

CAPÍTULO 1: DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

1.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1.1. Nombre del proyecto

“Reubicación de las arrendadoras de autos”.

1.1.2. Ubicación (dirección) del proyecto

La superficie de terreno forestal que se pretende aprovechar para la implementación del proyecto forma parte del predio concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún, el cual se ubica a la altura del kilómetro 22 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, en el Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo.

1.1.3. Duración del proyecto

El plazo solicitado para la realización del proyecto es de 48 meses (4 años) contemplando sólo las etapas de preparación del sitio y construcción; y una vigencia o vida útil de 30 años considerando la etapa operativa.

1.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

1.2.1. Nombre o razón social del promovente

Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes

ACA9804013D4

1.2.3. Datos del representante legal

C. Carlos Trueba Coll, apoderado legal.

1.2.4. Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones

Aeropuerto Internacional de Cancún, kilómetro 22 carretera federal 307 (Chetumal-Puerto Juárez), Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, C.P. 77500., Teléfono: 01 (998) 848 72 79.

1.3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DTU-B

1.3.1. Nombre del responsable técnico del estudio

Ing. Reynaldo Martínez López.

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes

1.3.3. C. U. R. P.

1.3.4. Cédula profesional

1.3.5. Dirección del responsable técnico del estudio

1.3.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

1.4. RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CUSTF

1.4.1. Nombre o razón social

Ing. Reynaldo Martínez López.

1.4.2. Registro Federal de Contribuyentes

1.4.3. C. U. R. P.

1.4.4. Cédula profesional

1.4.5. Dirección del responsable técnico del estudio

1.4.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1.1. Naturaleza del proyecto

El Plan Maestro del Aeropuerto Internacional de Cancún, que se entiende como un documento vivo de referencia para la gestión administrativa, siendo un planteamiento general de dirección, lineamiento y maniobra; donde los programas de inversión y construcción se plantean en forma conceptual y de factibilidad, abiertos a la consideración de alternativas que deberán ser decididas en su etapa de diseño final según la tecnología más apropiada en el momento. Por lo que derivado de esto la administración del Aeropuerto Internacional de Cancún, contempla un crecimiento respecto a la infraestructura aeroportuaria actual.

Cabe mencionar que las instalaciones actuales, a la fecha han cubierto las necesidades principales del aeropuerto, pero se hace indispensable realizar nuevas edificaciones a fin de seguir brindando una buena calidad en los servicios que se prestan, por lo que el presente proyecto contempla la reubicación de las empresas arrendadoras de automóviles que se encuentran dispersas en tres bloques frente a la terminal 2, toda vez que debido al crecimiento de las actividades aeroportuarias se requiere de un área específica para éstas. Por ello se pretende la reubicación de las arrendadoras en un área de 44,116.69 m². Las actividades principales que contempla el presente proyecto serán desde el desmonte de la vegetación existente, despalme, formación de terracerías y hasta el revestimiento de las terracerías a base de una carpeta asfáltica de 0.05 m de espesor.

2.1.2. Objetivo de Proyecto

Si bien, el predio que comprende el aeropuerto cuenta con una concesión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para uso de infraestructura aeroportuaria, la administración del aeropuerto debe cumplir con los lineamientos legales aplicables en materia ambiental a fin de que los impactos ocasionados por la ejecución de proyectos sean mitigables y de esta forma ayudar a mantener un equilibrio ecológico en la zona.

2.1.3. Ubicación física

El Aeropuerto Internacional de Cancún se encuentra a 16 kilómetros al Sur de la ciudad de Cancún y presta servicio a una región con una población de más de 1.0 millón de

habitantes; se encuentra ubicado en la Carretera Cancún-Chetumal, Km. 22, Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo; y cuenta con una superficie de 1,075-55-07.81 hectáreas (ver plano en la página 4).

Es importante mencionar que el proyecto estará dividido en 4 polígonos de aprovechamiento, los cuales se ubican dentro del predio concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún, ocupando una superficie total en su conjunto de 44,116.69 m², como puede observarse en el plano de la página 5.

En las siguientes tablas se presentan las coordenadas de los vértices que conforman los polígonos de aprovechamiento propuesto (proyección en UTM_WGS84_16QN), y en la página 6 se presentan los planos georreferenciados de dichos polígonos.

POLÍGONO 1		
VÉRTICES	X	Y
1	513261.56981	2326916.88271
2	513335.63180	2327028.15899
3	513546.49002	2326887.23059
4	513472.42840	2326776.32550
SUPERFICIE: 33,848.07 m²		

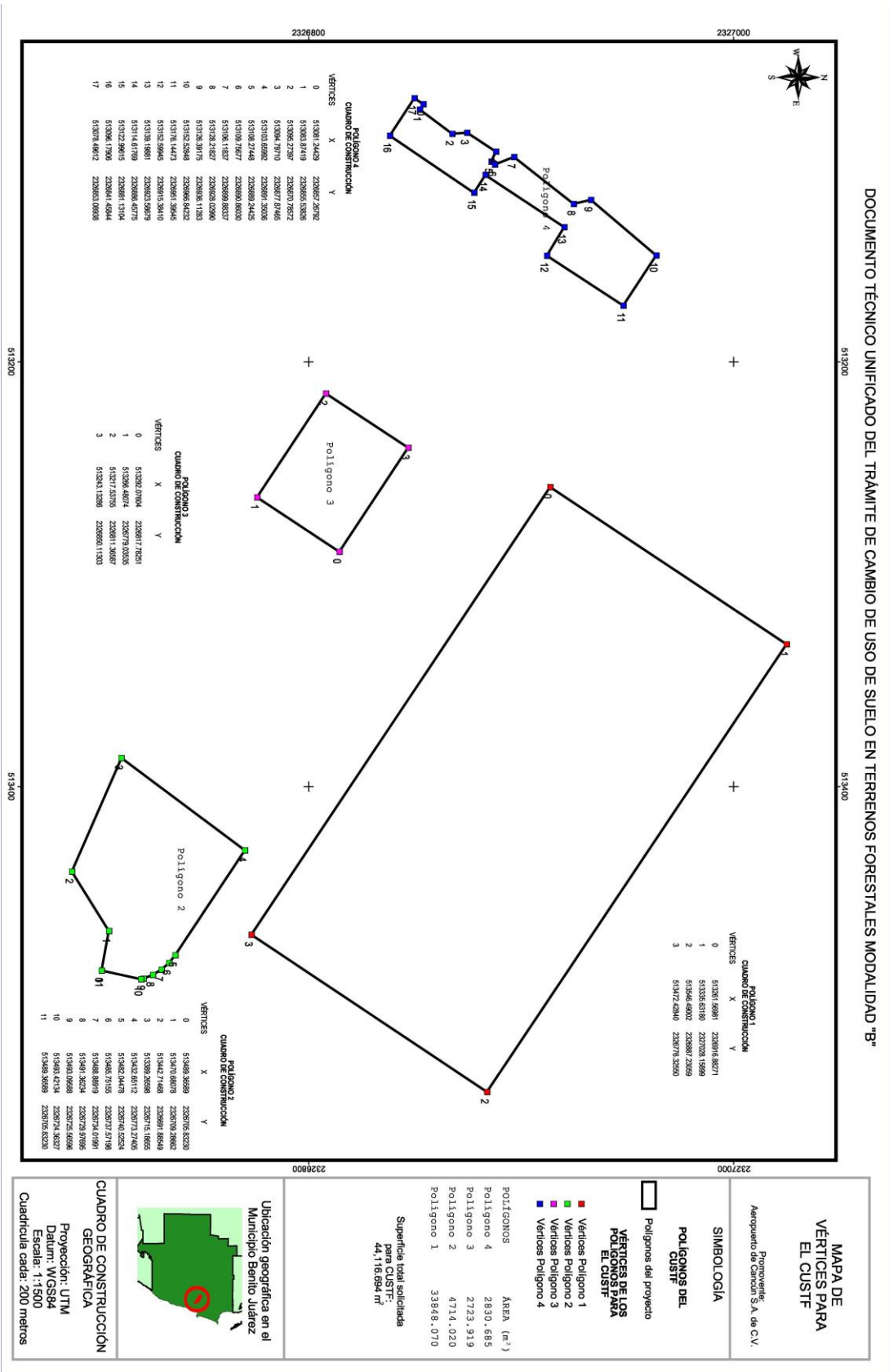
POLÍGONO 2		
VÉRTICES	X	Y
1	513489.36589	2326705.83230
2	513470.68078	2326709.28662
3	513442.71468	2326691.88549
4	513389.26598	2326715.18655
5	513432.65112	2326773.27405
6	513482.04478	2326740.52524
7	513485.75155	2326737.57198
8	513488.88919	2326734.01991
9	513491.36234	2326729.97695
10	513493.09588	2326725.56596
11	513493.42134	2326724.36327
SUPERFICIE: 4,714.02 m²		

POLÍGONO 3		
VÉRTICES	X	Y
1	513291.06397	2326814.07156
2	513265.46866	2326775.32440
3	513216.52548	2326807.65492
4	513242.12078	2326846.40208
SUPERFICIE: 2,723.919 m²		

POLÍGONO 4		
VÉRTICES	X	Y
1	513081.24429	2326857.26792
2	513083.87419	2326855.53826
3	513095.27397	2326870.78572
4	513094.79710	2326877.87465
5	513103.65992	2326891.35036
6	513108.27448	2326889.24425
7	513109.75677	2326890.86030
8	513106.11837	2326899.88337
9	513128.21827	2326928.02990
10	513126.39175	2326936.11283
11	513152.52848	2326966.84232
12	513176.14473	2326951.39545
13	513152.59945	2326915.38410
14	513139.19881	2326923.58679
15	513114.61769	2326886.45775
16	513122.99615	2326881.13104
17	513096.17906	2326841.45844
18	513078.49612	2326853.08938
SUPERFICIE: 2,830.685 m²		







2.1.4. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

a) Vías de acceso

Actualmente, 2 vialidades ofrecen acceso al Aeropuerto:

- ▀ El Boulevard Luis Donaldo Colosio, en el eje norte-sur, ofrece acceso de la ciudad de Cancún ubicada al norte del Aeropuerto a las ciudades de Puerto Morelos y Playa del Carmen ubicadas al sur del Aeropuerto, a 21 kilómetros y 53 kilómetros, respectivamente.
- ▀ El Boulevard Kukulcan, en el eje este-oeste, ofrece acceso al Aeropuerto de la zona hotelera de Cancún ubicada al este del mismo.

Ambos bulevares interceptan en el distribuidor de tráfico ubicado en la esquina noreste del límite del Aeropuerto y ofrecen acceso al Boulevard Central del Aeropuerto.

b) Vialidades, circulación y áreas de estacionamiento del aeropuerto

El aeropuerto cuenta con un sistema de vialidades para lograr circuitos de un solo sentido con el fin de evitar cruces que tiene como propósito la integración de todas sus instalaciones. Dicho sistema se genera a partir del boulevard de acceso al Aeropuerto, con dos cuerpos, de dos carriles cada uno, separados por un camellón de 2 metros de ancho.

Esta vialidad distribuye los flujos del aeropuerto, por medio de circuitos. Las vialidades distribuyen el tránsito principalmente para dar acceso a los tres edificios terminales y distribuye el tránsito a los accesos de otras instalaciones con un desarrollo total de 6.5 kilómetros.

c) Tratamiento de aguas residuales

Actualmente, para el tratamiento de aguas residuales el Aeropuerto cuenta con cuatro plantas, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- ▀ **Plantas Aeróbicas.-** La planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Terminal 1 y 2: se encuentra ubicada al suroeste de la Planta de Almacenamiento de Combustible (ASA) está diseñada para tratar un caudal de hasta 8.5 litros por segundo, es una

planta de tipo aerobio, convencional con aireación extendida. El proceso está diseñado en cuatro módulos:

1. Pretratamiento
2. Tratamiento aeróbico
3. Desinfección
4. Disposición y Efluente

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales Terminal 3 se encuentra ubicada al sureste de las instalaciones del campo aéreo, está diseñada para tratar un caudal de hasta 8.5 litros por segundo, es una planta de tipo aerobio, convencional con aireación extendida. El proceso está diseñado en cuatro módulos:

1. Pretratamiento
2. Tratamiento aeróbico
3. Desinfección
4. Disposición y Efluente

- ▀ **Plantas de tratamiento (Paquete).**- El Aeropuerto Internacional de Cancún para aquellas instalaciones donde por la distancia no llega la red de drenaje, tiene instaladas plantas tipo paquete que permite tratar las aguas residuales, las plantas con las que cuenta son las siguientes:

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Edificio Administrativo de ASUR, está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Planta de tratamiento de Aguas Residuales Área de Servicios Complementarios: está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Planta de tratamiento de Aguas Residuales CREI SATÉLITE: está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los sanitarios de las aeronaves (aguas azules) en la planta de tratamiento de Terminal 2, se cuenta con un sistema de pre tratamiento (cárcamo) por medio de dilución a base de agua, con el cual se reduce la agresividad de los productos químicos al sistema de tratamiento biológico.

d) Suministro de agua

El Aeropuerto obtiene agua para cada una de sus terminales (1, 2, 3 y Aviación General) de diferentes fuentes.

- ▶ **Terminal 1.-** proviene de pozo y se deposita en cisterna con una capacidad de 60 m³, de donde es extraída y distribuida mediante un sistema hidroneumático.
- ▶ **Terminal 2.-** proviene de pozo y se deposita en cisterna con una capacidad de 100 m³ de donde es extraída y tratada a través de procesos físicos y químicos para dar la calidad de uso en servicios distribuyéndola mediante la utilización de sistema hidroneumático.
- ▶ **Terminal 3.-** Se extrae agua de dos pozos. El agua extraída es depositada en una cisterna para agua cruda con capacidad de 100 m³, de esta cisterna se pasa a otra también de 100 m³ de capacidad pero con un pre-tratamiento de filtrado y suavizado. En su última fase de tratamiento, pasa por un filtro de carbón activado antes de ser depositada en una cisterna más pero de 500 m³. Así mismo, se extrae agua salobre de 4 pozos para la operación los equipos intercambiadores de calor (Chillers) para generar el aire acondicionado del edificio.

e) Energía eléctrica

El aeropuerto cuenta con trece subestaciones eléctricas de conmutación inmediata que pueden suministrar energía en caso de que ocurra algún fallo en la energía comercial suministrada por la Comisión Federal de Electricidad; con capacidad suficiente para abastecer a todo el aeropuerto y las terminales.

2.1.5. Inversión requerida

La inversión estimada para la implementación de los trabajos proyectados asciende a la cantidad de \$16'636,480.00 (son dieciséis millones, seiscientos treinta y seis mil, cuatrocientos ochenta de pesos 00/100 M.N.), los cuales estarán destinados a la contratación de mano de obra, compra de materiales y renta de maquinaria, necesarios para la ejecución del proyecto en todas sus etapas. Por otra parte, se contempla destinar un 5% del costo total del proyecto a actividades de tipo ambiental, a fin de compensar los impactos generados al medio ambiente por las diversas actividades que contempla el proyecto, lo cual implica un monto de \$831,824.00 (son ochocientos treinta y un mil, ochocientos veinticuatro pesos 00/100 M.N.)

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

2.1.6. Dimensiones del proyecto

El proyecto se ejecutará dentro del terreno concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún que es de 1,075.55 ha, dentro de las cuales se utilizará un área de 4.41 ha, representando apenas el 0.41 % del área concesionada.

El proyecto estará dividido en cuatro polígonos, los cuales estarán conformados por las siguientes obras:

▮ Polígono 1

Se contempla una superficie de 33,848.07 m² que se subdividirá en 8 lotes, cada uno de 4,231.00 m². Cada lote contará con oficinas administrativas y de atención a clientes, así como plataforma para el almacenamiento y resguardo de automóviles.

Los lotes contarán con los servicios básicos para su funcionamiento, como son: agua potable, servicios sanitarios, drenaje sanitario, drenaje pluvial, electricidad, voz y datos.

En cada lote se contempla integralmente el desarrollo de áreas verdes con el fin de conservar el paisaje. Se utilizará pasto San Agustín sobre una capa de tierra negra de 10 cm de espesor, así como especies nativas y algunas especies de ornato.

▮ Polígono 2

Se contempla una superficie de 4,714.02 m², donde se considera crear un área para reubicar una de las arrendadoras ya existentes, en su totalidad.

▮ Polígono 3

Se contempla una superficie de 2,723.92 m², en la cual se pretende crear una plataforma como área de almacenamiento o resguardo de autos.

▮ Polígono 4

Se contempla una superficie de 2,830.68 m², en la cual se pretende crear una plataforma como área de almacenamiento o resguardo de autos.

Lo antes mencionado se desglosa en la siguiente tabla:

POLÍGONOS DE APROVECHAMIENTO			
POLÍGONOS	USO	SUPERFICIE (m²)	PORCENTAJE (%)
POLÍGONO 1	Lotificación	33,848.07	76.72
POLÍGONO 2	Reubicación de arrendadora	4,714.02	10.69
POLÍGONO 3	Plataforma de resguardo	2,723.919	6.17
POLÍGONO 4	Plataforma de resguardo	2,830.685	6.42
TOTAL		44,116.69	100.00

2.1.7. Representación gráfica regional

A nivel regional el predio del proyecto se ubica dentro de la Región Hidrológica RH-32; Cuenca Quintana Roo y la microcuenca Cancún, tal como se observa en el plano de la página siguiente.

2.1.8. Representación gráfica local

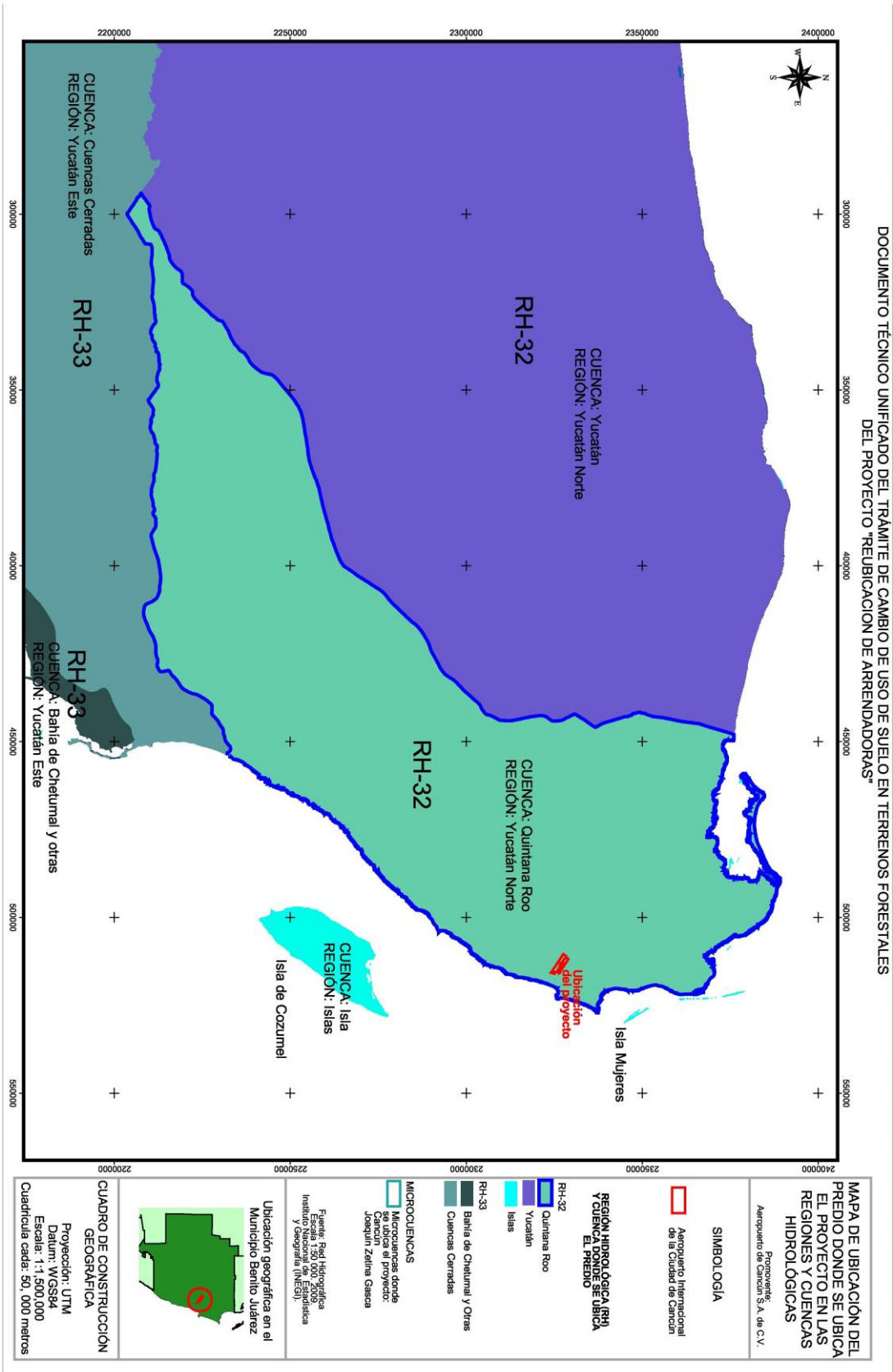
En los planos de las páginas 14 y 15 se presenta la ubicación del predio del proyecto a nivel local, es decir, dentro del Estado de Quintana Roo y el Municipio de Benito Juárez.

