poseen amplia experiencia en la identificación de aves de la Península de Yucatán, y como apoyo se emplearon guías de campo como MacKinnon (2017) y Howell and Webb (1995).

La ubicación de los puntos de conteo para el registro de la avifauna se observa en la siguiente imagen:

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.

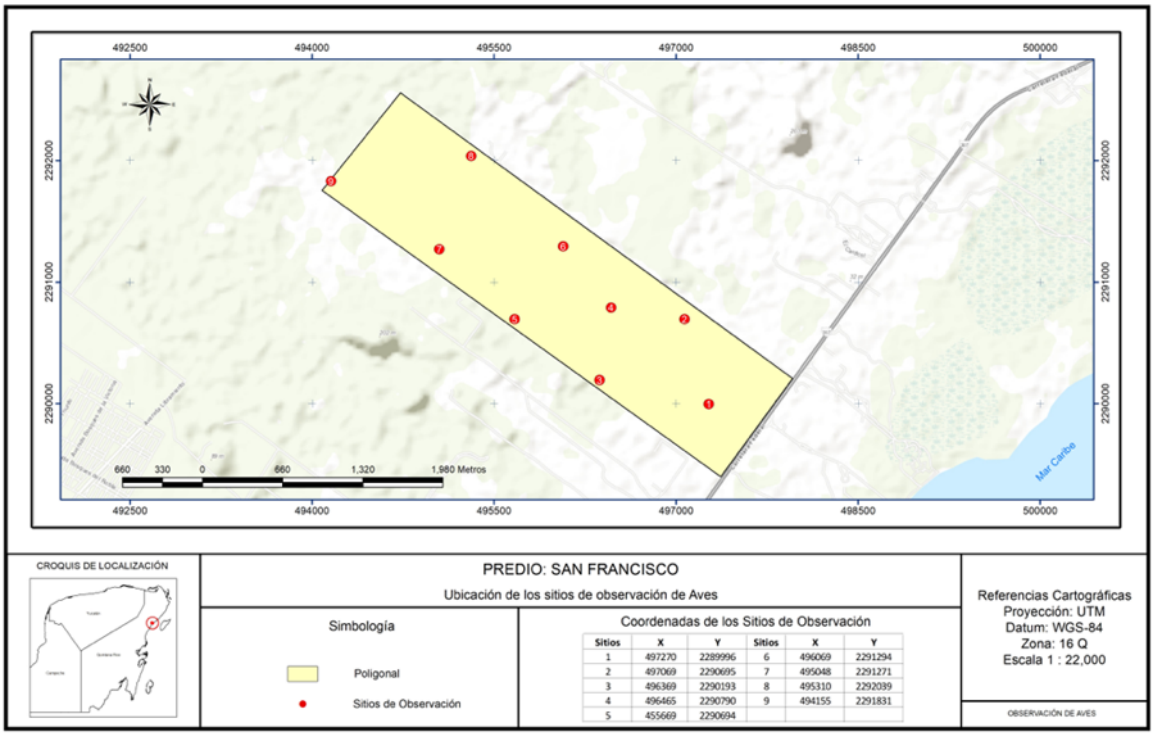


Imagen V.2. Puntos de muestreo para aves en el predio del proyecto.

Cuadro V.2. Coordenadas de los puntos de conteo de aves en el área de estudio.

PC	X	Y
1	497270	2289996
2	497069	2290695
3	496369	2290193
4	496465	2290790
5	455669	2290694
6	496069	2291294
7	495048	2291271
8	495310	2292039
9	494155	2291831

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.

Mamíferos medianos

Debido a la diversidad de hábitos de la mastofauna, se emplearon diferentes métodos para su estudio, los cuales fueron: transectos lineales y fototrampeo, así como el establecimiento de redes de niebla para la captura de murciélagos y la grabación mediante detectores ultrasónicos (Bautista et al., 2011; Aranda, 2012; Medellín et al., 2006; Pech-Canché et al., 2010; Hernández et al., 2015).

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).

Para la detección de mamíferos terrestres se seleccionaron dos métodos: activo, el cual se centró en la búsqueda de rastros y recorridos de avistamiento, consistente en recorrer dos transectos que atraviesa el área de estudio de norte a sur; y el método pasivo, el cual consistió en la instalación de cámaras trampa. Cabe destacar que el método pasivo corresponde al más exitoso del presente muestreo de mamíferos terrestres.

Los transectos se efectuaron en modalidad diurna con una longitud de 2.2 km (2,203 m) y 3.27 km (3,275 m) que atraviesa el área de estudio de norte a sur. 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). También se tomaron en cuenta los registros ad libitum, individuos atropellados sobre los caminos existentes durante la movilización del personal.