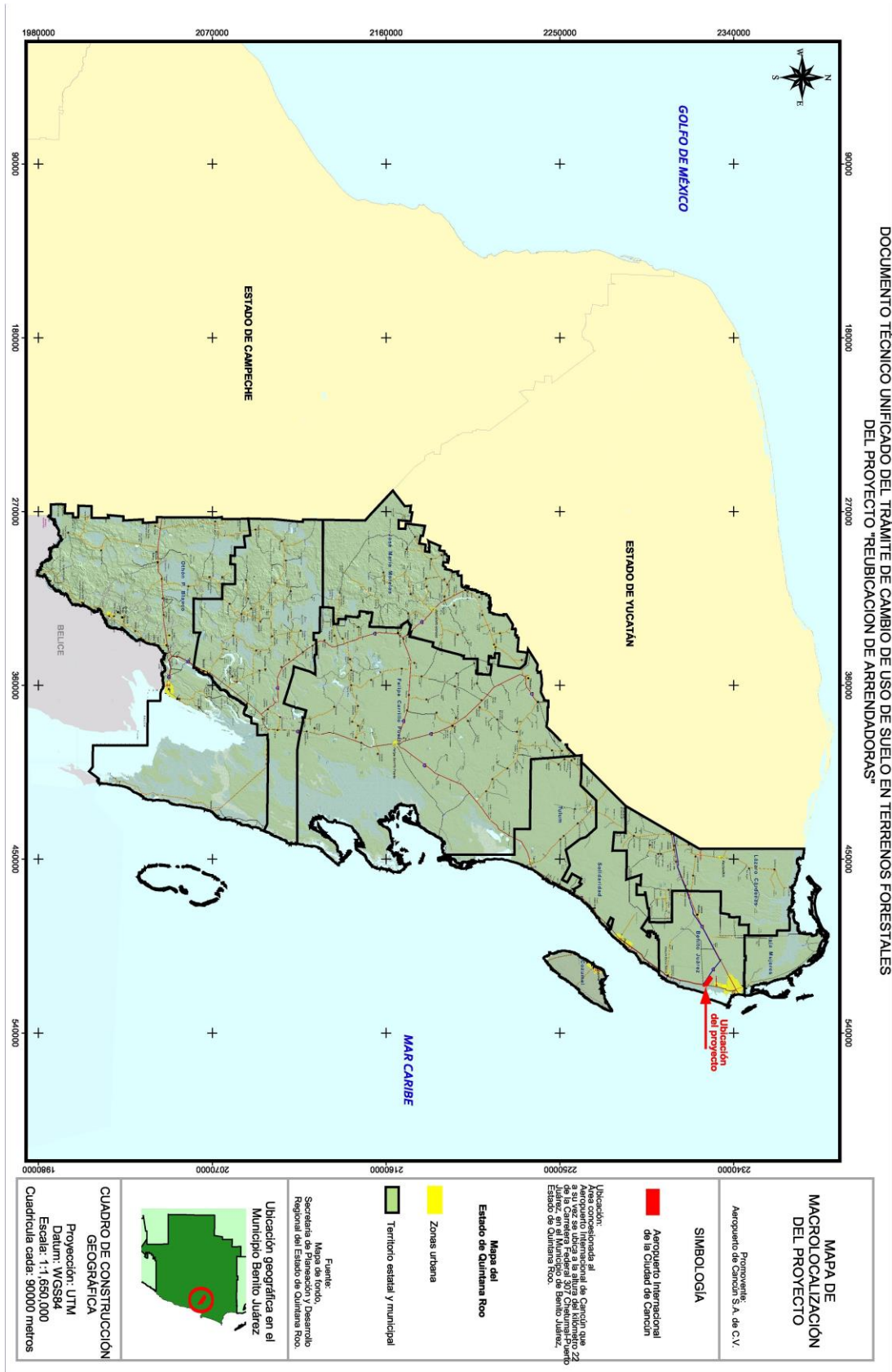
2.1.9. Preparación del sitio

Las actividades requeridas durante las etapas preliminares o de preparación del sitio, consistirán básicamente en el rescate de flora y fauna silvestre de lento desplazamiento; trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento; acondicionamiento del vivero; seguido del desmonte total y posterior despalme e informe de finiquito, entre otras. A continuación se describen las actividades más importantes que se llevarán a cabo.

▸ **Aviso de inicio de actividades**

Se dará aviso a las autoridades ambientales del inicio de las actividades de cambio de uso de suelo contempladas para el desarrollo del proyecto.







▸ **Trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento**

Se efectuará el trazo, delimitación y marcaje de las áreas destinadas a desmontar a través del método de levantamiento directo denominado Geodésico o Topográfico, el cual consiste en el levantamiento geodésico y/o topográfico que comprende una serie de medidas efectuadas en campo, cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre.

Esta actividad implica la medición con apoyo en satélites, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y procedimientos tradicionales tales como: poligonación, triangulación, trilateración, radiación o la combinación de éstos con equipos de medición de alta precisión. El levantamiento topográfico se sujetará a las normas técnicas emitidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática para levantamientos geodésicos.

▸ **Rescate de flora silvestre**

Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Flora Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa en el capítulo 8, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

▸ **Rescate de fauna silvestre**

Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Fauna Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa en el capítulo 8, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

▸ **Vivero rústico provisional**

Para acopiar y resguardar las plantas provenientes de las áreas que se pretenden desmontar, se establecerá un vivero rústico provisional. En este sitio se realizará también el acopio de suelo y material triturado que se obtenga de las áreas de desmonte para ser reutilizados en los sitios que se dispongan para tal fin. Para la operación y mantenimiento del vivero, se empleará personal que laborará en el mismo de manera permanente hasta concluir las actividades de cambio de uso de suelo.

▸ **Desmonte del sitio**

El desmonte de la vegetación se realizará una vez que sean liberadas las áreas por el personal encargado de realizar el rescate de flora y fauna silvestre. Hay que considerar

que el desmonte se realizará en forma gradual y por etapas, lo que permitirá ajustar el desplante para evitar afectaciones directas a la flora y fauna silvestre.

El desmonte se realizará con la ayuda de herramientas mecánicas y manuales como motosierra, hacha y machete, así como el empleo de maquinaria (tipo bulldozer y retroexcavadoras), y vehículos de 3 toneladas de carga. Esta actividad implica el siguiente proceso:

1. Corte o talado de individuos de porte arbustivo y altura considerable (árboles), por una sección próxima al suelo (entre 10 y 20 cm). Esta operación se ejecuta por medio de motosierra.
2. Separación del fuste y el follaje. Se ejecuta por medio de motosierras.
3. Acopio de los fustes con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.
4. Desbroce a través de la separación de los brazos del follaje y se ejecuta por medio de motosierras.
5. Retiro de tocones y raíces con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

▸ **Despalme**

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de edificios. El espesor de la capa a despalmar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso. El despalme se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II.

Material tipo I. Son los materiales fácilmente excavables con pala de mano y sin necesidad de emplear zapapico, aunque esto se use para aumentar los rendimientos. También los que son fácilmente excavables con equipo mecánico ligero, como draga de arrastre, cargador frontal o retroexcavadora montados en tractores de orugas con cuchillas angulares o arado desgarrador para aflojar el material.

Material tipo II. Son los materiales de dureza y contextura tal que no pueden ser económicamente atacados con solo el empleo de pala de mano, pero sí lo son con ayuda de zapapico; con equipo mecánico sin el uso previo de explosivos.

El despalme desalojará vegetación herbácea, la tierra y piedras del sustrato en las áreas de aprovechamiento. La maquinaria utilizada en esta fase de los trabajos será del tipo tractor de orugas y/o trascabo. Se despalmará el sitio hasta una profundidad de

aproximadamente 30 cm, desalojando la capa superficial del terreno natural, de esta manera se elimina el material que se considere inadecuado.

El retiro de la tierra vegetal consistirá en extraer toda la capa de la misma que contenga material orgánico. El suelo resultante del despalme será rescatado y resguardado dentro de las áreas de aprovechamiento para su uso posterior.

▸ Nivelación y compactación de la plataforma

Después de retirar la capa que contiene materia vegetal y/o al excavar hasta la profundidad que permita alojar la estructura de la capa subrasante y del pavimento rígido que se va a construir para las plataformas, se conformará de acuerdo a la sección transversal correspondiente y a los niveles de proyecto para servir como suelo de cimentación.

La capa superior de 0.15 m., de espesor del suelo expuesto, se compactará con pasadas de rodillo liso vibratorio (CA-25 ó similar) hasta conseguir la compactación al (95% Proctor) de su peso volumétrico seco máximo determinado por la prueba AASHTO estándar aprovechando la humedad natural o incorporando agua a la superficie.

2.1.10. Construcción

▸ Construcción de oficina

Construcción a base de cimentación de mampostería, con cadenas de desplante.

Las oficinas, se construirá con los métodos tradicionales. Los muros tendrán un recubrimiento de mezcla para protegerlos de la intemperie y de la humedad, para nivelar las losas de piso, se colarán firmes de concreto hasta de 0.05 m. de espesor. Los acabados de los muros serán a base de pasta y pintura vinílica. La losa se construirá a base de vigueta con bovedilla y concreto; y para la protección contra las lluvias se aplicara impermeabilizante.

Pisos: Los pisos serán de mármol de primera calidad (para tráfico pesado).

▸ Plataforma para resguardo de automóviles:

Se realizará el relleno con material de la zona (sah cab) para la elaboración del cuerpo de terraplén (nivelación y compactación) de la superficie para la plataforma dicho material

pétreo se obtendrá de bancos autorizados, la plataforma tendrán una estructura del pavimento rígido debiendo llevar en este caso carpeta asfáltica. Sobre la sub-base impregnada se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.8 l/m², posteriormente se colocará una carpeta de 0.1 m. de espesor de concreto asfáltico.

Para llevar a cabo la elaboración de la carpeta asfáltica de las plataformas, se tomará en cuenta la norma (3.01.03.081-H.02) establecida por la S.C.T. considerando lo siguiente:

Tendrá una estructura del pavimento rígido debiendo llevar en este caso carpeta asfáltica. Sobre la sub-base impregnada se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.8 l/m², posteriormente se colocará una carpeta de 10 cm de espesor de concreto asfáltico.

Esta carpeta deberá cumplir en su acabado con lo dispuesto en el libro 3.01.03 Pavimentos, Capítulo 3.1.03.081.

El agregado pétreo en la mezcla deberá tener un tamaño máximo de 19 mm, y su composición granulométrica se obtendrá mediante separación por cribado a los tamaños convenientes y dosificación adecuada para lograr una curva dentro de la zona especificada, sin variaciones bruscas. El cemento asfáltico será AC-20.

La mezcla se elaborará en planta estacionaria y dosificada en peso y el agregado bituminoso (AC-20) deberá ser incorporado homogéneamente al agregado pétreo caliente en la proporción determinada en laboratorio por el método Marshall, logrando un valor de estabilidad de 700 o mayor. Al producir la carpeta, la compactación se llevará hasta alcanzar el 95% de la prueba Proctor.

Servicios sanitarios: Contarán con wc y lavabos, los fluxómetros contarán con sensor eléctrico, los ovalines serán de empotrar en una meseta de concreto pulido con cubierta de mármol, las llaves para lavabo serán de sensor eléctrico.

Áreas verdes: El presente proyecto contempla integralmente el desarrollo de áreas verdes con el fin de conservar el paisaje, se utilizará pasto San Agustín sobre una capa de tierra negra de 10 cm. de espesor, especies nativas y algunas especies de ornato, otra parte destinada como áreas verdes se conservará la vegetación natural para tener las áreas permeables.

Agua: El suministro de agua se proporcionará desde la red existente en el aeropuerto, el cual se obtiene de diferentes fuentes. En Terminal 2; el agua extraída es depositada en una cisterna para agua cruda con capacidad de 100 m³, de esta cisterna se pasa a otra también de 100 m³ de capacidad pero con un pretratamiento a base de filtración y ablandamiento. En su última fase de tratamiento, pasa por un filtro de carbón activado antes de ser depositada en una cisterna más grande de 500 m³.

Drenaje sanitario: este drenaje conducirá las aguas residuales generadas por los sanitarios de las oficinas, por medio de tubería y conexiones de PVC sanitario de 6", las aguas residuales serán enviadas al cárcamo ubicado en el estacionamiento del edificio administrativo de ASUR y de ahí a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Drenaje pluvial: para la recolección de aguas pluviales se instalarán bajadas de PVC sanitario tipo pesado los cuales irán conectados a pozos de absorción, por medio de registros de concreto, localizados a cada 40 metros.

Electricidad: La acometida eléctrica trifásica a 220 Volts de acuerdo a la carga eléctrica calculada y destinada para cada lote. La instalación eléctrica contará con un transformador de la capacidad requerida y una planta de emergencia. La instalación se dividirá para que haya una red de emergencia para los equipos que así lo requieran y una red normal, las canalizaciones serán con tubería oculta de PVC Conduit tipo pesado marca REX, Omega, Duralon o similar; los conductores están calculados con amplio margen de capacidad, serán marca Condumex, Conductores Monterrey, Latincasa, o similar. Toda la instalación estará perfectamente aterrizada y se utilizarán lámparas de bajo consumo, del tipo LED's.

Voz y datos: El suministro de sistemas de voz y datos se proporcionara desde la red existente en el aeropuerto.

2.1.11. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

a) Astillado

El material producto del desmonte y despalme será enviado a las áreas de astillado, en donde los trocos, ramas y raíces serán reducidos en tamaño para su utilización en la elaboración de composta, la cual será utilizada como abono en las áreas ajardinadas del proyecto; una vez que se concluya el astillado las instalaciones serán desmanteladas y retiradas del área del proyecto.

b) Instalaciones sanitarias

Se colocarán sanitarios portátiles considerando un sanitario por cada 15 trabajadores, este tipo de instalaciones serán provistas por un proveedor externo, quien a su vez proporcionará mantenimiento y retiro del sitio cuando ya no sean requeridas.

2.1.12. Operación

La operación de esta obra consistirá básicamente en el uso de las instalaciones para el resguardo de vehículos de renta; así como para la prestación de dicho servicio a través de instalaciones adecuadas para los usuarios del aeropuerto.

2.1.13. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

No se tiene contemplado el abandono del proyecto, en por lo menos 30 años que es el tiempo estimado de vida útil del mismo. Así mismo, en caso de que la promovente pretenda continuar operando el proyecto, se llevarán a cabo los trámites y gestiones correspondientes para solicitar una ampliación de dicho plazo para continuar ejecutando la etapa operativa. En caso contrario, se presentará ante esta H. Autoridad, el programa de abandono del sitio correspondiente.

2.1.14. Programa de trabajo

El proyecto se estima realizar en 4 años durante sus etapas de preparación del sitio y construcción, e incluye las siguientes actividades.

ACTIVIDADES	PRIMER AÑO												SEGUNDO AÑO												TERCER AÑO												CUARTO AÑO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Evaluación del estudio de Impacto Ambiental	■	■	■	■																																													
PREPARACIÓN DEL SITIO																																																	
Rescate de flora y fauna					■	■	■	■	■																																								
Colocación de tapial											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																									
limpieza del terreno																																																	
Desmonte y despalme																																																	
Trazo y nivelación																																																	
CONSTRUCCIÓN																																																	
Excavación y terracerías																																																	
Urbanización (línea hidráulica, sanitaria, pluvial, pavimentación, alubrado)																																																	
Edificación (oficinas, sanitarios, bardas)																																																	
Conformación de áreas verdes.																																																	
Limpieza General																																																	
OPERACIÓN																																																	
Uso de las edificaciones																									DURANTE LA VIDA ÚTIL																								
Descarga de aguas residuales																									DURANTE LA VIDA ÚTIL																								
Manejo de residuos peligrosos o sólidos																									DURANTE LA VIDA ÚTIL																								
MANTENIMIENTO																																																	
De las edificaciones																									DURANTE LA VIDA ÚTIL																								
De las áreas verdes																									DURANTE LA VIDA ÚTIL																								

En lo que concierne a la etapa operativa del proyecto, esta iniciará una vez cumplidos los 48 meses de las etapas de preparación del sitio y construcción, y finalizará hasta alcanzar su vida útil estimada en 30 años.

2.1.15. Personal requerido para la obra

PREPARACIÓN DEL SITIO	
TIPO DE EMPLEO	CANTIDAD
Topógrafo	2
Ayudante de topógrafo	2
Operador	2
Ayudante general	2
TOTAL	8

CONSTRUCCIÓN	
TIPO DE EMPLEO	CANTIDAD
Ayudante general	7
Cabo de oficio	2
Carpintero de obra	3
Oficial pintor	1
Ayudante de pintor	1
Oficial albañil	1

CONSTRUCCIÓN	
TIPO DE EMPLEO	CANTIDAD
Peón	14
Operador equipo menor	4
Oficial electricista	1
Oficial pailero y soldador	1
Ayudante de especialista	1
Ayudante de pailero y tubero	7
Oficial especialista pailero y tubero	7
Oficial especializado	1
TOTAL	51

OPERACIÓN	
TIPO DE EMPLEO	CANTIDAD
Gerente general	2
Oficinistas	10
Atención al cliente	10
Promotores	10
Operadores de vehículos	25
Diligenciero	4
Personal de limpieza	5
Personal de mantenimiento	5
Personal de jardinería	3
TOTAL	74

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores, el proyecto generará un total de 133 empleos, de los cuales 74 serán permanentes y 59 temporales. Así mismo, 8 empleos se producirán en la etapa de preparación del sitio, 51 en la etapa constructiva y 74 en la etapa operativa.

2.2. DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CAMBIO DE USO DE SUELO

La superficie propuesta para el cambio de uso de suelo, incluye la remoción total de vegetación forestal dentro de los 4 polígonos de aprovechamiento destinados a la reubicación de las arrendadoras de autos, los cuales cubren una superficie total de 44,116.69 m² (**4.41 ha**).

En las siguientes tablas se presentan los vértices del área de CUSTF (Coordenadas proyectadas en unidades UTM, referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte, México), dentro de cada polígono de aprovechamiento propuesto.

POLÍGONO 1 DE CUSTF		
VÉRTICES	X	Y
1	513261.56981	2326916.88271
2	513335.63180	2327028.15899
3	513546.49002	2326887.23059
4	513472.42840	2326776.32550
SUPERFICIE: 33,848.07 m²		

POLÍGONO 2 DE CUSTF		
VÉRTICES	X	Y
1	513489.36589	2326705.83230
2	513470.68078	2326709.28662
3	513442.71468	2326691.88549
4	513389.26598	2326715.18655
5	513432.65112	2326773.27405
6	513482.04478	2326740.52524
7	513485.75155	2326737.57198
8	513488.88919	2326734.01991
9	513491.36234	2326729.97695
10	513493.09588	2326725.56596
11	513493.42134	2326724.36327
SUPERFICIE: 4,714.02 m²		

POLÍGONO 3 DE CUSTF		
VÉRTICES	X	Y
1	513291.06397	2326814.07156
2	513265.46866	2326775.32440
3	513216.52548	2326807.65492
4	513242.12078	2326846.40208
SUPERFICIE: 2,723.919 m²		

POLÍGONO 4 DE CUSTF		
VÉRTICES	X	Y
1	513081.24429	2326857.26792
2	513083.87419	2326855.53826
3	513095.27397	2326870.78572
4	513094.79710	2326877.87465
5	513103.65992	2326891.35036
6	513108.27448	2326889.24425
7	513109.75677	2326890.86030
8	513106.11837	2326899.88337
9	513128.21827	2326928.02990
10	513126.39175	2326936.11283
11	513152.52848	2326966.84232
12	513176.14473	2326951.39545
13	513152.59945	2326915.38410
14	513139.19881	2326923.58679
15	513114.61769	2326886.45775
16	513122.99615	2326881.13104
17	513096.17906	2326841.45844
18	513078.49612	2326853.08938
SUPERFICIE: 2,830.685 m²		

Cabe mencionar que con el desarrollo del cambio de uso de suelo propuesto, se removerá vegetación de Selva mediana subperennifolia, como se muestra en el plano de la página siguiente.

En las páginas subsiguientes se presenta el plano georreferenciado en donde se muestra la distribución y superficie de los polígonos de CUSTF propuestos, así como el plano donde se muestran dichos polígonos dentro del predio concesionado al aeropuerto.







2.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR ESPECIE DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

2.3.1. Actividades preliminares

Para llevar a cabo la estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo, una de las primeras actividades consistieron en identificar los límites de los polígonos de aprovechamiento mediante el GPS; una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación, así como las condiciones en las que ésta se encontraba.



2.3.2. Diseño del muestreo

Con la finalidad de obtener las características dasonómicas de las materias primas forestales existentes en la superficie de CUSTF, se llevó a cabo un muestreo sistemático a través de cuadrantes anidados (modificado de Brower y Zar, 1977); con base en esta metodología cada sitio o parcela de muestreo se dividió en tres cuadrantes sobrepuestos cubriendo una superficie de 900 m² por cada sitio.

En cada sitio de muestreo la toma de datos se realizó iniciando con un cuadrante superior o principal de 900 m² (30 m x 30 m), para el registro de individuos presentes en el estrato arbóreo con DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 10 cm; posteriormente las mediciones se llevaron a cabo en un subcuadrante o cuadrante secundario de 25 m² (5 m x 5 m), para el registro de individuos presentes en el estrato arbustivo con DAP menor a 10 cm; y finalmente el inventario se realizó a nivel del estrato herbáceo en un subcuadrante o cuadrante secundario de 1 m² (1 m x 1 m), mediante el cual se registraron las plantas herbáceas y plántulas de las distintas especies arbóreas y arbustivas presentes en el área de estudio, considerando datos como altura y cobertura por individuo.

Se optó por seleccionar el método de muestreo sistemático, considerando que en toda la superficie de aprovechamiento propuesta, se desarrolla un solo tipo de vegetación correspondiente a Selva mediana subperennifolia, es decir, no existen ni se diferencian estratos en el ecosistema.

En el presente apartado sólo se consideraron los valores obtenidos para el arbolado adulto (estrato arbóreo) y el arbolado joven (estrato arbustivo), considerando que los individuos que los componen presentan área basal, un valor necesario para el cálculo del volumen.

En la siguiente tabla se especifican las características de los cuadrantes utilizados en el muestreo.

CUADRANTE DE MUESTREO		
SUPERFICIE	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES DEL INVENTARIO
900 m ² (30 x 30 m)	1 Principal	Registro de individuos con DAP igual o mayor a 10 cm
25 m ² (5 x 5 m)	1 Secundario	Registro de individuos con DAP menores a 10 cm
1 m ² (1 x 1 m)	1 Secundario	Registro de plantas herbáceas y plántulas

De acuerdo con la metodología descrita con antelación, para el inventario completo se muestrearon 7 sitios o parcelas de muestreo para cada estrato de la vegetación, es decir, 7 cuadrantes principales para el estrato arbóreo, 7 cuadrantes secundarios para el estrato arbustivo y 7 cuadrantes secundarios para el estrato herbáceo. En la siguiente tabla se presentan los vértices de los sitios de muestreo utilizados para el inventario forestal.