Fotografías 15 y 16. Registro de evidencias de mamíferos observados durante los transectos en el predio.

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.

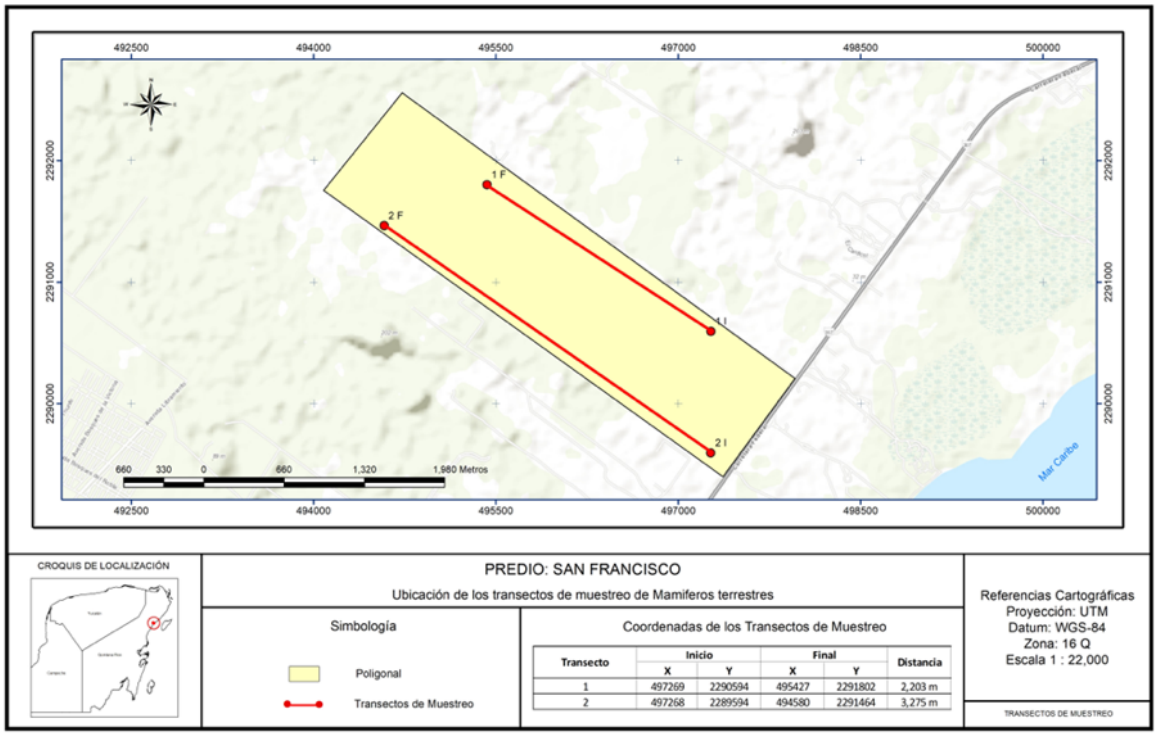


Imagen V.3. Ubicación de los transectos para muestreo de mamíferos terrestres.

Cuadro V.3. Coordenadas del transecto para muestreo de los mamíferos terrestres.

Transecto	Inicio		Final		Distancia
	X	Y	X	Y	
1	497269	2290594	495427	2291802	2,203 m
2	497268	2289594	494580	2291464	3,275 m

Por otro lado, se colocaron 4 estaciones de fototrampeo, en sitios identificados como refugios y pasos frecuentes de fauna durante la realización de los transectos lineales, esta técnica permite el registro fotográfico de las especies que suelen evadir al ser humano (López et al., 2011). En cada estación, se instaló una cámara trampa de la marca Cuddeback IR Modelos H-1453, a una altura no mayor a 0.5 m del suelo y en un lugar plano, esto último con la finalidad de obtener mejores fotografías. Las cámaras se programaron para tomar series de tres fotografías por detección de evento y estuvieron activas durante las 24 horas del día. Cada estación de fototrampeo se georreferenció y cuando fue necesario se realizó la limpieza del perímetro donde se colocaron para evitar su activación accidental, las cámaras trampa se mantuvieron activas dentro del área de estudio durante los seis días que duro el muestreo de fauna y su ubicación se muestra a continuación:

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.



Fotografías 17 y 18. Colocación de las cámaras trampa.

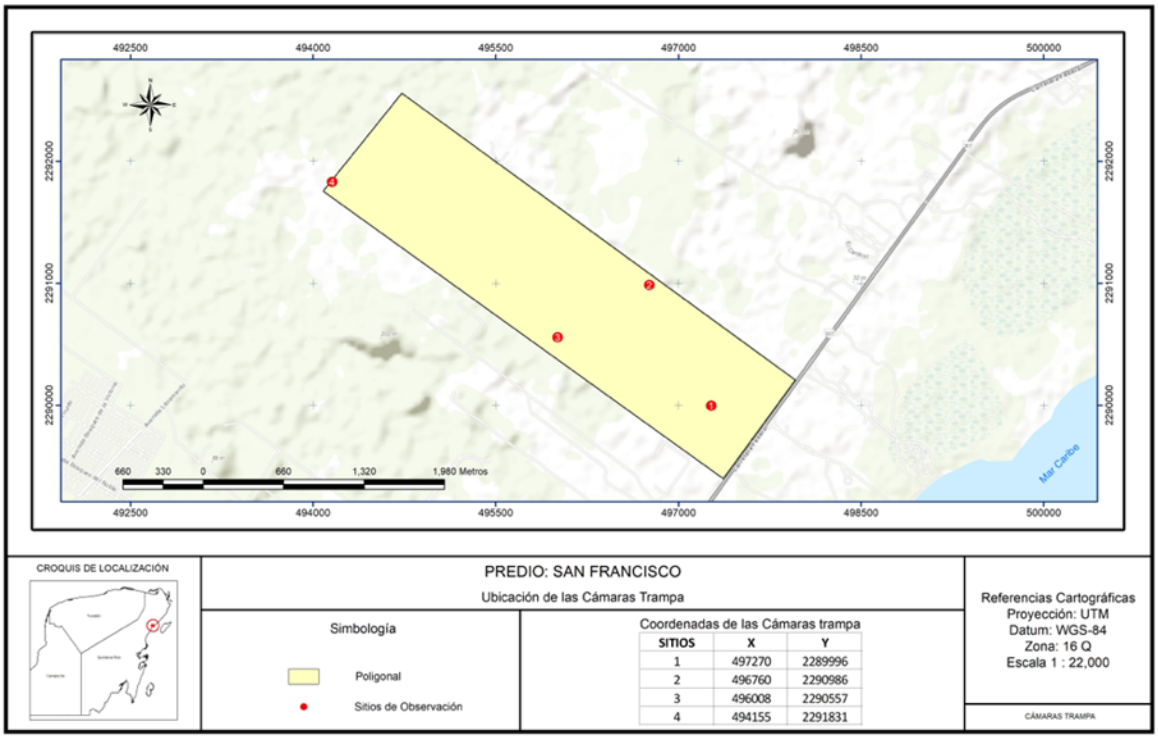


Imagen V.4. Ubicación de las cámaras trampa y transecto para muestreo de mamíferos.

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.

Cuadro V.4. Ubicación de las cámaras trampa en el área de estudio.

Cámaras	X	Y
1	497270	2289996
2	496760	2290986
3	496008	2290557
4	494155	2291831

II.4. IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación y evaluación de los posibles impactos que podría ocasionar el cambio de uso de suelo forestal se apoya en dos metodologías: las Listas de Control (Gómez Orea, 2023) y la descrita por Conesa Fernández (1997).

El primer tipo de herramienta proporciona un enfoque estructural para identificar los impactos claves y factores ambientales afectados mediante la lista de control que analiza los factores ambientales que podrían verse afectados por las actividades de CUSTF y para cada factor se evalúan los atributos según las siguientes definiciones de Gómez-Órea (2003): impacto nulo, adverso o benéfico, descartando de la lista los que son nulos y realizando la diferenciación de los adversos y benéficos con tres gradientes de significancia (no significativo, moderado y severo) de acuerdo a lo que se señala a continuación.

Cuadro V.5. Significancia de los impactos a generarse.

SIGNIFICANCIA	DESCRIPCIÓN
No significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones se dan a nivel local (inmediato al proyecto), de forma puntual al sitio, de tal forma que no alteran las funciones normales del sistema ambiental, la mayoría de las veces son temporales y reversibles.
Moderado	Los impactos al ambiente y las poblaciones son temporales pero permanecen el tiempo que duren las actividades del proyecto, y las condiciones previas son recuperables.
Severo	Los impactos al ambiente y las poblaciones son permanentes o de duración mayor de un año, visibles, perceptibles, el efecto puede ser local o regional e irreversible.

La segunda herramienta (Conesa Fernández,1997), permite conocer la importancia del impacto, a través de la cual puede medirse cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cuantitativo.