SITIOS DE MUESTREO		
SITIOS	X	Y
1	513148.688	2326937.498
2	513320.000	2326920.000
3	513400.000	2326920.000
4	513253.795	2326810.863
5	513400.000	2326840.000
6	513480.000	2326840.000
7	513440.231	2326734.022

2.3.3. Intensidad del muestreo

Considerando que se inventariaron 7 sitios de muestreo de 900 m² cada una (6,300 m² en total), entonces la intensidad de muestreo fue del 14.28% con respecto a la superficie de cambio de uso de suelo que se solicita para el presente proyecto.

2.3.4. Registro de variables

Como se mencionó anteriormente, la comunidad inventariada incluyó a todos los ejemplares con un diámetro normal a la altura del pecho (DAP) a 1.30 metros de altura total. Las variables dasométricas registradas en el inventario forestal fueron las siguientes:

▸ *Sitio de muestreo*



▸ *Número de individuo (registro)*



▸ *Diámetro normal (DAP) en centímetros*



▸ *Altura total en metros.*



Así mismo, se llevó a cabo el registro del nombre común y el nombre científico de las especies identificadas, así como su estado fitosanitario (vivo, derribado, muerto, etc.).

2.3.5. Equipo utilizado

Para la realización de la toma de datos se utilizó el siguiente equipo y materiales:

▸ *Cinta diamétrica*



▸ *Cinta métrica*



▸ *Machete*



▸ *Geoposicionador satelital*



▸ *Cámara fotográfica digital*

▸ *Libreta de campo*



▸ *Crayones industriales*



▸ *Pintura en aerosol*



2.3.6. Volumen estimado de las materias primas forestales

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. En el árbol individual pueden identificarse diferentes categorías de volumen. El árbol completo, esto es considerando todos los componentes, constituye el volumen total; todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado constituyen el volumen comercial; el volumen de desechos está conformado por secciones maderables del árbol que presentan defectos y dimensiones menores o no comerciales; también existe la denominación de volumen bruto, cuando se estima el volumen total hasta un diámetro comercial (dlu: diámetro límite de utilización) incluyendo defectos; y si a este último le descontados los defectos, se obtiene el volumen neto. Esos volúmenes pueden expresarse con o sin corteza.

Para la estimación del volumen de las materias primas forestales que derivarán del cambio de uso de suelo, se tomaron en consideración los siguientes criterios:

1. En la zona norte del Estado de Quintana Roo no se cuenta con tablas de volúmenes que permitan calcular de manera precisa el volumen total árbol de las especies nativas existentes en el predio.
2. Los datos dasométricos, es decir el diámetro a la altura del pecho y la altura del fuste, permiten el cálculo del volumen considerando la forma de un cilindro, pero hay que tomar en cuenta que el diámetro del fuste disminuye conforme aumenta la altura de éste. Esto significa que el volumen del fuste siempre es menor al volumen de un cilindro. El factor que refleja esta diferencia es el coeficiente mórfico mismo que oscila entre 0.5 y 0.7.
3. Se debe considerar las puntas, ramas, tocones, brazuelos y leña, que representan un volumen considerable del árbol y que tienen diversos usos, destacando la producción de carbón vegetal o artesanías.

Visto lo anterior, se optó por estimar el Volumen Total Árbol (VTA) de las materias primas forestales, ya que este incluye la corteza del árbol, fuste, puntas y ramas. La estimación se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$V.T.A.= g * ht * ff$$

Donde

V. T. A.= Volumen total árbol

g= área basal

ht= altura total

ff= factor de forma

Como se mencionó anteriormente, el factor de forma o coeficiente mórfico (ff), oscila entre 0.5 y 0.7, considerando que el fuste de un árbol se asemeja a la forma de un cilindro, pero conforme aumenta la altura de este, se reduce su diámetro asemejando un cono (tipo dendrométrico del fuste), entonces se ha optado por usar un coeficiente de forma igual a **0.5**, como una media estandarizada, de acuerdo con la siguiente tabla:

FACTOR DE FORMA SEGÚN SU FUSTE

TIPO DENDROMÉTRICO DEL FUSTE	FACTOR DE FORMA
<i>Cilíndrico</i>	$ff \geq 0,85$
<i>Paraboloide</i>	$0,85 \geq ff \geq 0,70$
<i>Cono</i>	$0,70 \geq ff \geq 0,50$
<i>Neiloide</i>	$0,50 \geq ff \geq 0,35$

Visto lo anterior, a continuación se presentan las existencias de volumen total árbol, definido como el volumen que suman todos los árboles con diámetro a la altura del pecho a 1.30 mts de altura, desde la base hasta la altura total reportada. La información se presenta por estrato, por hectárea, y por superficie de cambio de uso de suelo.

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBÓREO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m ²)			SUP. DE CUSTF (44,116.69 m ²)		
	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)
<i>Acacia dolichostachya</i>	3	0.066	0.225	14	0.293	0.993
<i>Brosimum alicastrum</i>	11	0.247	0.989	49	1.091	4.364
<i>Bursera simaruba</i>	30	0.476	1.806	133	2.102	7.967
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	0.021	0.073	7	0.092	0.320
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2	0.014	0.042	7	0.062	0.185
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	3	0.066	0.281	14	0.292	1.238
<i>Ceiba aesculifolia</i>	6	0.118	0.458	28	0.519	2.022
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	6	0.070	0.244	28	0.308	1.077
<i>Coccoloba barbadensis</i>	5	0.341	1.809	21	1.505	7.982

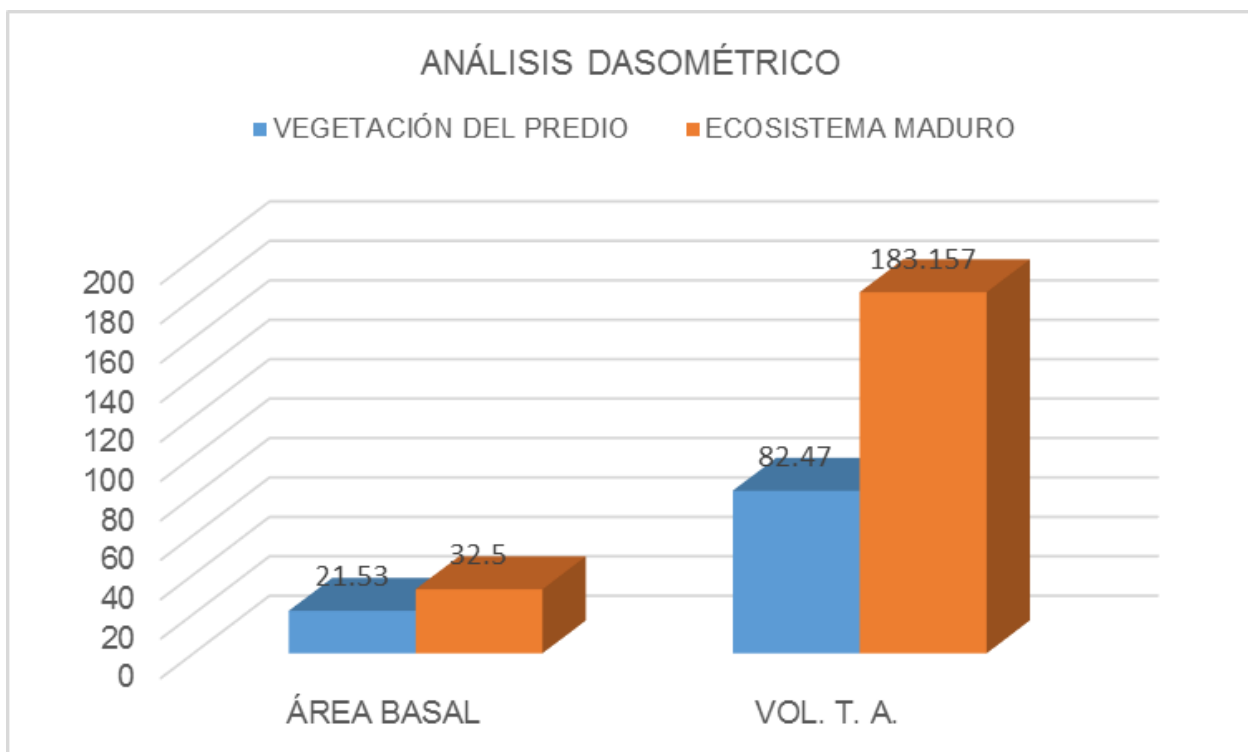
VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBÓREO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m ²)			SUP. DE CUSTF (44,116.69 m ²)		
	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)
<i>Coccoloba spicata</i>	6	0.123	0.437	28	0.542	1.926
<i>Cordia dodecandra</i>	2	0.013	0.038	7	0.056	0.168
<i>Dendropanax arboreus</i>	3	0.049	0.198	14	0.218	0.873
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	0.027	0.081	14	0.119	0.356
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	1.357	6.736	21	5.985	29.715
<i>Eugenia trikii</i>	10	0.132	0.405	42	0.584	1.785
<i>Ficus cotinifolia</i>	2	0.030	0.103	7	0.130	0.457
<i>Ficus maxima</i>	22	0.470	1.742	98	2.073	7.683
<i>Ficus obtusifolia</i>	29	1.728	8.870	126	7.625	39.134
<i>Gliricidia sepium</i>	3	0.049	0.139	14	0.216	0.614
<i>Guettarda elliptica</i>	29	0.451	1.408	126	1.988	6.211
<i>Gymnopodium floribundum</i>	17	0.189	0.470	77	0.835	2.073
<i>Hampea trilobata</i>	2	0.017	0.048	7	0.077	0.211
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	0.025	0.101	7	0.111	0.444
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10	0.180	0.801	42	0.796	3.534
<i>Lonchocarpus xuul</i>	3	0.033	0.100	14	0.148	0.443
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	2	0.033	0.098	7	0.144	0.433
<i>Malpighia glabra</i>	2	0.029	0.117	7	0.129	0.515
<i>Manilkara zapota</i>	111	5.187	23.952	490	22.882	105.670
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	5	0.126	0.528	21	0.557	2.331
<i>Matayba oppositifolia</i>	5	0.054	0.157	21	0.236	0.694
<i>Metopium brownei</i>	76	1.582	6.150	336	6.980	27.133
<i>Nectandra coriacea</i>	2	0.013	0.045	7	0.056	0.196
<i>Ottoschulzia pallida</i>	8	0.144	0.515	35	0.635	2.272
<i>Piscidia piscipula</i>	19	0.601	2.235	84	2.650	9.861
<i>Platymiscium yucatanum</i>	2	0.013	0.058	7	0.057	0.257
<i>Pouteria campechiana</i>	13	0.182	0.679	56	0.803	2.993
<i>Pouteria reticulata</i>	8	0.067	0.216	35	0.297	0.954
<i>Protium copal</i>	2	0.042	0.146	7	0.184	0.645
<i>Psidium sartorianum</i>	2	0.012	0.044	7	0.055	0.192
<i>Randia longiloba</i>	2	0.035	0.176	7	0.155	0.776
<i>Sabal yapa</i>	2	0.037	0.111	7	0.163	0.488
<i>Simarouba amara</i>	3	0.057	0.229	14	0.253	1.012
<i>Swartzia cubensis</i>	10	0.248	1.078	42	1.094	4.758
<i>Thevetia gaumeri</i>	3	0.033	0.100	14	0.147	0.441
<i>Thouinia paucidentata</i>	3	0.059	0.176	14	0.259	0.778
<i>Vitex gaumeri</i>	81	1.650	6.430	357	7.281	28.366
<i>Zuelania guidonia</i>	5	0.063	0.245	21	0.279	1.082
TOTALES	576	16.56	71.09	2,542	73.06	313.62

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBUSTIVO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m ²)			SUP. DE CUSTF (44,116.69 m ²)		
	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)	# DE IND	g (m ²)	V.T.A (m ³)
<i>Bauhinia divaricata</i>	57	0.0281	0.0281	252	0.124	0.124
<i>Brosimum alicstrum</i>	57	0.0145	0.0218	252	0.064	0.096
<i>Cnidocolus souzae</i>	57	0.0054	0.0057	252	0.024	0.025
<i>Coccoloba barbadensis</i>	114	0.0309	0.0489	504	0.136	0.216
<i>Coccoloba spicata</i>	286	0.2992	0.6699	1260	1.320	2.956
<i>Cordia dodecandra</i>	57	0.0180	0.0314	252	0.079	0.139
<i>Drypetes lateriflora</i>	400	0.2060	0.4025	1765	0.909	1.776
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	57	0.0088	0.0088	252	0.039	0.039
<i>Eugenia trikii</i>	400	0.2498	0.4545	1765	1.102	2.005
<i>Gliricidia sepium</i>	914	0.8303	1.9247	4034	3.663	8.491
<i>Guettarda combsii</i>	171	0.1198	0.3166	756	0.528	1.397
<i>Hampea trilobata</i>	57	0.0830	0.1992	252	0.366	0.879
<i>Jatropha gaumeri</i>	57	0.1078	0.3233	252	0.475	1.426
<i>Manilkara zapota</i>	229	0.1483	0.2251	1008	0.654	0.993
<i>Matayba oppositifolia</i>	171	0.1963	0.4499	756	0.866	1.985
<i>Metopium brownei</i>	57	0.0237	0.0415	252	0.105	0.183
<i>Nectandra coriacea</i>	286	0.0629	0.0932	1260	0.278	0.411
<i>Ottoschulzia pallida</i>	57	0.0489	0.0977	252	0.216	0.431
<i>Platymiscium yucatanum</i>	57	0.1955	0.4887	252	0.862	2.156
<i>Pouteria campechiana</i>	171	0.0900	0.1532	756	0.397	0.676
<i>Pouteria reticulata</i>	114	0.2916	0.6562	504	1.287	2.895
<i>Psidium guajava</i>	57	0.0045	0.0045	252	0.020	0.020
<i>Psidium sartorianum</i>	629	0.4365	1.0391	2773	1.926	4.584
<i>Randia longiloba</i>	114	0.0238	0.0357	504	0.105	0.157
<i>Sebastiania longicuspis</i>	171	0.2117	0.5840	756	0.934	2.576
<i>Swartzia cubensis</i>	171	0.1300	0.2182	756	0.574	0.963
<i>Vitex gaumeri</i>	457	0.7478	2.0486	2017	3.299	9.038
<i>Zuelania guidonia</i>	229	0.3530	0.8203	1008	1.557	3.619
TOTALES	5,657	4.97	11.39	24,957	21.91	50.25

En conclusión y de acuerdo con los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal; se estima un total de 27,499 individuos considerados como materias primas forestales (2,542 a nivel del estrato arbóreo, y 24,957 en el arbustivo), con un área basal total de 94.97 m² y un volumen total árbol de 363.87 m³ (considerando ambos estratos), que pueden obtenerse en la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

De los datos referidos en el párrafo anterior, podemos concluir que el ecosistema de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en la superficie de CUSTF se encuentra en un estado de desarrollo secundario, ya que el área basal promedio para bosques maduros de la Península de Yucatán está entre 11.9 y 32.5 m² por hectárea; y el volumen total árbol con corteza (vtacc) es de 183.157 m³ por hectárea (White y Hood, 2004)¹; siendo que el ecosistema estudiado dentro del predio, obtuvo un área basal de 21.53 m² por hectárea, y un volumen total árbol de 82.48 m³ por hectárea.

Lo antes mencionado se puede observar en el siguiente gráfico.



2.4. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA AL CAMBIO DE USO DEL SUELO

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Valor Económico Total (VET) de los recursos biológicos, es formalmente igual a la suma de todos los valores de uso directos e indirectos, más los valores de no-uso y de opción, de acuerdo con la siguiente expresión²:

¹Alfredo E. Tadeo Noble, *et al.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Volumen 5, Número 25, México. Sep. /Oct. 2014

² <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

$$VET = VUD + VUI + VO + VL + VE$$

Donde:

- ▶ **VUD= Valores de uso Directo.** Son los beneficios que resultan, entre otros, de los usos reales, tales como alimentos, abonos y pieles, así como usos culturales o rituales.
- ▶ **VUI= Valores de uso indirecto.** Son los beneficios derivados de las funciones del ecosistema. Por ejemplo, los servicios ambientales que provee la cobertura vegetal en un predio.
- ▶ **VO= Valores de opción.** Se derivan del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura. Es una especie de valor de seguro (dada la incertidumbre sobre el futuro y la aversión al riesgo) frente a la aparición de, por ejemplo, una nueva enfermedad animal o una sequía o cambio climático.
- ▶ **VL= Valores de Legado.** Miden el beneficio que recibe un individuo a partir del conocimiento de que otros se podrán beneficiar de un recurso en el futuro.
- ▶ **VE= Valores de Existencia.** Se derivan simplemente de la satisfacción de saber que existe un determinado activo o bien (p. ej., ballenas azules).

A continuación se presenta la valoración económica de los recursos biológicos, de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO, considerando todos los valores implicados en el cálculo final (VET).

2.4.1. VALORES DE USO DIRECTO (VUD):

a) Materias primas forestales maderables

Para la estimación de éste valor, consideramos el costo de las materias primas forestales que pueden derivar del área sujeta al cambio de uso de suelo, en el supuesto de que se obtenga un beneficio por la venta de la madera (uso directo), para lo cual se consideró el volumen comercial (VC) que se obtendría de la superficie de CUSTF; así como el volumen que se obtendría de las ramas primarias para la producción de leña; y finalmente el volumen del estrato arbustivo para la producción de carbón. Así mismo, se consideraron los “**Precios de productos forestales maderables**” presentados en el

reporte del tercer trimestre julio/septiembre de 2015³, emitido por la Comisión Nacional Forestal, tal como se describe a continuación:

1) Madera

En la siguiente tabla se presentan los cálculos obtenidos del volumen comercial que se obtendría en la superficie de cambio de uso de suelo con la remoción de la vegetación arbórea, los cuales se realizaron utilizando la siguiente ecuación:

$$VC = g * hfl * ff$$

Donde:

VC= volumen comercial

g= área basal

hfl= altura del fuste limpio o altura comercial

ff= factor de forma (0.5 conforme a lo descrito en el apartado que antecede)

CÁLCULOS DE VOLUMEN COMERCIAL		
ESPECIES	VC/HA	VC/CUSTF
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.088	0.390
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.478	2.108
<i>Bursera simaruba</i>	0.955	4.215
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.036	0.160
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.021	0.093
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.131	0.577
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.089	0.393
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.124	0.547
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1.135	5.006
<i>Coccoloba spicata</i>	0.147	0.648
<i>Cordia dodecandra</i>	0.013	0.056
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.124	0.545
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.019	0.083
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	2.602	11.480
<i>Eugenia tripii</i>	0.206	0.909
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.037	0.163
<i>Ficus maxima</i>	0.394	1.738
<i>Ficus obtusifolia</i>	3.883	17.132
<i>Gliricidia sepium</i>	0.085	0.374
<i>Guettarda elliptica</i>	0.789	3.479
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.141	0.623
<i>Hampea trilobata</i>	0.013	0.057
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.016	0.072
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.332	1.465
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.030	0.134

³<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/39/6205Reporte%20de%20Precios%20de%20Productos%20Forestales%20.pdf>

CÁLCULOS DE VOLUMEN COMERCIAL		
ESPECIES	VC/HA	VC/CUSTF
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.033	0.144
<i>Malpighia glabra</i>	0.066	0.290
<i>Manilkara zapota</i>	11.043	48.717
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	0.217	0.956
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.073	0.321
<i>Metopium brownei</i>	2.398	10.577
<i>Nectandra coriacea</i>	0.019	0.084
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.204	0.902
<i>Piscidia piscipula</i>	1.287	5.679
<i>Platymiscium yucatanum</i>	0.039	0.172
<i>Pouteria campechiana</i>	0.272	1.200
<i>Pouteria reticulata</i>	0.094	0.413
<i>Protium copal</i>	0.052	0.230
<i>Psidium sartorianum</i>	0.019	0.082
<i>Randia longiloba</i>	0.088	0.388
<i>Sabal yapa</i>	0.024	0.106
<i>Simarouba amara</i>	0.162	0.716
<i>Swartzia cubensis</i>	0.642	2.831
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.046	0.201
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.066	0.290
<i>Vitex gaumeri</i>	2.263	9.984
<i>Zuelania guidonia</i>	0.150	0.663
TOTAL	31.14	137.39

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, tenemos un volumen comercial de 137.39 m³ que se obtendrían a partir de las materias primas forestales que derivadas del cambio de uso de suelo, es decir, el volumen del árbol considerando sólo el fuste limpio o comercial de los árboles (no se consideran ramas, puntas o partes dañadas).

Una vez calculado el volumen comercial de las materias primas forestales, enseguida se presentan los precios de los productos forestales maderables, de acuerdo con la CONAFOR (2015), conforme a lo siguiente:

- a) Los precios que se presentan son en pesos mexicanos y son precios promedio ponderados.
- b) Los precios en clima tropical son ponderados por el volumen de la producción forestal maderable estatal de maderas preciosas.
- c) Para el clima tropical los estados incluidos son Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.



Precios de productos forestales maderables

OTRAS TROPICALES

Precios Libre a Bordo para trocería por metro cúbico

Obtenidos en:	Tipo de precio	Primario
Aserraderos	LAB en brecha	1,590.75
	LAB en aserradero	1,866.47
Predios	LAB en brecha	1,248.07

Precio Libre a Bordo (LAB). Sistema donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fábrica u otro punto de producción y el comprador paga todo el precio de transporte.

Para el caso particular del proyecto, sólo se considera el precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio (\$1,248.07 por m³), ya que esta se refiere a madera en rollo (Precio Libre a Bordo en brecha del metro cúbico: corresponde al precio de la trocería en el predio puesta en la brecha para ser cargada al camión); y dado que no se tiene la intención de transformar la madera en aserraderos.

Considerando todo lo antes mencionado, con un volumen comercial obtenido de 137.39 m³ que se obtendrían de la superficie de CUSTF y un precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio de \$1,248.07 por m³, entonces el valor económico de los recursos biológicos forestales para la obtención de madera, asciende a la cantidad de \$171,472.34 (son ciento setenta y un mil, cuatrocientos setenta y dos pesos 34/100 M. N.).

2) Leña

Se considera que las materias primas forestales que pueden ser utilizadas para la producción de leña, provienen de las ramas gruesas, brazuelos y puntas de árboles adultos. Estos componentes de un árbol corresponden, en forma general, al 16% del volumen total del árbol⁴, es decir, si le restamos el 16% al volumen total árbol obtenido de la superficie de CUSTF, entonces obtenemos el volumen de leña.

A continuación se presentan los valores de volumen para leña obtenidos conforme a la ecuación planteada.

⁴ Energía, Agua, Medio ambiente, Territorialidad y Sostenibilidad de Xavier Elias Castells. ISBN 978-84-9969-124-4.

VOLUMEN DE LEÑA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF		
ESPECIES	VOL. TOTAL (100%)	VOL. LEÑA (16%)
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.993	0.16
<i>Brosimum alicastrum</i>	4.364	0.70
<i>Bursera simaruba</i>	7.967	1.27
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.320	0.05
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.185	0.03
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1.238	0.20
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2.022	0.32
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.077	0.17
<i>Coccoloba barbadensis</i>	7.982	1.28
<i>Coccoloba spicata</i>	1.926	0.31
<i>Cordia dodecandra</i>	0.168	0.03
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.873	0.14
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.356	0.06
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	29.715	4.75
<i>Eugenia trikii</i>	1.785	0.29
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.457	0.07
<i>Ficus maxima</i>	7.683	1.23
<i>Ficus obtusifolia</i>	39.134	6.26
<i>Gliricidia sepium</i>	0.614	0.10
<i>Guettarda elliptica</i>	6.211	0.99
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2.073	0.33
<i>Hampea trilobata</i>	0.211	0.03
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.444	0.07
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3.534	0.57
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.443	0.07
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.433	0.07
<i>Malpighia glabra</i>	0.515	0.08
<i>Manilkara zapota</i>	105.670	16.91
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	2.331	0.37
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.694	0.11
<i>Metopium brownei</i>	27.133	4.34
<i>Nectandra coriacea</i>	0.196	0.03
<i>Ottoschulzia pallida</i>	2.272	0.36
<i>Piscidia piscipula</i>	9.861	1.58
<i>Platymiscium yucatanum</i>	0.257	0.04
<i>Pouteria campechiana</i>	2.993	0.48
<i>Pouteria reticulata</i>	0.954	0.15
<i>Protium copal</i>	0.645	0.10
<i>Psidium sartorianum</i>	0.192	0.03
<i>Randia longiloba</i>	0.776	0.12

VOLUMEN DE LEÑA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF		
ESPECIES	VOL. TOTAL (100%)	VOL. LEÑA (16%)
<i>Sabal yapa</i>	0.488	0.08
<i>Simarouba amara</i>	1.012	0.16
<i>Swartzia cubensis</i>	4.758	0.76
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.441	0.07
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.778	0.12
<i>Vitex gaumeri</i>	28.366	4.54
<i>Zuelania guidonia</i>	1.082	0.17
TOTALES	313.62	50.18

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, y considerando que se estima que se obtendrían 50.18 m³ como materias primas forestales para leña, y tomando en cuenta que en el mercado local, el metro cúbico de leña cuesta alrededor de \$240.00 (son doscientos cuarenta pesos 00/100 M. N.), entonces el costo de los recursos biológicos forestales para la obtención de leña asciende a la cantidad de \$12,043.20 (son doce mil cuarenta y tres pesos 20/100 M. N.).

3) Carbón

Para estimar el valor económico de los recursos biológicos forestales por la producción de carbón, se tomó en consideración el volumen total árbol calculado para el estrato arbustivo, así como el valor económico del metro cúbico de carbón en el mercado local, el cual es de \$2.50 por kilogramo (son dos pesos con cincuenta centavos 00/100 M.N.) a pie de horno, considerando que un costal de 20 kilogramos se vende en \$50.00 (son cincuenta pesos 00/100 M.N.). Así mismo, se tomó en consideración que para fabricar una tonelada de carbón de leña se necesitan unos 6 m³ de leña⁵. A continuación se presentan los resultados del cálculo de volumen de las materias primas forestales a nivel del estrato arbustivo.

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL-ESTRATO ARBUSTIVO		
ESPECIES	VTA/HA	VTA/CUSTF
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.0281	0.124
<i>Brosimum alicstrum</i>	0.0218	0.096
<i>Cnidoscolus souzae</i>	0.0057	0.025
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.0489	0.216
<i>Coccoloba spicata</i>	0.6699	2.956
<i>Cordia dodecandra</i>	0.0314	0.139
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.4025	1.776
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.0088	0.039

⁵<http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s04.htm>

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL-ESTRATO ARBUSTIVO		
ESPECIES	VTA/HA	VTA/CUSTF
<i>Eugenia trikii</i>	0.4545	2.005
<i>Gliricidia sepium</i>	1.9247	8.491
<i>Guettarda combsii</i>	0.3166	1.397
<i>Hampea trilobata</i>	0.1992	0.879
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.3233	1.426
<i>Manilkara zapota</i>	0.2251	0.993
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.4499	1.985
<i>Metopium brownei</i>	0.0415	0.183
<i>Nectandra coriacea</i>	0.0932	0.411
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.0977	0.431
<i>Platymiscium yucatanum</i>	0.4887	2.156
<i>Pouteria campechiana</i>	0.1532	0.676
<i>Pouteria reticulata</i>	0.6562	2.895
<i>Psidium guajava</i>	0.0045	0.020
<i>Psidium sartorianum</i>	1.0391	4.584
<i>Randia longiloba</i>	0.0357	0.157
<i>Sebastiania longicuspis</i>	0.5840	2.576
<i>Swartzia cubensis</i>	0.2182	0.963
<i>Vitex gaumeri</i>	2.0486	9.038
<i>Zuelania guidonia</i>	0.8203	3.619
TOTALES	11.39	50.25

Como puede observarse en la tabla anterior, se calcula un volumen total árbol de 50.25 m³ de materias primas forestales que pueden ser aprovechadas como leña a nivel del estrato arbustivo, por lo tanto, considerando que para obtener una tonelada de carbón vegetal se requieren 6 m³ de leña, entonces se puede obtener un total de 8.38 toneladas de carbón vegetal, con un costo de \$2,500.00 (son dos mil quinientos pesos 00/100 M.N.) por tonelada, por lo que el valor económico de los recursos biológicos forestales por la obtención de leña, asciende a la cantidad de \$20,937.50 (son veinte mil novecientos treinta y siete pesos 20/100).

4) Costo total de las materias primas forestales maderables

Considerando los valores calculados en los apartados que anteceden, correspondientes al valor de madera (\$171,472.34), leña (\$12,043.20) y carbón vegetal (\$20,937.50), se obtiene un monto total de \$204,453.04 (son doscientos cuatro mil, cuatrocientos cincuenta y tres pesos 04/100 M. N.), que equivale al costo de las materias primas forestales maderables que derivarían del cambio de uso de suelo.

b) Materias primas forestales no maderables

1) Tierra vegetal

En la estimación del costo de los recursos biológicos forestales del área sujeta a cambio de uso de suelo, también se consideró el valor de la tierra vegetal que se obtendría del despalme, el cual se calcula en el orden de los 500 m³ por hectárea; considerando una capa de tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) de 5 cm en promedio o 0.05 m dentro del predio (100 m x 100 m x 0.05 m). Por lo tanto, considerando que en el mercado local el costo de tierra por metro cúbico es de \$500.00 (son quinientos pesos M.N. 00/100), entonces el costo de la tierra vegetal que se obtendría de la superficie de CUSTF (4.41 ha x 500 m³ = 2,250 m³), asciende a la cantidad de \$1'102,500.00 (son un millón, ciento dos mil, quinientos pesos 00/100 M.N.).

2) Plantas

Se estima que en la superficie de cambio de uso de suelo, existe una cantidad aproximada de 116,594 plántulas en calidad de regeneración, por lo tanto, si consideramos que el valor promedio de venta al mayoreo de una planta en vivero es de \$5.00 (son cinco pesos M.N. 00/100) por planta, entonces el costo de las plántulas en calidad de regeneración, asciende a la cantidad de \$582,970.00 (son quinientos ochenta y dos mil, novecientos setenta pesos 00/100 M.N.).

3) Costo total de las materias primas forestales no maderables

En conclusión, se tiene que el valor económico de los recursos biológicos forestales no maderables, considerando el valor económico de la tierra vegetal (\$1'102,500.00) y plantas en calidad de regeneración (\$582,970.00), asciende a la cantidad de \$1'685,470.00 (son un millón, seiscientos ochenta y cinco mil, cuatrocientos setenta pesos 00/100 M. N.).

c) Conclusiones

De acuerdo el valor de uso directo de las materias primas forestales maderables y no maderables que se obtendrían de la superficie de CUSTF, se alcanza un gran total de \$1'889,923.04 (son un millón, ochocientos ochenta y nueve mil, novecientos veintitrés pesos 04/100 M.N.).

2.4.2. VALORES DE USO INDIRECTO (VUI):

Para el cálculo de éste valor, se utilizó la estimación del costo de los servicios ambientales que provee el ecosistema que se desarrolla en el predio, particularmente, aquellos relacionados con la captura de carbono, los servicios ambientales hidrológicos, y la protección de la biodiversidad, tal como se describe a continuación.

a) Captura de carbono

La captación de carbono y su almacenamiento en los bosques, y al mismo tiempo la liberación de éste y su impacto en el calentamiento global, tienen un valor que excede el ámbito nacional, cuestión puesta en alto relieve por la Convención Marco del Cambio Climático de la Naciones Unidas. Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. En la siguiente tabla se presenta la estimación económica del valor de la captura de carbono por hectárea para distintos bosques, entre los cuales se encuentra el bosque tropical siempre verde, tipo de ecosistema de mayor similitud con el que se ubica en el sitio del proyecto.

<i>Bosque templado caducifolio</i>	<i>Bosque tropical caducifolio</i>	<i>Bosque templado</i>	<i>Bosque tropical siempreverde</i>
600	1 800	3 000	3 600

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>

El proyecto que se propone implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 4.41 ha, de tal forma que con base en los estimados que se presentan en el cuadro anterior, a los recursos forestales del área de cambio de uso de suelo les corresponde un valor de 1,800 dólares por hectárea, ya que se trata de una selva subperennifolia (un bosque siempre verde sería una selva perennifolia), es decir, que las 4.41 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 7,938 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de \$13.00 pesos mexicanos, corresponden a \$103,194.00 (son ciento tres mil, ciento noventa y cuatro pesos 00/100 M.N.).

b) Servicios ambientales hidrológicos

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015⁶, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre del 2014.

El pago por el servicio ambiental hidrológico se realiza por períodos de 5 años de acuerdo con las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015⁷, según las cuales se puede llegar a pagar hasta \$1,100 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (4.41 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$4,851.00 pesos mexicanos, lo que en un plazo de 30 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$145,530.00 (son ciento cuarenta y cinco mil, quinientos treinta pesos 00/100 M.N.).

c) Protección de la biodiversidad

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre del 2014.

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015, puede ser hasta de \$550 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (4.41 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$2,425.50 pesos mexicanos, lo que en un plazo de 30 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$72,765.00 (son setenta y dos mil, setecientos sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.).

d) Costo total del valor de uso indirecto

En resumen, el valor total (VUI) por la prestación de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio (captura de carbono, hidrológicos y protección de la biodiversidad), asciende a la cantidad de \$321,489.00 (son trescientos veintiún mil, cuatrocientos ochenta y nueve pesos 00/100 M.N.).

2.4.3. VALOR DE OPCIÓN (VO):

Considerando que se trata de un concepto que deriva del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura, para la estimación

⁶ www.conafor.gob.mx/apoyos/index.php/inicio/download/4005

⁷ http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5328575&fecha=31/12/2015

de éste componente se consideró el **valor farmacéutico** de las especies que se encuentran presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, tomando en cuenta que su permanencia a futuro, podría derivar en la conservación de recursos farmacéuticos aún no descubiertos que pueden ser aprovechados a largo plazo. A continuación se describe el monto de éste valor.

De acuerdo con el Gobierno de México y Banco Mundial (1995), se estima que el valor farmacéutico de los recursos forestales del país podría relacionarse con valores que van desde los 26 y hasta los 4,600 millones de dólares anuales. Dicho estudio parte de la riqueza de especies farmacéuticas relacionadas con el bosque tropical húmedo (grado de biodiversidad alta). En la siguiente tabla se presentan los valores por hectárea así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los Bosques del país.

Grado de biodiversidad	Valor para el bosque húmedo tropical		Valor de todos los bosques
	(Dólares / ha / año)	Millones de dólares por año	Millones de dólares por año
Bajo	1	5	26
Medio	6	66	332
Alto	90	875	4 646

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>

Considerando los datos de la tabla anterior y partiendo del supuesto de que el bosque húmedo tropical (ecosistema similar al que se desarrolla en el predio) con un grado de biodiversidad bajo, tiene un valor farmacéutico de 1 dólar por hectárea por año, entonces para la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo (4.41 ha), con un valor de biodiversidad bajo, el costo sería de 4.41 dólares, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$13.00 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$57.33 pesos mexicanos anuales, lo que a un plazo de 30 años que equivalen al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un total de \$1,719.90 (son mil setecientos diecinueve pesos 90/100 M.N.).

2.4.4. VALOR DE LEGADO (VL):

Es el valor que se le asigna a los recursos naturales para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos. Para la estimación de éste valor se utilizó del método de valoración contingente⁸ que consiste en averiguar los cambios en el bienestar de las personas ante cambios hipotéticos (contingente) de un bien o servicio ambiental. Este

⁸ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/leal_r_cl/capitulo2.pdf

método, ha sido comúnmente empleado para obtener la valoración económica de áreas naturales que cumplen una función de recreación en la función de utilidad familiar.

El objetivo del método o modelo de valoración contingente es encontrar la valoración económica de aquellos bienes y servicios que carecen de un mercado a través de la creación de un mercado hipotético. Sin embargo su comprensión intuitiva es mucho más sencilla que eso. Simplemente se les pregunta a los individuos por la máxima cantidad de dinero que pagarían por un bien o servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, es decir, que la persona entrevistada se encuentra en un escenario parecido al que diariamente se enfrenta en el mercado: comprar o no una cantidad determinada de un bien a un precio dado, como hacen con los demás bienes, con la diferencia fundamental de que en esta ocasión el mercado es hipotético y, por lo general no tiene que pagar la cantidad revelada.

Visto, lo anterior, se deja de manifiesto que la aplicación del método de valoración contingente, se llevó a cabo a través de una encuesta realizada a 100 personas, donde las preguntas realizadas representaron el mercado hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomo de Azqueta (1994), cuya estructura se describe como sigue:

- » En la primera parte, se expuso la información acerca del bien o servicio en cuestión, de modo que el entrevistado tuvo todas las herramientas para identificar el problema a tratar.
- » El segundo bloque, incluyó información respecto a las modificaciones de cantidad, que se llevarán a cabo en el bien o servicio ambiental. Dentro de este segundo bloque también se incluyó información del modo de pago, es decir, se le informó que tendrá que pagar por dicha modificación vía impuestos.
- » Por último, en el tercer bloque de información, se incluyeron todos aquellos datos socioeconómicos del entrevistado que son relevantes en la toma de decisiones de valoración y que también son imprescindibles en el correcto manejo del método como: ingresos, edad, profesión, etc.

La encuesta se llevó a cabo vía correo electrónico, dado su bajo costo de operación y la inclusión de ayuda visual (gráficos, imágenes, fotos, etc.). Para la encuesta se utilizó el sistema de preguntas múltiples, de tal manera que al entrevistado le fue presentada una tabla con diferentes opciones para obtener una valoración total al final del ejercicio.

Cabe mencionar que de las 100 personas que fueron incluidas en la encuesta, sólo 65 contestaron las preguntas y enviaron de regreso sus respuestas. Del total de esta muestra se determinó la media como medida de agregación, con el supuesto de utilizarse como estimador de lo que la persona tipo estaría dispuesta a pagar para obtener una mayor cantidad o calidad de un bien.

A continuación se presentan los resultados de las encuestas, considerando el mercado hipotético de preservar una superficie de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
1	Ama de casa	\$3,000.00
2	Biólogo	\$17,000.00
3	Biólogo	\$7,000.00
4	Biólogo	\$10,900.00
5	Biólogo	\$14,000.00
6	Ingeniero forestal	\$13,200.00
7	Abogado	\$3,500.00
8	Ingeniero forestal	\$5,500.00
9	Abogado	\$4,500.00
10	Arquitecto	\$3,000.00
11	Ama de casa	\$3,200.00
12	Ingeniero forestal	\$9,500.00
13	Arquitecto	\$3,200.00
14	Arquitecto	\$3,000.00
15	Biólogo	\$10,000.00
16	Biólogo	\$8,500.00
17	Biólogo	\$11,200.00
18	Ingeniero forestal	\$16,500.00
19	Administrador de empresas	\$7,000.00
20	Administrador de empresas	\$6,500.00
21	Ingeniero ambiental	\$7,500.00
22	Abogado	\$3,500.00
23	Consultor ambiental	\$11,500.00
24	Ama de casa	\$3,200.00
25	Ingeniero forestal	\$8,800.00
26	Consultor ambiental	\$10,500.00
27	Consultor ambiental	\$14,000.00
28	Consultor ambiental	\$3,500.00
29	Biólogo	\$3,200.00
30	Biólogo	\$8,500.00
31	Biólogo	\$3,800.00

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
32	Ingeniero forestal	\$3,200.00
33	Ecólogo	\$13,000.00
34	Administrador de empresas	\$3,200.00
35	Docente	\$3,000.00
36	Ecólogo	\$18,800.00
37	Docente	\$8,500.00
38	Ingeniero ambiental	\$23,000.00
39	Biólogo	\$13,200.00
40	Biólogo	\$7,500.00
41	Biólogo	\$9,000.00
42	Ama de casa	\$3,200.00
43	Biólogo	\$4,000.00
44	Biólogo	\$5,200.00
45	Ingeniero forestal	\$18,500.00
46	Consultor ambiental	\$24,500.00
47	Abogado	\$3,500.00
48	Docente	\$3,000.00
49	Administrador de empresas	\$7,500.00
50	Consultor ambiental	\$8,500.00
51	Biólogo	\$14,000.00
52	Biólogo	\$4,800.00
53	Biólogo	\$12,000.00
54	Ingeniero forestal	\$15,000.00
55	Docente	\$7,000.00
56	Docente	\$8,500.00
57	Consultor ambiental	\$25,500.00
58	Consultor ambiental	\$14,500.00
59	Ama de casa	\$2,850.00
60	Administrador de empresas	\$10,900.00
61	Abogado	\$7,000.00
62	Ingeniero forestal	\$14,500.00
63	Biólogo	\$3,000.00
64	Biólogo	\$5,500.00
65	Ama de casa	\$2,500.00
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$566,050.00
MEDIA DEL MONTO TOTAL SUGERIDO (435,050.00 / 65)		\$8,708.46

En conclusión, se estima que el **valor de legado** por la preservación de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$8,708.46 (son ocho mil, setecientos ocho pesos 46/100 M. N.), que extrapolado a las 4.41 hectáreas de CUSTF

propuestas, se obtiene un valor total de legado igual a \$38,404.31 (son treinta y ocho mil, cuatrocientos cuatro pesos 31/100 M.N.).

2.4.5. VALOR DE EXISTENCIA (VE):

Aunque a la mayoría de las especies de flora y fauna no se les ha asignado un valor económico directo o indirecto, muchas personas desean que continúen existiendo, independientemente de su uso. A esta valoración o respeto por la vida de otros seres vivos se le denomina valor de existencia. Este valor adquiere una expresión económica a través de las donaciones realizadas por personas o instituciones para contribuir a la protección de ecosistemas o especies particulares⁹.

Para poder estimar éste valor, se utilizó la encuesta descrita en el punto número IV del presente capítulo, pero a diferencia de la misma, las preguntas estuvieron dirigidas a el caso (no mercado) hipotético de la cantidad de dinero que estaría dispuesto a **donar** una persona, para preservar una superficie de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, para la protección del ecosistema y todos los recursos naturales bióticos y abióticos que lo integran, cuyos resultados se presentan a continuación.

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
1	Ama de casa	\$2,500.00
2	Biólogo	\$3,500.00
3	Biólogo	\$4,000.00
4	Biólogo	\$6,450.00
5	Biólogo	\$8,000.00
6	Ingeniero forestal	\$8,600.00
7	Abogado	\$2,750.00
8	Ingeniero forestal	\$3,750.00
9	Abogado	\$3,250.00
10	Arquitecto	\$3,000.00
11	Ama de casa	\$2,200.00
12	Ingeniero forestal	\$8,250.00
13	Arquitecto	\$2,600.00
14	Arquitecto	\$2,500.00
15	Biólogo	\$6,000.00
16	Biólogo	\$5,250.00
17	Biólogo	\$6,100.00
18	Ingeniero forestal	\$9,250.00
19	Administrador de empresas	\$4,500.00
20	Administrador de empresas	\$4,250.00
21	Ingeniero ambiental	\$4,500.00
22	Abogado	\$3,000.00

⁹ <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
23	Consultor ambiental	\$6,250.00
24	Ama de casa	\$2,600.00
25	Ingeniero forestal	\$5,400.00
26	Consultor ambiental	\$6,250.00
27	Consultor ambiental	\$8,000.00
28	Consultor ambiental	\$3,000.00
29	Biólogo	\$3,200.00
30	Biólogo	\$5,500.00
31	Biólogo	\$2,800.00
32	Ingeniero forestal	\$3,200.00
33	Ecólogo	\$7,000.00
34	Administrador de empresas	\$3,200.00
35	Docente	\$3,000.00
36	Ecólogo	\$10,500.00
37	Docente	\$5,000.00
38	Ingeniero ambiental	\$12,500.00
39	Biólogo	\$10,200.00
40	Biólogo	\$2,500.00
41	Biólogo	\$5,000.00
42	Ama de casa	\$2,800.00
43	Biólogo	\$4,000.00
44	Biólogo	\$5,200.00
45	Ingeniero forestal	\$11,000.00
46	Consultor ambiental	\$14,000.00
47	Abogado	\$3,500.00
48	Docente	\$3,000.00
49	Administrador de empresas	\$5,000.00
50	Consultor ambiental	\$4,500.00
51	Biólogo	\$6,000.00
52	Biólogo	\$3,000.00
53	Biólogo	\$5,000.00
54	Ingeniero forestal	\$7,000.00
55	Docente	\$3,500.00
56	Docente	\$5,500.00
57	Consultor ambiental	\$12,000.00
58	Consultor ambiental	\$7,300.00
59	Ama de casa	\$4,050.00
60	Administrador de empresas	\$6,000.00
61	Abogado	\$4,500.00
62	Ingeniero forestal	\$5,000.00
63	Biólogo	\$3,000.00
64	Biólogo	\$3,500.00
65	Ama de casa	\$2,250.00
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$339,900.00
MEDIA DEL MONTO TOTAL SUGERIDO (208,900.00 / 65)		\$5,229.23

En conclusión, se estima que el **valor por existencia** de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$5,229.23 (son cinco mil, doscientos veintinueve pesos 23/100 M. N.), que extrapolado a las 4.41 hectáreas de CUSTF propuestas, se obtiene un valor total por existencia igual a \$23,060.90 (son veintitrés mil, sesenta pesos 90/100 M.N.).