El valor de importancia del impacto, se establece en función de 11 características. La primera de ellas se refiere a la naturaleza del efecto (positivo o negativo), en tanto que la segunda representa el grado de incidencia o intensidad del mismo y los nueve restantes (extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad), los atributos que caracterizan a dicho efecto.
Dichas características se representan por símbolos que ayudan a visualizar e identificar rápidamente a cada una y forman parte de una ecuación que indica la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental:

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.

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

I = Importancia del impacto
± = Signo
IN = Intensidad
EX = Extensión
MO = Momento
PE = Persistencia
RV = Reversibilidad
SI = Sinergia
AC = Acumulación
EF = Efecto
PR = Periodicidad
MC = Recuperabilidad

La importancia del impacto se representa por un número que se deduce de dicha ecuación, en función del valor asignado a los símbolos considerados, según se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro V.6. Importancia del Impacto. Se indican las 11 características que conforman la importancia del impacto, así como los valores que pueden adoptar cada una dependiendo de su grado de acción. Tomado de Conesa Fernández (1997).

Naturaleza		**Intensidad (IN) (grado de destrucción)**	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión (EX) (área de influencia)		**Momento (MO= (Plazo de la manifestación)**	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)		**Reversibilidad (RV)**	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI) (regularidad de la manifestación)		**Acumulación (AC) (Incremento progresivo)**	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF) (Relación causa – efecto)		**Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)**	
Indirecto	1	Irregular o aperiódico y discontínuo	1
Directo	4	Periódico	2

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.

Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		Importancia (I)
Recuperable de manera inmediata	1	I=± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)
Recuperable a medio plazo	2	
Mitigable	4	
Irrecuperable	8	

La descripción de cada característica se presenta a continuación:

Signo. El signo hace referencia al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los factores considerados. Sin embargo, en ocasiones no es fácil predecir el efecto por lo que se puede incluir un tercer valor (x), que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir.

Intensidad. Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresa una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 indica una afectación mínima.

Extensión. Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto, es decir, el porcentaje de área respecto al entorno en que se representa un efecto muy localizado o puntual; 8 representa una ubicación de influencia generalizada en todo el entorno del proyecto. Esta característica introduce un valor adicional que aplica si el impacto se produce en un lugar crítico. En este caso se deben sumar cuatro unidades al número que resultó de la valoración del porcentaje de extensión en que se manifiesta. Cuando éste es el caso, y además se trata de un impacto peligroso para el cual no es posible introducir medidas correctoras, deberá buscarse otra alternativa a la actividad.

Momento. El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándole en ambos casos un valor de 4. Si el período de tiempo va de 1 a 5 años, Medio Plazo, se asigna el valor 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años se califica con 1, Largo Plazo. Si ocurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de 1 a 4 unidades que se suman al valor obtenido previamente, según su momento de acción.

Persistencia. Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor de 1.Si dura entre 1 y 10 años, se califica como temporal (2) y si el efecto tiene una duración superior a 10 años, se considera permanente y debe calificarse con un valor de 4.

Reversibilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Siguiendo los intervalos de tiempo expresados para la característica previa, al Corto Plazo, se le asigna un valor de 1, si es a Medio Plazo 2 y si el efecto es irreversible 4.

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.

Recuperabilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable se le asigna un valor de 1 ó 2, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor de 4, que se resta al valor de importancia total. Cuando el efecto es irrecuperable se le asigna el valor de 8. Si el efecto es irrecuperable pero existe la posibilidad de aplicar medidas compensatorias, entonces el valor que se adopta es 4.

Sinergia. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si se presenta un sinergismo moderado 2 y si es altamente sinérgico 4.

Acumulación. Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1 y si el efecto es acumulativo se califica con 4.

Efecto. Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción a consecuencia directa de ésta y se califica con el valor 4. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. En este caso se califica con 1.

Periodicidad. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de 4, a los periódicos 2 y a los de aparición irregular y a los discontinuos con 1.

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.

III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caterpillar Inc. (2022). *Application and installation guide: Engine & generator sizing*.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México: Atlas nacional de riesgos de la República Mexicana (1.ª ed.). Secretaría de Gobernación; Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology, 93*, 2533–2547.

Charrier, A. (2008). *Declinación global de anfibios*. Fundación Biológica Senda Darwin.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. McGraw-Hill.

Chuvieco Salinero, E. (2002). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel.

Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology, 5*, 3–21.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2025).

Comisión Nacional del Agua. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Comisión Nacional del Agua. Manual de Operación y Procedimientos del Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales. Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2018). *Regionalización*.

Conesa Fernández-Vítora, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (3.ª ed. rev. y ampl.). Mundi-Prensa.