2.4.6. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL:

Valor Económico Total (VET):

$$\begin{aligned} \text{VET} &= \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE} \\ \text{VET} &= \$1'889,923.04 + \$321,489.00 + \$1,719.90 + \$38,404.31 + \$23,060.90 \\ \text{VET} &= \mathbf{\$2'274,597.15} \end{aligned}$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$2'274,597.15** (son dos millones, doscientos setenta y cuatro mil, quinientos noventa y siete pesos 15/100 M. N.) por un plazo de 30 años equivalente al tiempo de vida útil del proyecto.

2.5. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Para la estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, se consideró la experiencia propia que se tiene en campo, en la ejecución de programas de reforestación, restauración y conservación de recursos naturales, así como prácticas directas en campo con la ejecución de programas de rescate de vegetación. Aunado a lo anterior, se consideraron los costos locales de mano de obra, material y equipo de apoyo que se requieren para llevar a cabo las distintas actividades propuestas en este capítulo, los cuales se determinaron a través de entrevistas con la gente y el personal encargado de los comercios locales.

2.5.1. Escenarios para la restauración

a) Escenario 1

Ser parte del supuesto de que el predio fue limpiado de forma mecánica eliminando la vegetación, no se puede esperar un proceso de restauración pasiva; por lo tanto, para lograr promover la restauración de las condiciones de la vegetación y de los servicios

ambientales que de ella emanan, bajo esta premisa se consideran diversas actividades tendientes a promover dicho proceso.

▸ **Corto plazo (1 a 2 años)**

Partiendo de la condición de afectación antes descrita, se señala como primer paso, la adición al terreno de una capa de tierra fértil de cuando menos 20 centímetros sobre la roca expuesta, con la finalidad de contar con el sustrato necesario para que las plantas tengan una fuente de nutrientes y un soporte para su desarrollo.

Considerando la superficie de cambio de uso de suelo (4.41 ha), para lograr formar una capa de tierra de 20 cm de espesor, se necesitarán de por lo menos 8,823.34 m³ de tierra (44,116.69 m² x 0.20 m), así como la dispersión de 100 kilogramos de semillas (estimaciones directas realizadas en campo, de acuerdo con experiencias previas), de especies pioneras, tempranas y tardías, propias de la Selva Mediana Subperennifolia que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, como son: *Gliricidia sepium* (cacoche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Bursera simaruba* (Chacah), *Piscidia piscipula* (jabín), *Pouteria campechiana* (Kanisté), *Randia longiloba* (cruceta), *Simaruba amara* (pa'a sak) y *Thrinax radiata* (palma chit).

Con el acarreo y distribución de la tierra, también se incorpora al terreno una gran cantidad de semillas mezcladas con la tierra; una vez dispersa la tierra sobre el terreno solamente será necesaria la aportación de agua para que se inicie el proceso de germinación de muchas especies colonizadoras; este grupo inicial de cobertura del suelo presente en el proceso natural de sucesión ecológica se compone por especies herbáceas de ciclos de vida cortos, de poca altura; la adición de los 100 kg de semillas de las especies arbóreas, fortalecerá el proceso de colonización y asegurará el inicio del desarrollo de la sucesión de las especies perennes de interés en la cobertura permanente.

Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

El desarrollo de especies herbáceas anuales, asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos Lepidópteros, Himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves y pequeños mamíferos como ratones. En el primer año serán pocas las especies que se establezcan tal es el caso de himenópteros como avispa, hormigas o termitas.

La poca cobertura del dosel únicamente se presenta como atractivo para fuente de alimento, el establecimiento de aves y mamíferos está más condicionado a la estabilidad en protección, temperatura y grado de luminosidad que brinda la vegetación de una selva bien desarrollada. En esta etapa, el área empieza a prestar nuevamente los servicios ambientales detenidos parcialmente como es el caso de captura de Carbono, recarga de mantos acuíferos, paisaje y protección de la biodiversidad.

b) Escenario 2

▸ Mediano plazo (3 a 10 años)

A partir de los 3 años las especies anuales o bianuales son sustituidas por especies perennes; esta fase es conocida como “fase de surgimiento o de estructuración”, misma que está compuesta por una combinación de las especies existentes dentro de la regeneración natural del ecosistema.

Las actividades a realizar a partir de esta fase, son de protección contra incendios forestales, además de realizar evaluaciones en sitios permanentes para determinar la sustitución natural de especies y asegurándose de que las especies tardías se establezcan, como es el caso de chicozapote (*Manilkara zapota*), guayabillo (*Psidium sartorianum*), ramón (*Brosimum alicastrum*), silil (*Diospyros cuneata*), huaya (*Talisia olivaeformis*), yaite (*Gymnanthes lucida*), entre otras.

En esta fase, se fortalece la formación de suelo, y los servicios que prestan las selvas se establecen en cuanto a la captura de carbono, vida silvestre, captación de agua y protección de erosión de los suelos. Se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación y es conocida como Vegetación Secundaria, con individuos muy bifurcados, tallos de forma irregular, una gran presencia de especies arbustivas y herbáceas, con alturas máximas de 3 metros.

En cuanto a fauna se refiere, en esta fase ya se pueden observar procesos de colonización de ratones, aves, insectos y pequeños reptiles; la estructura aún continúa en un proceso activo de selección natural con la pérdida de herbáceas y la incorporación de especies tardías. La reforestación con estas especies se realizará en el periodo de lluvias y la recomendación en el desarrollo de la plántula, es que debe tener entre 10 a 20 cm, ya que la siembra es más práctica y el estrés a nivel radicular es menor.

A partir del inicio de esta fase la afectación por concepto de sequias, deja de ser un posible factor de riesgo para el proceso de restauración de la vegetación.

c) Escenario 3

▸ A largo plazo (10 años en adelante)

Fase de madurez u óptima, donde las especies sobresalientes codominan o dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas).

En esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies; la vegetación ya ha alcanzado niveles de autosuficiencia, los árboles ya cuentan con alturas superiores a los 8 metros, con fustes bien definidos; a partir de los 10 años se pueden encontrar árboles con diámetros normales de 15 cm, para especies de rápido crecimiento como es el caso del Tzalam (*L. latisiliquum*), la cobertura de copa ya es superior al 90%, y las condiciones de protección de la vegetación hacia la fauna silvestre, es tal que ya se inicia el proceso de colonización de especies de mamíferos, creándose nuevos hábitats.

A partir de los 20 años de edad ya se puede considerar una Selva Juvenil con dominancia del estrato superior de especies heliófitas y en esa edad ya se puede notar la presencia de un grupo importante de especies esciófitas que inician la colonización del estrato de piso; esta incorporación de nuevas especies tolerantes a la sombra, es el resultado del establecimiento de nuevos nichos de fauna silvestre que se encargan de dispersar semillas traídas desde zonas cercanas cubiertas con vegetación de Selva.

A partir de esta etapa, la continuidad de la sucesión ecológica de la Selva mediana que fue promovida en el predio, ya se puede señalar que las condiciones de diversidad, estructura, funcionalidad y generación de servicios ambientales, tendrán las mismas características de la vegetación que actualmente se desarrolla en el predio. Los riesgos constantes en relación a la suspensión del proceso de restauración de esta selva, están relacionados a la presencia de fenómenos meteorológicos, como es el caso de huracanes.

2.5.2. Proceso de restauración de la vegetación

Para comenzar a llevar a cabo el proceso de restauración del sitio, se partiría de la superficie del predio ya desmontada y despalmada, en tres fases.

Fase 1 (1 a 2 años)

- Retorno de la capa de tierra
- Siembra al voleo de especies pioneras

-Colonización de herbáceas y pioneras.

Fase 2 (3 a 10 años): Vegetación Secundaria

Fase 3 (10 años en adelante): Selva mediana subperennifolia en estado juvenil

2.5.3. Estimación del costo de las actividades de restauración

Lograr que se desarrolle nuevamente una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 4.41 ha donde hubo remoción total de la cubierta vegetal, es posible siempre y cuando se generen condiciones favorables de fomento y protección.

A continuación se desarrolla una estimación propia del costo en precios actuales de las actividades necesarias para promover y asegurar el desarrollo de una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 4.41 ha, tomando como referencia los costos de restauración de experiencias previas en campo.

a) Restitución de la capa edáfica

Respecto a este componente, se ha propuesto establecer una capa de tierra fértil de un grosor promedio de 20 cm aproximadamente; el ejercicio consiste en calcular el costo de la recuperación de esta proporción de tierra, en el supuesto de que la superficie de CUSTF se encuentre desprovisto de ella.

Obtención de la tierra. La necesidad de tierra fértil para lograr cubrir la superficie de cambio de uso de suelo con un espesor de 20 cm, es de 8,823.34 m³ como se mencionó anteriormente; en la ciudad de Cancún, el metro cúbico de tierra vegetal puede alcanzar los \$500.00 (son quinientos pesos M.N. 00/100), por lo tanto, el monto por la restauración de la capa edáfica, asciende a la cantidad de **\$4'411,669.00** (son cuatro millones, cuatrocientos once mil, seiscientos sesenta y nueve pesos 00/100 M.N.).

Transporte de la tierra. Para el transporte de la tierra se ocuparán camiones de volteo con la capacidad de 20 m³ de tierra por viaje, con un costo de \$700.00 pesos por día de renta. En la zona donde se ubica el predio del proyecto un camión de volteo realiza al día un promedio de 5 viajes, por lo que puede transportar un volumen total de 100 m³ en un día (20 m³ * 5 viajes/día); por lo tanto con la renta de 3 camiones por 6 días (15 viajes al día por los 3 camiones; y 15 viajes por 100 m³= 1,500 m³ al día), se alcanzaría a cubrir el transporte de toda la tierra al predio, lo que tendría un costo total por concepto de transporte igual a **\$12,600.00** (son doce mil seiscientos pesos 00/100 M.N.).

Dispersión de la tierra. Otra de las actividades para regresar la tierra a su situación actual consiste en dispersar la tierra por toda la superficie afectada; esta actividad es realizada por una maquinaria pesada denominada “minicargador frontal” la cual tiene un costo de \$600.00 por hora de trabajo.

El rendimiento por día con jornadas de 8 horas de trabajo para este tipo de maquinarias es de 1/2 hectárea, por lo que se requiere 9 jornadas (72 horas) para poder dispersar la tierra fértil adquirida sobre una superficie de 4.41 ha de la superficie de CUSTF, lo cual generaría un costo de **\$43,200.00** (son cuarenta y tres mil doscientos pesos 00/100 M.N.).

Costo total. En resumen, establecer la capa de tierra orgánica dentro de la superficie de CUSTF, tendrá un costo de **\$4'467,469.00** (son cuatro millones, cuatrocientos sesenta y siete mil, cuatrocientos sesenta y nueve pesos 00/100 M.N.) considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra, así como su dispersión dentro de la superficie de CUSTF.

b) Establecimiento de la vegetación de regeneración

Producción de las plantas. El inventario forestal implementado, ha permitido cuantificar las existencias de elementos de flora que se desarrollan en el predio; con esta información fue posible realizar la estimación del número de individuos en condición de plántula que serán afectados durante el proceso de desmonte por el cambio de uso de suelo. La valoración de las plántulas se realizará en función al valor promedio de venta al mayoreo que tienen en vivero, que es de \$5.00 (son cinco pesos M.N. 00/100) por planta. Por lo tanto, para la superficie solicitada para el CUSTF se estima la existencia de 116,594 plántulas en condición de regeneración, y en ese sentido, el costo de producción de igual número de plantas sería de \$582,970.00 (son quinientos ochenta y dos mil, novecientos setenta pesos 00/100 M.N.).

Transporte de las plantas. Para poder transportar las plantas del vivero, se rentaría un camión de carga de 3 toneladas cuyo costo de renta por hora es de \$600 pesos en el mercado local; por lo tanto, considerando que un camión de 3 toneladas realiza un viaje por hora desde su zona de origen hasta el predio; y por cada viaje transporta alrededor de 10,000 plantas; resulta pues la necesidad de 12 horas de renta para realizar 12 viajes que puedan transportar las 116,594 plántulas que se requieren para el establecimiento de la regeneración natural; entonces, el transporte de las plantas hasta el predio tendría un costo total de \$7,200.00 (son siete mil doscientos pesos 00/100 M.N.).

Sembrado de las plantas. Una vez que se tienen las plantas en el predio se procede a la siembra de las mismas; para esta actividad se contratarían jornaleros (el promedio aproximado de siembra de un jornalero es de 120 plantas por jornal según experiencias previas en campo); cuyo costo por jornal en la zona (8 horas de trabajo), es de \$150.00 (son ciento cincuenta pesos M.N. 00/100); entonces, si consideramos que se requiere el sembrado de 116,594 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 972 (120 plantas en cada jornal por 972 jornales= 116,640 plantas sembradas), y por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado tendría un costo total de: \$145,800.00 (son ciento cuarenta y cinco mil, ochocientos pesos 00/100 M.N.).

Obtención de semillas. Como apoyo a las especies pioneras de regeneración se pretende también dispersar en la superficie de cambio de uso de suelo, un total de 100 kg de semillas como se mencionó anteriormente, los cuales tienen un costo de \$150.00 (son ciento cincuenta pesos M.N. 00/100) por kilogramo (precio de venta al mayoreo en los comercios locales); por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos requeridos, nos da un total de \$15,000.00 (son quince mil pesos 00/100 M.N.).

Dispersión de semillas al voleo. La dispersión de semillas al voleo en la superficie de cambio de uso de suelo, requiere de la contratación de jornaleros, cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$150.00 como se mencionó anteriormente; con rendimiento estimado es de 10 kilogramos por jornal (según experiencias previas en campo); por lo tanto, se requiere de 10 jornales para la dispersión de los 100 kg de semillas (10 kg en cada jornal por 10 jornales= 100 kg), lo que nos da un costo total de \$1,500.00 (son mil quinientos pesos 00/100 M.N.) por éste concepto.

Costo total. En resumen, para sembrar el mismo número de plantas que se estima remover en la superficie de cambio de uso de suelo (vegetación de regeneración) se estima un costo total de: **\$752,470.00** (son setecientos cincuenta y dos mil, cuatrocientos setenta pesos 00/100 M.N.).

c) Protección

Es importante evitar afectaciones que impliquen la suspensión del proceso de restauración; una de estas variables controlables es la afectación por incendios forestales, por lo que se requiere definir los puntos críticos de los límites del predio y establecer brechas cortafuego permanentes; esta actividad no se contabiliza como costo inicial, ya que se parte del supuesto de que el predio se encuentra completamente desprovisto de vegetación y el mantenimiento durante los siguientes 15 años se podrá

realizar cada 6 meses, lo cual implica un costo anual estimado de \$3,000.00 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de \$45,000.00 (son cuarenta y cinco mil pesos 00/100 M.N.).

d) Mantenimiento

El costo de mantenimiento del sitio restaurado, implica diferentes conceptos ligados a los conceptos de restauración descritos en los apartados anteriores, como son: la obtención de plantas para reposición de plantas muertas; transporte de plantas para reposición de las muertas; replante de las plantas que murieron en la plantación inicial; y el deshierbe de la superficie restaurada.

Cabe mencionar que en el caso de la reposición de plantas muertas incluyendo todas las actividades involucradas, considera la reposición del 40% de las plantas sembradas en la plantación inicial.

Los costos estimados de mantenimiento se presentan en la siguiente tabla.

Actividad específica	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad requerida	Costo (\$)
Obtención de planta para reposición de plantas muertas	Planta	5.00	46,638	233,190.00
Transporte de planta para reposición de plantas muertas	Viaje	700.00	5	3,500.00
Replante de plantas que murieron en la plantación inicial	Jornal	150.00	389	58,350.00
Deshierbe	Hectárea	60,000.00	4.41	264,600.00
Costo total				559,640.00

Observaciones:

- 46,638 plantas representa el 40% de la plantación inicial que es de 116,594 plantas.
- Un camión de volteo transporta 10,000 plantas en una hora de viaje, con costo de \$700.00 por hora de renta.
- Un jornalero siembra 120 plantas en un jornal de trabajo, con costo de \$150.00 por jornal trabajado.
- Se requiere deshierbar 4.41 hectáreas cada 6 meses durante dos años, con un costo de \$15,000.00 por hectárea deshierbada en la localidad.

En conclusión, el costo total por concepto de mantenimiento de la superficie restaurada con motivo del cambio de uso de suelo, asciende a la cantidad de **\$559,640.00** (son quinientos cincuenta y nueve mil, seiscientos cuarenta pesos 00/100 M.N.).

e) Asesoría técnica

Nuestros costos de asesoría técnica para realizar la restauración del sitio, asciende a la cantidad de \$20,000.00 (son veinte mil pesos M.N. 00/100) por este concepto en una superficie equivalente a 4.41 hectáreas de CUSTF.

f) Costo total de las actividades de restauración

CONCEPTO	COSTO (\$)
Restitución de la capa edáfica	4'467,469.00
Establecimiento de la vegetación de regeneración	752,470.00
Protección	45,000.00
Mantenimiento	559,640.00
Asesoría técnica	20,000.00
COSTO TOTAL	5'844,579.00

En resumen el costo total de las actividades tendientes a promover la recuperación, conservación y protección de una superficie de 4.41 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de **\$5'844,579.00** (son cinco millones, ochocientos cuarenta y cuatro mil, quinientos setenta y nueve pesos 00/100 M.N.).

CAPÍTULO 3: VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

3.1. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)

3.1.1. POEL del Municipio de Benito Juárez

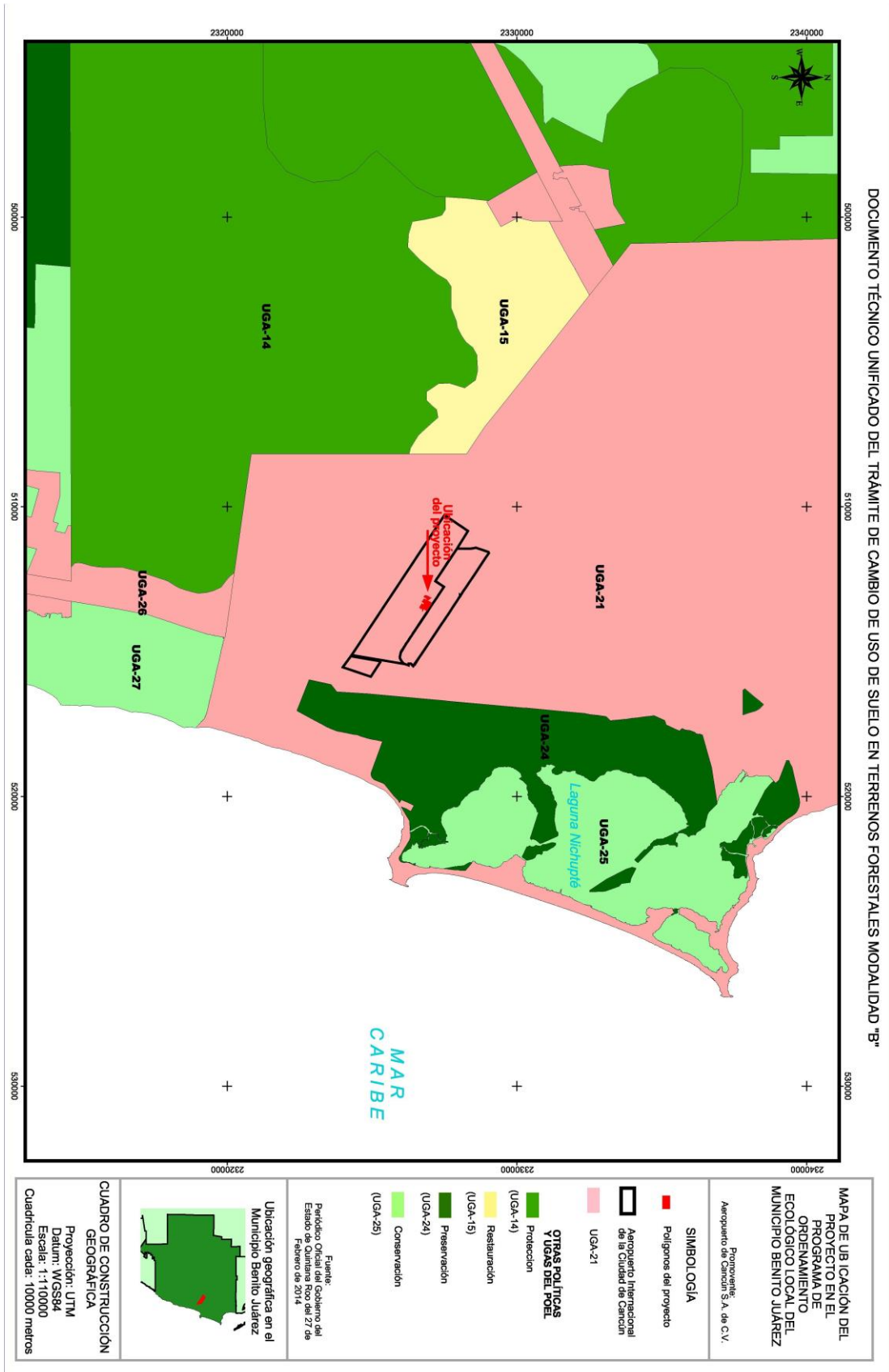
De acuerdo con el Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (POEL-BJ), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014; la superficie de cambio de uso de suelo que se somete a evaluación, se ubica dentro de la UGA 21 “Zona urbana de Cancún”, cuyos lineamientos se citan a continuación.

- Política ambiental: **Aprovechamiento sustentable.**
- Umbral máximo de desmonte (en %) para la UGA: **Según lo establecido en el PDU.**
- Usos compatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**
- Usos incompatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**

Por otra parte, cabe señalar que los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez han sido organizados en dos grupos:

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

Considerando lo anterior, a continuación se presenta un análisis con respecto a la congruencia del proyecto con los criterios generales y específicos, aplicables a la UGA 21 en la que se circunscribe el predio de interés (ver plano siguiente).



a) Vinculación con los criterios generales

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-01	<i>En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivo, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).</i>

• Vinculación con el proyecto:

El proyecto en su conjunto contempla la conformación de jardines, así como áreas de reubicación de las plantas rescatadas, y finalmente un área de manejo de vegetación nativa temporal, el vivero; por lo tanto, se atenderá lo establecido en este criterio y sólo se utilizarán productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes preferentemente orgánicos que estén publicados en el catálogo de la CICOPLAFEST.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-02	<i>Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.</i>

• Vinculación con el proyecto:

El uso de agroquímicos no se encuentra contemplado en ninguna etapa de ejecución del proyecto; sin embargo, se da observancia el presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-03	<i>Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.</i>

• Vinculación con el proyecto:

Dentro de la superficie de aprovechamiento propuesta no existen áreas sin vegetación, así mismo, dentro del predio existen áreas sin vegetación pero que se encuentran ocupadas por las obras que integran actualmente el Aeropuerto Internacional de Cancún, mismas que cuentan con su correspondiente autorización, por lo que no es posible llevar a cabo su restauración. Esto puede observarse en el plano de áreas verdes siguiente.



Aunado a lo anterior, en caso de que esta H. Autoridad considere que existen áreas que no pueden ser autorizadas para su aprovechamiento como parte del proyecto, y que carezcan de vegetación, se acatará lo establecido en este criterio, siempre y cuando esta Delegación Federal así lo determine.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-04	<i>En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo urbano, agropecuario, suburbano, turístico o industrial, y en ese sentido, el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-05	<i>Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Artículo 132 de la LEEPAQROO, establece lo siguiente:

ARTICULO 132.- Para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable.

Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.

El predio concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún, actualmente posee una superficie mayor a 3,001 m², por lo tanto le corresponde proporcionar como área permeable el 40% como mínimo. Considerando esa cifra, es importante mencionar que

dicho predio mantiene en la actualidad una superficie aproximada de 7'571,968.217 m² como áreas permeables, área que representa el 70.40% de la superficie total del predio (10'755,507.794 m²), descontando la superficie que ocupará el proyecto propuesto, así como los múltiples proyectos que se han autorizado recientemente, y finalmente las superficies ocupadas por las primeras obras realizadas en el aeropuerto; por lo que se cumple cabalmente con lo señalado en el presente criterio. La superficie de áreas permeables que presenta actualmente el predio concesionado al aeropuerto, puede observarse en el plano de la página 7 del presente capítulo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-06	<i>Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en "áreas sin vegetación aparente" y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un 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.</i>

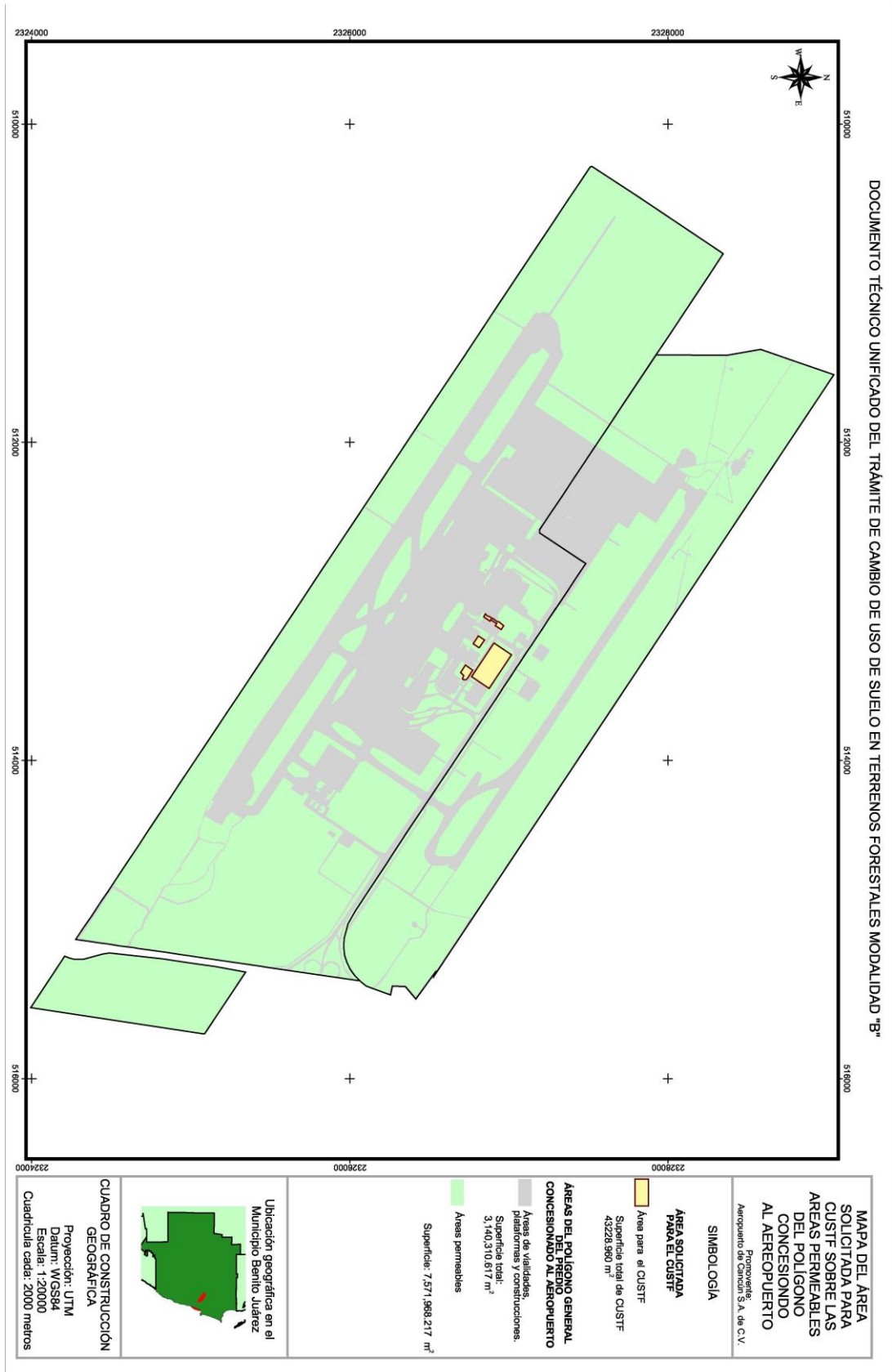
- **Vinculación con el proyecto:**

El desplante de las obras que se proponen en el presente proyecto, se ubicarán en la parte central del predio y en forma colindante con las actuales instalaciones del aeropuerto internacional de Cancún, permitiendo que las áreas con vegetación natural se mantengan en forma continua y perimetral, para evitar la fragmentación y el aislamiento de los ecosistemas presentes, tal como se observa en el plano de la página 4 del presente capítulo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-07	<i>En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El desplante de las obras que se proponen en el presente proyecto, se ubicarán en la parte central del predio y en forma colindante con las actuales instalaciones del aeropuerto internacional de Cancún, permitiendo que las áreas con vegetación natural se mantengan en forma continua y perimetral, para evitar la fragmentación o pérdida de la conectividad ecosistémica, tal como se observa en el plano de la página 4 del presente capítulo.



CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-08	<i>Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Cabe destacar que en los polígonos de aprovechamiento que se proponen, no se identificaron humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, ni cuerpos de agua superficiales; por lo tanto, el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-09	<i>Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o verdeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.</i>

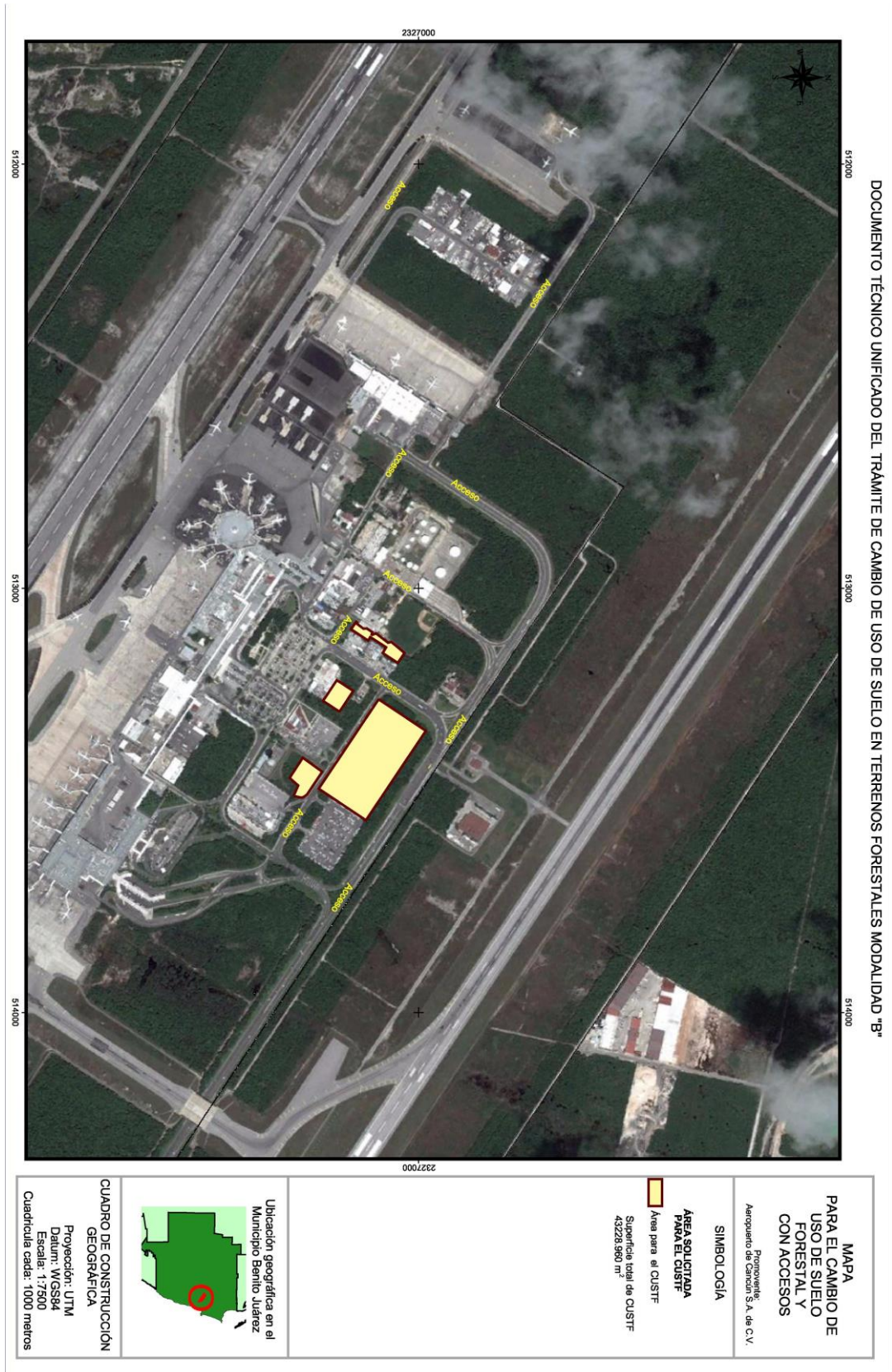
- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica dentro de la UGA 21 "Zona urbana de Cancún", la cual se distingue por ser una unidad de gestión ambiental urbana; y en ese sentido, se concluye que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-10	<i>Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El uso propuesto para el presente proyecto es compatible con la UGA 21, por lo que se puede llevar a cabo la apertura de nuevos caminos de acceso, según lo establecido en el presente criterio. Sin embargo, dicha infraestructura no está contemplada para el proyecto, ya que este ocupará los accesos actuales con los que cuenta el Aeropuerto Internacional de Cancún, como se muestra en el plano de la página siguiente.



CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-11	<i>El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el alineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Compete a las autoridades correspondientes la autorización del porcentaje de desmonte para el proyecto en cuestión, quienes determinarán lo conducente con respecto a este criterio. Así mismo, cabe aclarar que en la UGA 21 no existe un porcentaje de desmonte o aprovechamiento máximo permitido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-12	<i>En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En este punto cabe aclarar que tanto el POEL de Benito Juárez, como el PDU de Cancún, no establecen porcentajes de desmonte para el uso de suelo aplicable al predio del proyecto; y en ese sentido, se considera que el alcance de este criterio sólo es de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-13	<i>En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto contempla la ejecución de un programa de rescate de flora y un programa de rescate de fauna, previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, los cuales se anexan al capítulo 8 del presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-14	<i>En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En este punto se reitera que tanto el POEL de Benito Juárez, como el PDU de Cancún, no establecen porcentajes de desmonte o de aprovechamiento para el uso de suelo aplicable al predio del proyecto; y en ese sentido, se considera que el alcance de este criterio sólo es de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-15	<i>En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimiento que no permitan su regeneración y/o propagación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante el inventario forestal realizado en los polígonos de aprovechamiento, se identificaron ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), sin embargo, se trata de la especie *Anolis sagrei* (lagartija chipoyo), por lo que se procederá a su erradicación durante el proceso de cambio de uso de suelo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-16	<i>La introducción y manejo de palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero”.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica actividades relacionadas con la introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*); por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-17	<i>Sólo se permite el manejo de especies exóticas cuando...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica actividades relacionadas con el manejo de especies exóticas; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-18	<i>No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua superficiales con riesgo de afectación a especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica obras o actividades relacionadas con la acuicultura; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-19	<i>Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio en su totalidad, y por ende el proyecto, cuenta con acceso controlado las 24 horas del día, por lo que se da cumplimiento a este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-20	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>
CG-21	<i>Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Al interior de los polígonos de aprovechamiento, no se registró la existencia de cenotes, rejolladas inundables, cuerpos de agua, ni vestigios arqueológicos; por lo tanto, los criterios en comento no son aplicables al proyecto, en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-22	<i>El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevarse a cabo sobre derechos de vía de tendidos de energía eléctrica de ningún tipo; por lo tanto, el criterio en comento no es aplicable al proyecto, en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-23	<i>La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos externos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Todas las instalaciones de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión o de comunicación se realizarán de manera subterránea en apego a lo establecido en el presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-24	<i>Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de caminos ni carreteras, puesto que los polígonos de aprovechamiento ya cuentan con accesos, como se demostró en apartados anteriores. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-25	<i>En ningún caso la estructura o cimentación deberán interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Al interior de los polígonos de aprovechamiento, no se identificaron cuerpos de agua superficiales que pudieran verse afectados por la construcción de los edificios o la cimentación de estos. En lo que concierne a la hidrodinámica natural subterránea, no se prevé que pueda ser afectada, pues las cimentaciones se realizarán con mampostería (cemento y piedra caliza) en forma tradicional, es decir, se ocupará la roca subterránea (comúnmente conocida como "laja") para dar soporte al cimiento, es decir, no se ocuparán ríos subterráneos ni cavidades u oquedades que contengan agua subterránea, pues dichas fallas geológicas pueden ocasionar la inestabilidad de la estructura que está siendo cimentada.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-26	<i>De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En cumplimiento a lo establecido en el presente criterio, se instalará al menos 1 sanitario portátil por cada 20 trabajadores tal como lo requiere el criterio en comento.

El consumo de alimentos se realizará en los comedores para empleados con los que cuenta el aeropuerto actualmente, mismos que cuentan con condiciones higiénicas adecuadas.

Las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de residuos sólidos y peligrosos, se encuentran descritas en el plan de manejo de residuos elaborado para el presente proyecto, y que se anexa al presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-27	<i>En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción de obras para la disposición final de residuos. El contexto de éste criterio no es aplicable al proyecto en cuestión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-28	<i>La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

A excepción de los residuos sólidos urbanos y de aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos, los contratistas de obra se coordinarán con las autoridades responsables del Aeropuerto, a fin de determinar los sitios donde serán depositados los materiales que se deriven de las obras en general, tomando en consideración lo que las autoridades competentes indiquen, así como lo establecido en el plan de manejo de residuos que se anexa al presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-29	<i>La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Los residuos sólidos urbanos que se generen durante el desarrollo del proyecto, serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún por parte del servicio municipal que se encarga de la recolección de basura.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-30	<i>Los desechos biológico infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no será generador de desechos biológico infecciosos en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-31	<i>Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismos que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se tiene proyectada la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos; por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-32	<i>Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

A fin de dar cumplimiento a lo señalado en éste criterio, en ninguna etapa del proyecto se realizará la quema de basura, su entierro o disposición, sea temporal o final, a cielo abierto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-33	<i>Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto contará con sitios específicos para el acopio temporal de residuos sólidos, los cuales se ubican dentro de las instalaciones que se encuentran operando dentro del aeropuerto, y en ese sentido, no se requiere disponer de sitios adicionales a los ya existentes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-34	<i>El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Los materiales pétreos, sascab y/o polvo de piedra, que se requieren para la construcción del proyecto, serán obtenidos de sitios que cuenten con las autorizaciones correspondientes, lo cual podrá comprobarse con la factura que al respecto emita dicho establecimiento.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-35	<i>En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Corresponde a esta autoridad determinar la superficie de cambio de uso de suelo para el presente proyecto; así como la autorización de las actividades que en dicha superficie se lleven a cabo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-36	<i>Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la realización de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-37	<i>Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante el despalme del terreno se llevará a cabo el rescate de la tierra vegetal (sustrato con materia orgánica), previa separación de los residuos vegetales y pétreos por medio de cribado, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de rescate, mantenimiento y reubicación de las plantas; en caso de tener excedentes, estos se dispondrán donde la autoridad competente en la materia lo determine.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-38	<i>No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas; por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-39	<i>El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.</i>

• **Vinculación con el proyecto:**

El presente documento técnico unificado, en su modalidad B, se somete a evaluación ante esta autoridad con la finalidad de obtener la autorización para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

b) Vinculación con los criterios de regulación ecológica de carácter específico

Los criterios específicos aplicables al predio del proyecto, son los que se enlistan en el siguiente cuadro:

Recursos y procesos prioritarios	Clave	Criterios de Regulación Ecológica											
Agua	URB	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
		13	14	15	16	17							
Suelo y subsuelo		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Flora y fauna		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Paisaje		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
		55	56	57	58	59							

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-01	<i>En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.</i>

• **Vinculación con el proyecto:**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales, a razón de 1 por cada 20 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final. En la etapa operativa las aguas residuales serán conducidas a las plantas de tratamiento que operan actualmente dentro del aeropuerto, por lo que no se requiere la instalación de sistemas de tratamiento adicionales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-02	<i>A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar</i>

a personas físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias.

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la construcción de viviendas particulares, ni la instalación de biodigestores, por lo que éste criterio no resulta aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-03	<i>En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario, el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales, a razón de 1 por cada 20 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final. En la etapa operativa las aguas residuales serán conducidas a las plantas de tratamiento que operan actualmente dentro del aeropuerto, por lo que no se requiere la instalación de sistemas de tratamiento adicionales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-04	<i>Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla realizar actividades de producción agrícola, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-05	<i>En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riesgos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción de campos de golf o usos de suelo similares, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-06	<i>Los proyectos de campos deportivos y/o golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollos turísticos...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo turístico, aunado a que no se contempla la construcción de campos deportivos o de golf, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-07	<i>No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales, a razón de 1 por cada 20 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final. En la etapa operativa las aguas residuales serán conducidas a las plantas de tratamiento que operan actualmente dentro del aeropuerto, por lo que no se requiere la instalación de sistemas de tratamiento adicionales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-08	<i>En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios jardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente proyecto contempla como áreas verdes ajardinadas dentro de los polígonos de aprovechamiento propuestos, en los cuales se conservarán los elementos arbóreos, arbustivos y palmas, para integrarse al diseño del proyecto; así mismo, dichos espacios serán utilizados para la reubicación de un porcentaje de las plantas rescatadas; por lo que se da cumplimiento con el presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-09	<i>Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con</i>

elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún, se ubica fuera del área urbana del centro de población de la ciudad de Cancún; así mismo, se ubica fuera de las reservas del Municipio de Benito Juárez, por lo que este criterio sólo se considera de observancia. No obstante lo anterior, el presente proyecto contempla áreas verdes ajardinadas dentro de los polígonos de aprovechamiento propuestos, en los cuales se conservarán los elementos arbóreos, arbustivos y palmas, para integrarse al diseño del proyecto; así mismo, dichos espacios serán utilizados para la reubicación de un porcentaje de las plantas rescatadas. Finalmente, cabe mencionar que actualmente el predio concesionado posee una superficie de 7'571,968.217 m² (757.2 ha) como áreas verdes con vegetación nativa, mismas que actúan como elementos mitigantes del aumento de la temperatura y la sensación térmica de la zona.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-10	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, augurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En los polígonos de aprovechamiento propuestos para el proyecto, no se registraron cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-11	<i>Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Entre las tecnologías que se pretenden implementar para el ahorro y uso eficiente del agua, se citan las siguientes:

1. En las azoteas de las construcciones, se instalarán canaletas con filtro para la recolección del agua pluvial, mismas que serán conducidas hacia una cisterna con la

que contará el proyecto. El agua recolectada será utilizada en labores de limpieza, mantenimiento de áreas verdes, y para los servicios sanitarios.