Cummins Inc. (2017). *Gas power plant application manual* (A049Z057).

Cummins Inc. (2023). *How do I calculate what size generator I need?*

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology, 32*, 476–496.

Enciclovida. (s. f.). http://enciclovida.mx/

Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O., & Pereira, A. (2014). Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50,000 y sus tipos de inundación

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.

en el Estado de Quintana Roo, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 31(1), 127–137.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana (5.ª ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Global Biodiversity Information Facility. (s. f.). https://www.gbif.org/

Gobierno del Estado de Quintana Roo. (2009, 25 de mayo). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo*. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

Gobierno del Estado de Quintana Roo. (2010, 20 de diciembre). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad*. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

Gómez Orea, D. (2003). Evaluación de impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental (2.ª ed. rev. y ampl.). Mundi-Prensa.

Hernández-Stefanoni, J. L. (2006). The role of landscape patterns of habitat types on plant species diversity of a tropical forest in Mexico. Biodiversity and Conservation, 15(4), 1441–1457. https://doi.org/10.1007/s10531-005-0598-6

Hutcheson, K. (1970). A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology, 29*, 151–154.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s. f.). Ecovehículos: Portal de Indicadores. Gobierno de México. Portal Ecovehículos del INECC

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1983). Conjunto de datos vectoriales geológicos, Serie I: Cozumel, carta F16-11, escala 1:250 000. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1984). Conjunto de datos vectoriales de la carta de aguas superficiales, Serie I: Escala 1:250,000. Versión del modelo de datos vectoriales 1993. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2002). Estudio hidrológico del estado de Quintana Roo. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2007). Conjunto de datos vectoriales edafológicos, Serie II: Escala 1:250,000 (Continuo Nacional). INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2008). Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000: Unidades climáticas, edición 2008. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Estudio de información integrada de la Cuenca Laguna de Términos y otras. INEGI.

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.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación, Serie VII*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI. Marco Geoestadístico 2020

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie VII*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie VII*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos (Información sobre grupos de suelo). INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Panorama sociodemográfico de Quintana Roo 2020. INEGI. Consulta del Panorama sociodemográfico de Quintana Roo 2020.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Censos Económicos 2024. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). INEGI. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (Eds.)

Lugo-Hubp, J., Aceves-Quesada, J. F., & Espinasa-Pereña, R. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Revista del Instituto de Geografía, UNAM, (10), 143–150.

Luna-Reyes, R., Ramírez-Velázquez, A., Jiménez-Lang, O., García-Jiménez, M., Morales-Barrales, Y., Zuñiga-Juárez, E., Sánchez-Estrada, J., & Aranda-Coello, J. (2010). *Estrategia para la conservación de anfibios críticamente amenazados en Chiapas, México*. SEMAVIHN-CI-CPEF.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.

Map of Life. (s. f.). https://mol.org/

Miranda, F., & Hernández X., E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28*, 29–179.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOR.

Municipio de Solidaridad. (2023, 26 de septiembre). *Autorización de zonificación y uso de suelo referente a la acción urbanística del predio denominado "San Francisco", ubicado en Región 004, Supermanzana 000, Manzana 002, Lote 074, Playa del Carmen, municipio de Solidaridad,*

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.

Quintana Roo; propiedad de Banco Actinver S.A., I.B.M., Grupo Financiero Actinver, Fideicomiso 4105. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

Otazu, X., González-Audicana, M., Fors, O., & Núñez, J. (2005). Introduction of sensor spectral response into image fusion methods: Application to wavelet-based methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.

Pronatura Península de Yucatán, & The Nature Conservancy. (2006). Una visión para el futuro: Cartografía de las selvas Maya, Zoque y Olmeca. PPY & TNC. Gerardo García Contreras (PPY) y Fernando Secaira (TNC).

Quijada Mendoza, I., & Zamorano Orozco, J. J. (2024). Geomorfología de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. Investigaciones Geográficas, (115).

Rice, K., Mazzotti, F., Waddle, H., & Conill, M. (2006). *Uso de anfibios como indicadores del éxito de la restauración de ecosistemas*. University of Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/uw/uw23600.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, & Colegio de Postgraduados. (2003). *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000: Memoria nacional 2001–2002*.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010, 30 de diciembre). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012, 7 de septiembre). Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020, 4 de marzo). Fe de erratas a la Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo, de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicada el 14 de noviembre de 2019. *Diario Oficial de la Federación*.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción–Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Diario Oficial de la Federación.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2006). AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, Section 13.2.2: Unpaved Roads. Office of Air Quality Planning and Standards.