2. Sistema dual para WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Entre las ventajas de esta tecnología se encuentran la no corrosión, no fugas, 1 válvula de descarga y 1 válvula de llenado. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.13 pesos mexicanos, 10.56 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
3. Cebolleta con obturador el cual contará con una cabeza giratoria para el ahorro de agua durante el enjabonado y flujo de 9 litros por minuto. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.49 pesos mexicanos, 4.95 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
4. Perlizadores, conocidos como dispersores que incrementan la velocidad de salida versus la disminución de área hidráulica y al agua de salida. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$23.79 pesos mexicanos, 4.62 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
5. Llaves ahorradoras de agua (monomandos). Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$53.5 pesos mexicanos, 20.13 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 4.47 kg de CO₂ al mes.
6. Mantenimiento programado de las instalaciones hidráulicas del proyecto, a fin de prevenir o reparar posibles fugas o pérdidas del líquido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-12	<i>En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales, a razón de 1 por cada 20 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final. En la etapa operativa las aguas residuales serán conducidas a las plantas de tratamiento que operan actualmente dentro del aeropuerto, por lo que no se requiere la instalación de sistemas de tratamiento adicionales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-13	<i>La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus agua con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El agua pluvial que se captará en las azoteas de las construcciones, será conducida hacia la cisterna con la que contará el proyecto, de ahí serán conducida hacia los servicios sanitarios y espacios verdes ajardinados, no a cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción. De manera previa a su almacenamiento en la cisterna, el agua será filtrada a través del sistema de captación que se pretende instalar.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-14	<i>Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de crematorios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-15	<i>Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y pisos de las fosas, con el fin de evitar contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de cementerios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-16	<i>Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El sitio del proyecto se ubica fuera de la franja costera del Municipio de Benito Juárez, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-17	<i>Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta se recursos biológicos forestales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica el aprovechamiento de los recursos biológicos citados en el presente criterio; aunado a que el sitio del proyecto se ubica fuera del área urbana del centro de población de la ciudad de Cancún (el predio no posee árboles urbanos), por lo tanto, sólo se da observancia al presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-19	<i>La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-20	<i>Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar el aclareo, poda y modificación de la vegetación rastrera y arbustiva presente...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el predio del proyecto no existen cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-21	<i>Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-22	<i>Para evitar la contaminación del suelo y subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-23	<i>Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Los polígonos de aprovechamiento propuestos para el proyecto no presenta evidencias de que haya formado parte de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-24	<i>Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos, deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante todas las etapas que integran el proyecto, se ejecutará un plan de manejo de residuos, el cual se anexa al capítulo 8 del presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-25	<i>Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos, con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas, con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitacionales, por lo que este criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-26	<i>En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar de especies para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que contribuyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún, se ubica fuera del área urbana del centro de población de la ciudad de Cancún; así mismo, se ubica fuera de las reservas del Municipio de Benito Juárez. No obstante lo anterior, el presente proyecto contempla áreas verdes ajardinadas dentro de los polígonos de aprovechamiento propuestos, en los cuales se conservarán los elementos arbóreos, arbustivos y palmas, para integrarse al diseño del proyecto; así mismo, dichos espacios serán utilizados para la reubicación de un porcentaje de las plantas rescatadas. Finalmente, cabe mencionar que actualmente el predio concesionado posee una superficie de 7'571,968.217 m² (757.2 ha) como áreas verdes con vegetación nativa, mismas que actúan como elementos mitigantes del aumento de la temperatura y la sensación térmica de la zona; además que son en todo momento permeables, lo que favorece la infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos; mejoran el paisaje, y funcionan como barrera contra el ruido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-27	<i>La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie de cada una de ellas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Las áreas verdes que contempla el proyecto, no están destinadas al uso de equipamiento urbano; por lo tanto, sólo se da observancia al presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-28	<i>Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales así como infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas donde los estudios indiquen que existe riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de riesgos del municipio oy/ del estado) .</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto propuesto no se pretende realizar en espacios excavados de sascaberas en desuso, ni de zonas sujetas a inundaciones; pues el Aeropuerto Internacional de Cancún

no se encuentra sujeto a inundaciones. Por otra parte, es importante mencionar que actualmente no existe un “Atlas de riesgos a nivel Municipal ni Estatal” para Quintana Roo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-29	<i>En la construcción de fraccionamientos dentro de áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados, deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitaciones, por lo que este criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-30	<i>En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la conservación de las poblaciones silvestres que la habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registraron zonas inundables, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-31	<i>Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En los programas respectivos de rescate de flora y fauna silvestre, se indican las áreas propuestas para la reubicación de los ejemplares rescatados, considerados como los sitios más idóneos para llevar a cabo dicha actividad.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-32	<i>Deberá preservarse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores a 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de espacios públicos ajardinados, por lo que este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-33	<i>Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con zonas industriales o centrales de abasto, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-34	<i>En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, de deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el programa de rescate de fauna que se anexa al presente estudio, se indica el destino que se le dará a los ejemplares rescatados, a fin de que esta autoridad determine lo conducente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-35	<i>No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades relacionadas con la introducción o liberación de fauna exótica, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-36	<i>Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registró la presencia de manglar, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-37	<i>Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, sólo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El sitio del proyecto no se ubica dentro de reservas territoriales para el desarrollo urbano, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-38	<i>Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no tiene contemplado la construcción de estacionamientos, pues no requiere de ellos dada su naturaleza. Se da observancia al presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-39	<i>Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación. Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito de fauna...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con humedales ni con el ANP Manglares de Nichupté, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-41	<i>Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp</i>, ente otros.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo urbano, y el predio del proyecto no colinda ANPs ni parques municipales, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-43	<i>Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismos al aire libre.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Este criterio hace referencia a las áreas verdes y áreas de conservación ubicadas dentro de la zona urbana, y que se encuentran disponibles para su uso o disfrute por parte de la población en general, de tal manera que requieren de equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismos al aire libre. En ese sentido, este criterio no es aplicable al proyecto, toda vez que las áreas verdes que contempla, no estarán destinadas al uso o disfrute de la población en general, ni mucho menos para su uso por parte de los operadores de las arrendadoras. El proyecto contará con baños al servicio del personal operativo; contará con contenedores para almacenar residuos sólidos (ver plan de manejo de residuos); el drenaje sanitario será conducido a las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan actualmente dentro del aeropuerto; cuenta con una superficie de 7'571,968.217 m² (757.2 ha) con áreas verdes con vegetación nativa que actúan como barrera natural para el ruido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-44	<i>Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con la Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-45	<i>Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún, se ubica fuera del área urbana del centro de población de la ciudad de Cancún; así mismo, se ubica fuera de las reservas del Municipio de Benito Juárez; sin embargo, las zonas de reubicación de las plantas rescatadas durante el cambio de uso de suelo, serán utilizadas exclusivamente para el trasplante de especies nativas. En el programa de rescate de vegetación anexo al capítulo 8 del presente estudio, se muestra el plano de ubicación del sitio donde serán reubicadas las plantas rescatadas.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-46	<i>El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende realizar actividades relacionadas con la industria concretera, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-47	<i>Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-48	<i>En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dentro de las áreas verdes del proyecto se mantendrán en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que será afectada con el cambio de uso de suelo, a fin de que se integren al diseño del mismo; esto con la finalidad de dar cumplimiento al presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-49	<i>Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-50	<i>Las especies recomendadas para la reforestación de dunas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la reforestación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-51	<i>La selección de sitios para la rehabilitación de dunas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la rehabilitación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-52	<i>En las playas de anidación de tortugas marinas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-53	<i>Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras...</i>
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-54	<i>En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en dunas, por lo que estos criterios sólo se consideran de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-55	<i>La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).</i>
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-56	<i>En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en zona de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-57	<i>La restauración de playas deberá realizarse con arena...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades de restauración de playas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-58	<i>Se prohíbe la extracción de arena en predio ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica sobre la franja litoral del municipio, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-59	<i>En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la calidad del suelo y de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de áreas verdes, por lo que no se contempla realizar actividades de poda o deshierbe como parte del proyecto que se propone.

3.2. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ANP'S

El predio del proyecto no se ubica dentro de algún polígono oficialmente decretado de Áreas Naturales Protegidas, sean de carácter Federal, Estatal o Municipal (ver planos anexos).

3.3. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

3.3.1. 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.

Objetivo y campo de aplicación.- Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

Es menester mencionar que el proyecto no promueve la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo establecidas por esta Norma, por lo tanto el objetivo y campo de aplicación de la misma, no resulta aplicable al proyecto en el sentido amplio de su contexto.

Por otra parte, de acuerdo con el inventario forestal realizado dentro del predio del proyecto, se identificaron dos especies de flora silvestre registradas en la norma en

comento, dentro de la categoría de especies amenazadas, a saber: *Thrinax radiata* (chit) y *Coccothrinax readii* (nacax), como se muestra en las siguiente imágenes:



También se identificó la existencia de la especie *Ctenosaura similis* (iguana gris), dentro de la composición de especies de fauna silvestre asociadas a la superficie de CUSTF.

3.4. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)

- 3.4.1.** Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014 – 2030, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 16 de octubre del 2014.

De acuerdo con la sección primera “Centralidades y Corredores Urbanos”, el Aeropuerto se define como una centralidad de “Subcentro urbano”, según lo señalado en el artículo 75 de dicha sección.

Así mismo, el “Artículo 74. Criterios generales de las centralidades”, cita que las centralidades son áreas de concentración económica y ejercen una función de integración urbana, permiten ordenar la dinámica económica y logística de operación de la ciudad a diferentes escalas por lo que es necesario fortalecer sus funciones para dinamizar el empleo e inhibir los grandes desplazamientos. Forman parte de la estrategia territorial que muestra su distribución en el plano E-04 Estrategia territorial y la relación con los proyectos urbanos estratégicos en el plano E-09.

Su radio de influencia se ve acotada en los usos de suelo mostrados en los Planos de zonificación secundaria con clave E-06, E-06A, E-06B, E-06C, E-06D, E-06E, E-06F, E-06G, E-06H.

No obstante lo anterior, es importante mencionar que el PDU-C no establece parámetros de construcción, ni porcentajes de desmonte o de aprovechamiento que se deban cumplir en la implementación de un proyecto; por lo que dicho instrumento normativo sólo se considera de observancia para las obras que se someten a evaluación (ver plano anexo a este capítulo).

3.5. OTROS INSTRUMENTOS A CONSIDERAR

3.5.1. Regiones terrestres prioritarias

El predio del proyecto no se sitúa dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria oficialmente decretada, según la CONABIO (ver plano anexo a este capítulo).

3.5.2. Áreas de importancia para la conservación de las aves

El predio del proyecto no se sitúa dentro de alguna zona decretada como Área de Importancia para la Conservación de las Aves, según la CONABIO (ver plano anexo a este capítulo).

3.5.3. Regiones marinas prioritarias

El predio del proyecto no se sitúa dentro de alguna Región Marina Prioritaria oficialmente decretada, según la CONABIO (ver plano anexo a este capítulo).

3.5.4. Regiones hidrológicas prioritarias

El predio del proyecto se sitúa dentro de la Región Hidrológica Prioritaria 103. CONTOY, de acuerdo con los listados oficiales de la CONABIO (ver planos anexos).

Entre la problemática que se suscita en esta RMP, se tiene lo siguiente:

- Modificación del entorno: asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.

- Contaminación: ND.

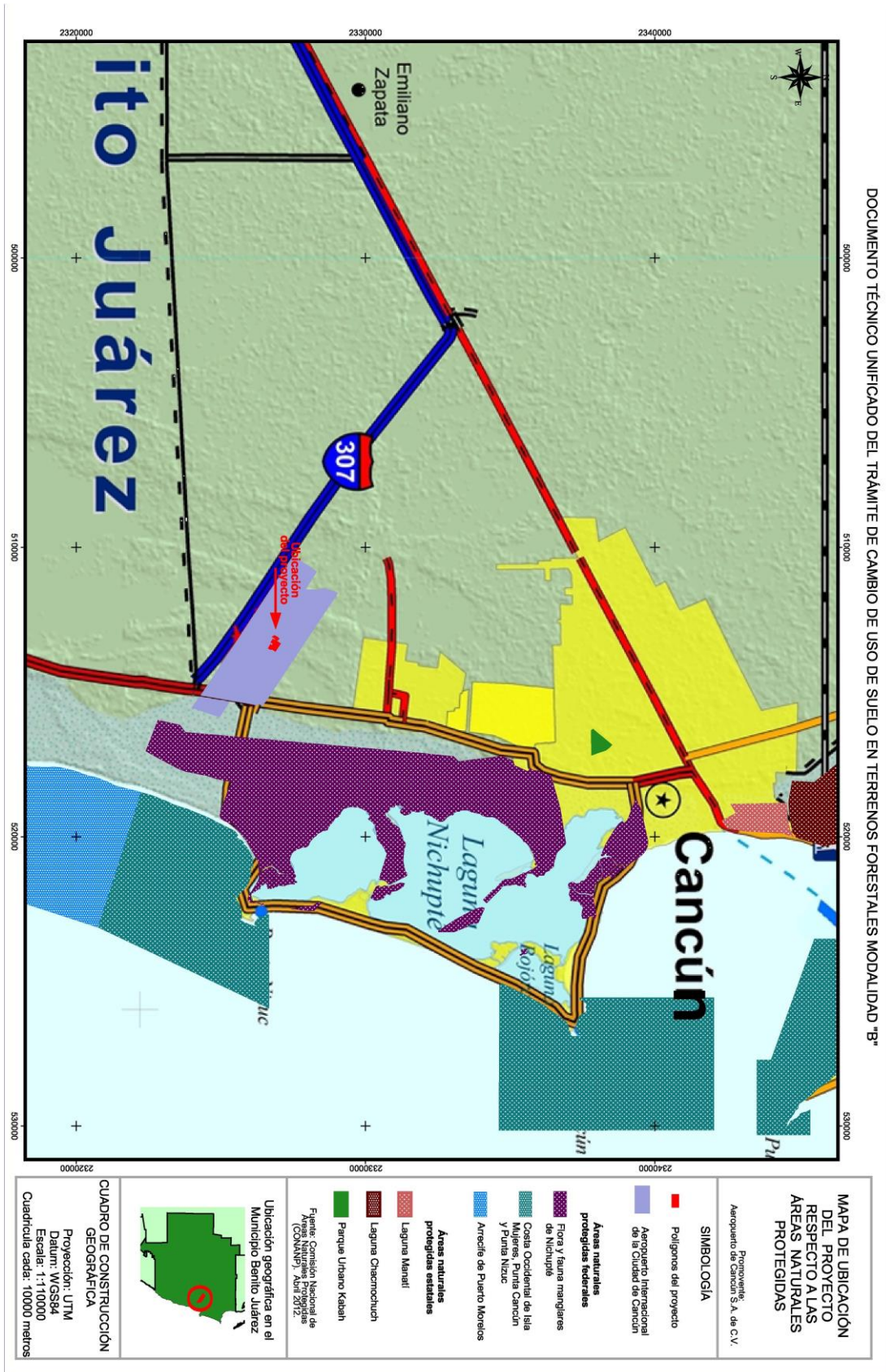
- Uso de recursos: uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga. La región constituye una importante fuente de abastecimiento de agua y recursos forestales.

Al respecto es importante mencionar que el proyecto no contribuye con la problemática que acontece en la RHP en comento, ya que: no promueve asentamientos irregulares ni actividades de ganadería. No se pretende usar fuego durante el CUSTF; no se llevarán a cabo actividades de explotación forestal, introducción de fauna exótica, ni pesca. No se hará uso de trampas no selectivas o tráfico ilegal de especies. Y el proyecto no se relaciona con actividades forestales, turísticas, pesqueras o pecuarias, ni cacería o saqueo de nidos de tortuga.

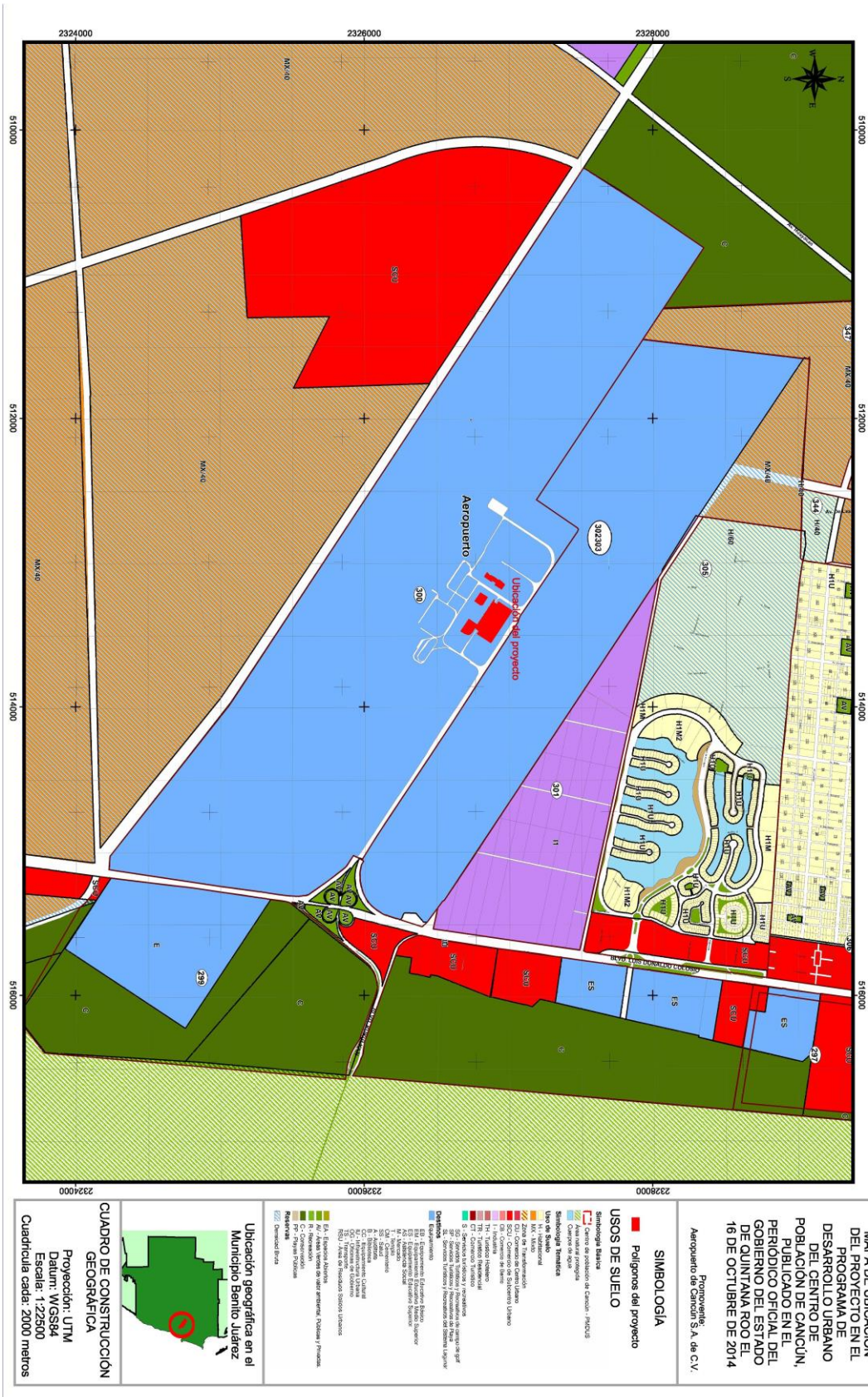
3.6. PLANOS ANEXOS

A continuación se presentan los planos que se citan en el contenido del presente capítulo, específicamente como “planos anexos”.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES MODALIDAD "B"



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES MODALIDAD "B"



MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE CANCUN, PUBLICADO EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO EL 16 DE OCTUBRE DE 2014

Proyecto: Aeropuerto de Cancun S.A. de C.V.

SIMBOLOGÍA

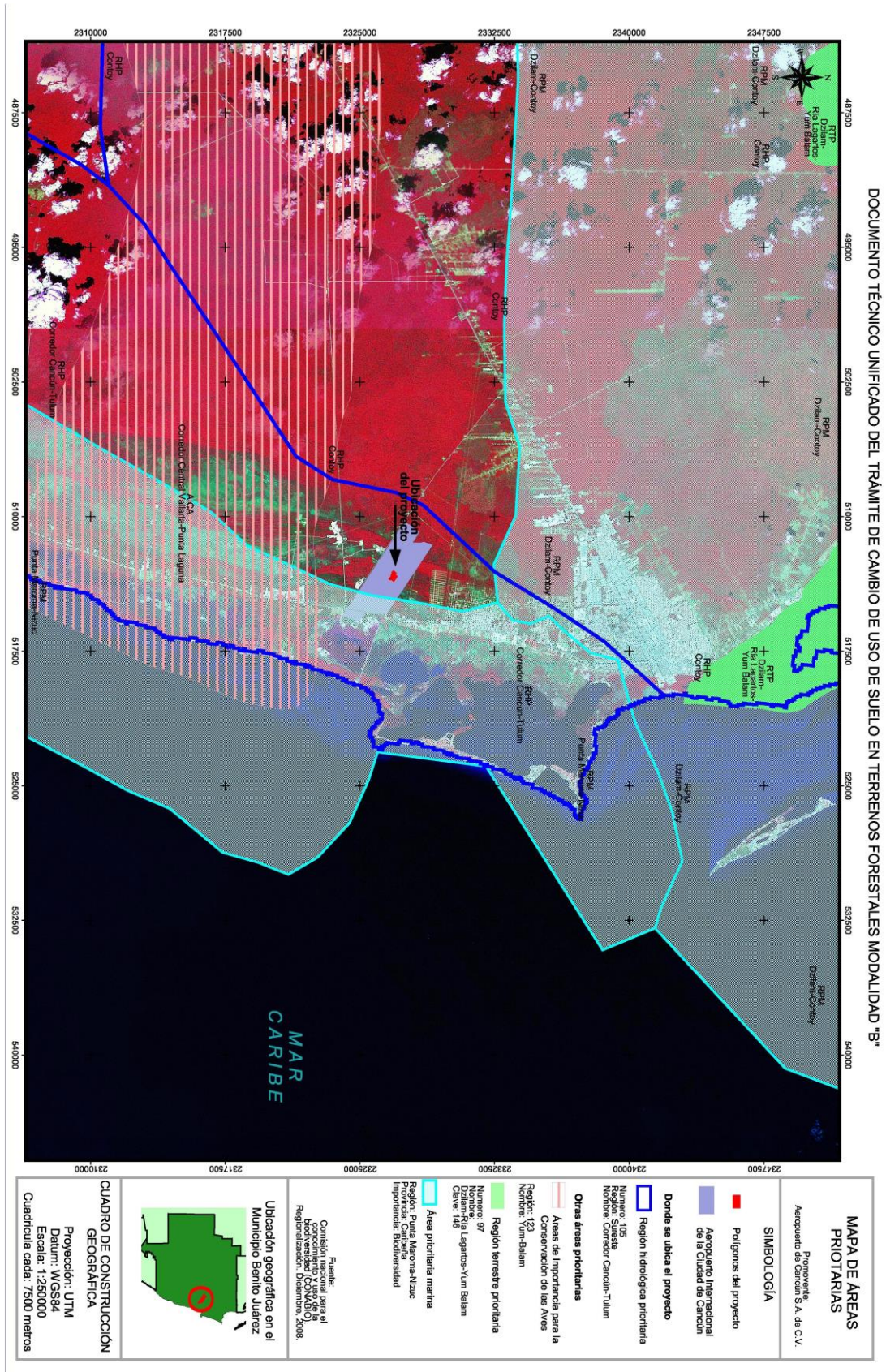
USOS DE SUELO

- Polígonos del proyecto

- Símbolos de terreno
- Área de terreno
- Campos de agua
- Símbolos de terreno
- Zonas de transformación
- 11 - Edificación
- 12 - Caminos
- 13 - Caminos
- 14 - Caminos
- 15 - Caminos
- 16 - Caminos
- 17 - Caminos
- 18 - Caminos
- 19 - Caminos
- 20 - Caminos
- 21 - Caminos
- 22 - Caminos
- 23 - Caminos
- 24 - Caminos
- 25 - Caminos
- 26 - Caminos
- 27 - Caminos
- 28 - Caminos
- 29 - Caminos
- 30 - Caminos
- 31 - Caminos
- 32 - Caminos
- 33 - Caminos
- 34 - Caminos
- 35 - Caminos
- 36 - Caminos
- 37 - Caminos
- 38 - Caminos
- 39 - Caminos
- 40 - Caminos
- 41 - Caminos
- 42 - Caminos
- 43 - Caminos
- 44 - Caminos
- 45 - Caminos
- 46 - Caminos
- 47 - Caminos
- 48 - Caminos
- 49 - Caminos
- 50 - Caminos
- 51 - Caminos
- 52 - Caminos
- 53 - Caminos
- 54 - Caminos
- 55 - Caminos
- 56 - Caminos
- 57 - Caminos
- 58 - Caminos
- 59 - Caminos
- 60 - Caminos
- 61 - Caminos
- 62 - Caminos
- 63 - Caminos
- 64 - Caminos
- 65 - Caminos
- 66 - Caminos
- 67 - Caminos
- 68 - Caminos
- 69 - Caminos
- 70 - Caminos
- 71 - Caminos
- 72 - Caminos
- 73 - Caminos
- 74 - Caminos
- 75 - Caminos
- 76 - Caminos
- 77 - Caminos
- 78 - Caminos
- 79 - Caminos
- 80 - Caminos
- 81 - Caminos
- 82 - Caminos
- 83 - Caminos
- 84 - Caminos
- 85 - Caminos
- 86 - Caminos
- 87 - Caminos
- 88 - Caminos
- 89 - Caminos
- 90 - Caminos
- 91 - Caminos
- 92 - Caminos
- 93 - Caminos
- 94 - Caminos
- 95 - Caminos
- 96 - Caminos
- 97 - Caminos
- 98 - Caminos
- 99 - Caminos
- 100 - Caminos

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

Proyección: UTM
 Datum: WGS84
 Escala: 1:22500
 Cuadrícula cada: 2000 metros



CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

El terreno forestal se encuentra ubicado dentro de la Cuenca 32A Quintana Roo. A nivel de subcuencas hidrológicas el predio se ubica en la subcuenca Menda; y finalmente podemos citar que el predio se ubica en la microcuenca Cancún (ver plano de la página siguiente).

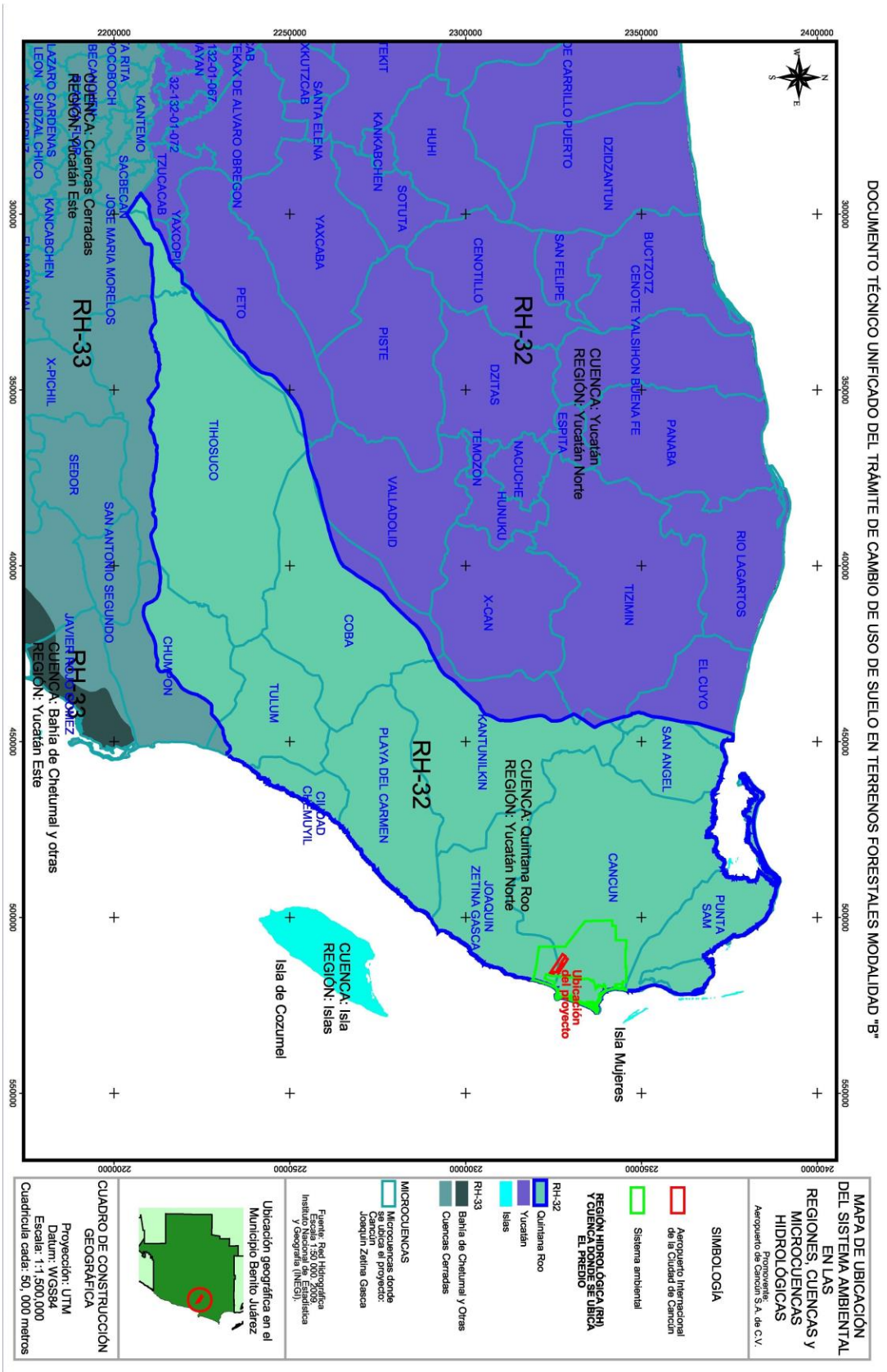
La Cuenca 32A Quintana Roo se ubica al Norte del Estado, ocupa el 31% de la superficie estatal e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy; tiene como límites: al Norte el Golfo de México; al este es Mar Caribe; al Sur la división con la RH33 que coincide aproximadamente con el paralelo 20° de latitud Norte; y al Oeste con el límite de Yucatán donde continúa, excepto en una pequeña porción que corresponde a la cuenca 32B.

La temperatura media anual en la cuenca es de 26°C con una precipitación que va de 800 mm en el Norte a más de 1,500 al Sureste de la Cuenca y con un rango de escurrimiento de 0 a 5% que la abarca prácticamente toda, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% debido a la presencia de arcillas y limos.

Como ocurre en casi toda la Península, no existen corrientes superficiales en esta porción del Estado por las características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son la de Conil, Chakmochuk y Nichupté, así como aguadas ⁽¹⁰⁾.

Por su parte, la microcuenca Cancún se encuentra definida según el sistema de clasificación usado por INEGI para el “Mapa de Cuencas y Microcuencas”; pertenece a la región hidrológica Yucatán Norte, a la cuenca hidrológica Quintana Roo, Subcuenca Menda 2 y su polígono se encuentra entre los 3500197.14373 N y 2512977 E y 3575320.5 N y 2452483.54925 E, coordenadas UTM, cuenta con una superficie de 2658.7 Km² y un perímetro de 249.747 Km.

¹⁰ INEGI. Estudio Hidrológico del estado de Quintana... Op. cit. págs. 9, 20 y 21.



4.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Si bien el predio se ubica dentro de la Cuenca Quintana Roo, esta por su extensión, no resulta representativa de elementos físicos y biológicos con los que interactuará el proyecto; por lo tanto, para este estudio se optó por reducir el área de influencia del proyecto a nivel del sistema ambiental, tal como se describe a continuación.

Ante dicho panorama, se optó por definir el sistema ambiental conforme a la superficie que ocupa la UGA 21 denominada “Zona urbana de Cancún” y la UGA 23 “Parque Urbano Kabah” (como predio testigo), establecidas en el decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (2014) aplicable al predio del proyecto.

Por lo anterior, la superficie que abarca el Sistema Ambiental propuesto (UGAS 21 y 23) corresponde a 34,975.23 hectáreas, de acuerdo con la ficha técnica de dichas UGAS propuestas en el POEL de referencia (ver plano de la página siguiente).

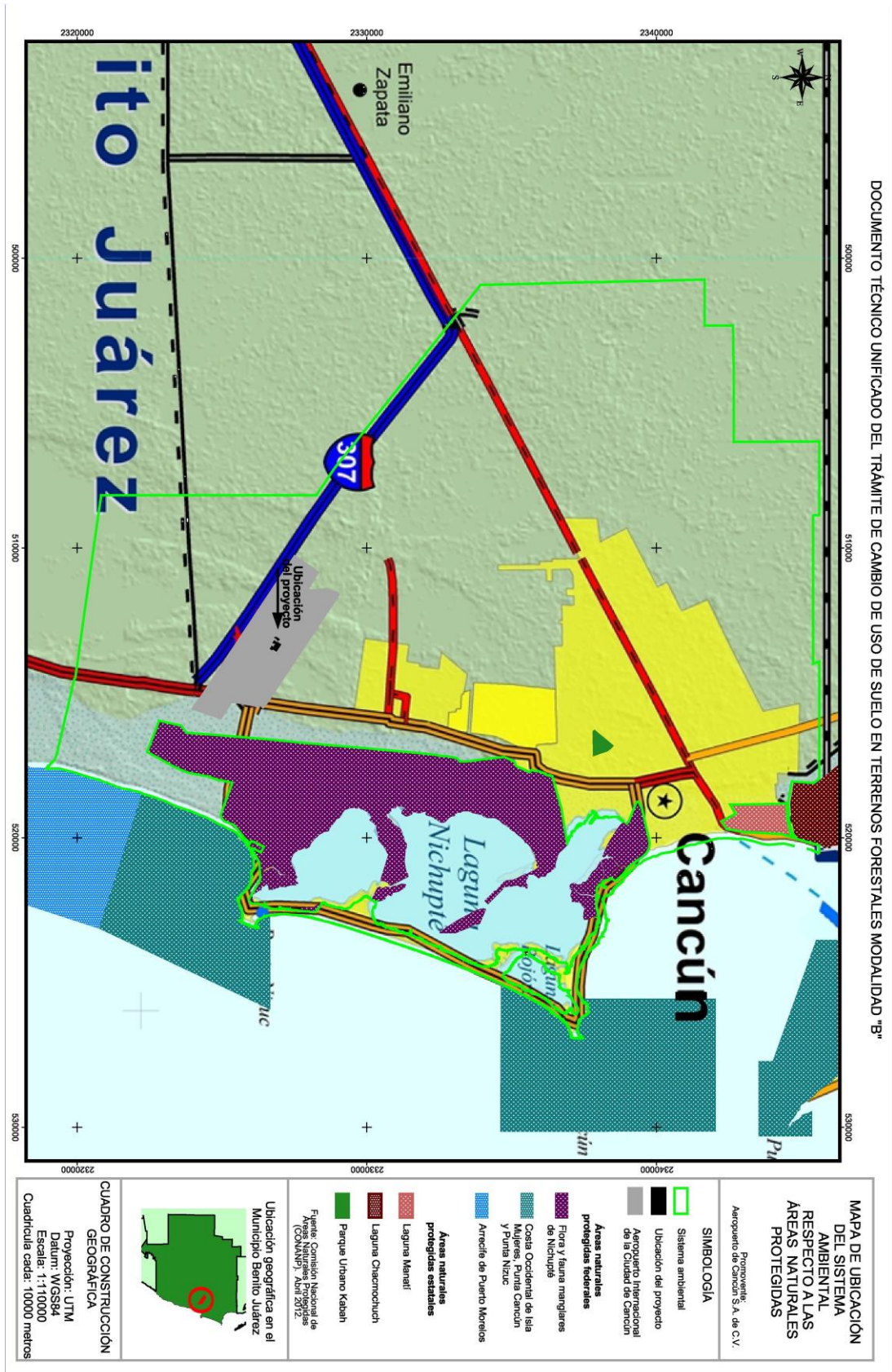
4.2.1. Elementos físicos y biológicos del sistema ambiental

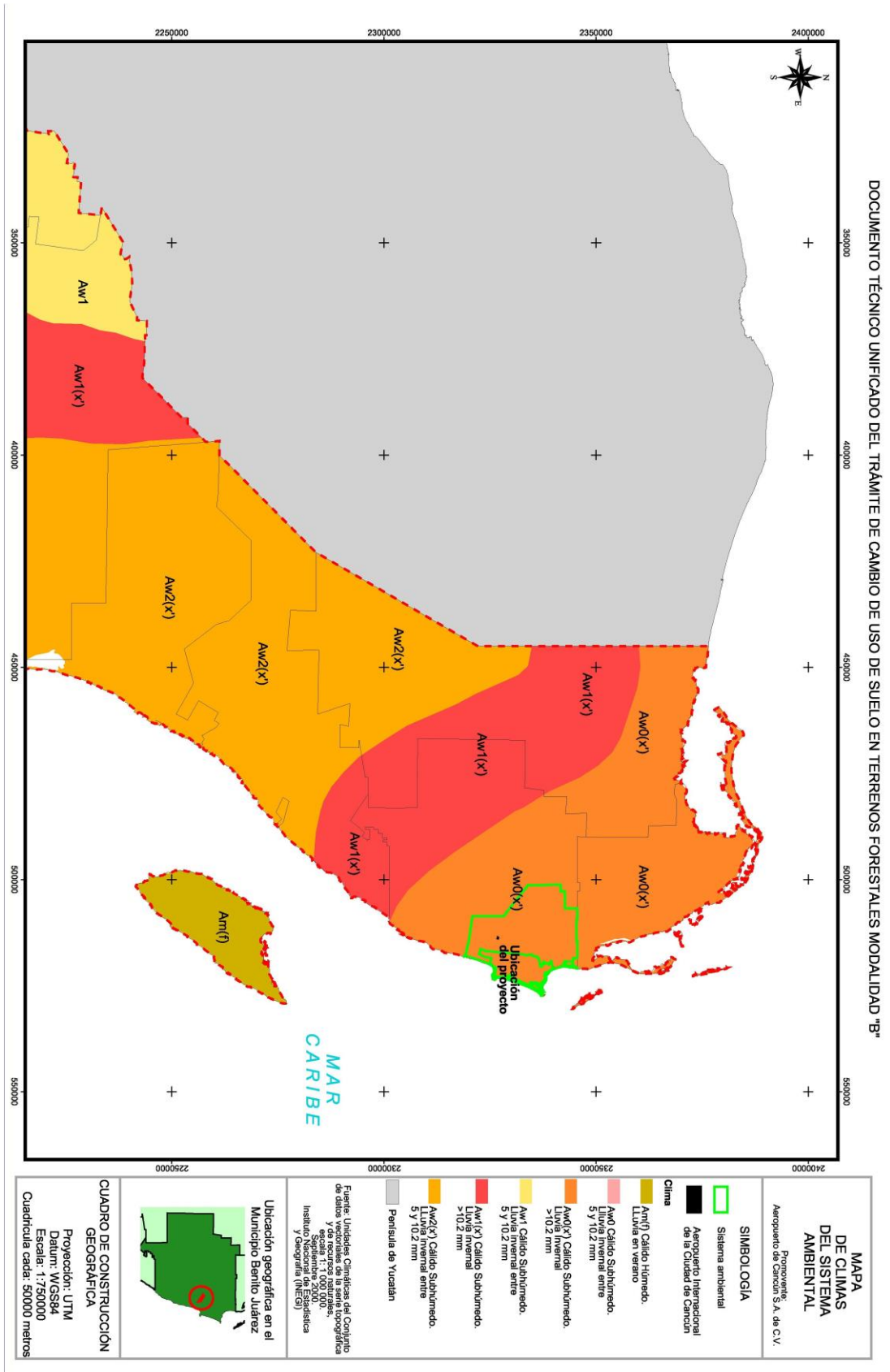
El objetivo de este apartado se orienta a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del sistema ambiental del sitio donde se establecerá el proyecto, todo ello con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales y de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro.

a. Medio abiótico

a.1. Clima

En el sistema ambiental se presentan lluvias constantes a lo largo del año que le confieren la característica de clima subhúmedo $Aw0(x')$ de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), lo cual se observa en el plano de la página 6. El índice de Lang también sitúa a este sistema con un clima húmedo y muy húmedo según sus características de precipitación y temperatura. En promedio llueven 104 días al año, y por su ubicación en el litoral y su baja altitud, su oscilación térmica es reducida, comparada con otras zonas al interior del territorio. Los meses más calurosos son de mayo a septiembre, los cuales reportan niveles medios de precipitación. Es a final del año que llueve de manera más intensa y se registran valores de temperaturas que se encuentran por debajo del promedio, los meses más fríos son los dos primeros del año.





Existe una temporada de lluvias de junio a noviembre, pero es de septiembre a noviembre cuando se reportan niveles mayores de precipitación mensual. La ubicación del sistema ambiental a orillas del mar y con la presencia de una laguna costera le confiere altos niveles de evaporación y por tanto de humedad. La evaporación es marcada en dos temporadas, para los meses más cálidos de marzo a mayo y cuando llega la época de lluvias de julio a octubre.

Los datos para caracterizar el clima fueron obtenidos de la única estación climatológica de la ciudad que se denomina CANCUN-CAPA y es la número 23155, se ubica al inicio de la zona hotelera en la latitud 21.1567, longitud-86.8203 a 9 msnm. Es una Estación Climatológica de tipo Convencional de la Comisión Nacional del Agua (EMA) y registra información de variables meteorológicas de temperatura, precipitación y evaporación desde hace 22 años (1991-2013).

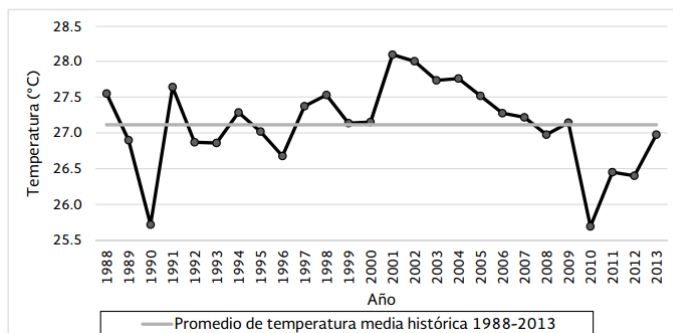
a.2. Temperatura

La temperatura media histórica (1988-2013) para el sistema ambiental ha presentado una tendencia cambiante a lo largo del tiempo, registrando un valor promedio mínimo de 25.7°C en 2010, máximo de 28.1°C en 2001 y un promedio general de 27.1°C (Tabla 5.1 y Figura 5.1). Los valores extremos absolutos encontrados varían aproximadamente en 10 grados, presentándose un valor extremo máximo de 31°C registrado en el mes de agosto del 2004 y un mínimo de 21.2°C en diciembre de 2010.

Tabla 5.1. Serie temporal de temperatura media mensual para la ciudad de Cancún.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	ND	ND	ND	27.1	27.9	28.5	29.5	ND	28.4	27.2	26.6	24.8
1989	ND	24.8	25.3	27.2	28.3	ND	28.7	ND	ND	ND	ND	ND
1990	25.4	25.4	25.5	26.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1991	ND	ND	26.2	28.3	28.4	29.3	29.1	28.9	28.3	27.3	25.4	25.3
1992	23.9	24.0	26.0	27.1	26.7	29.2	29.0	29.1	28.8	26.6	26.8	25.2
1993	25.0	24.4	25.2	26.8	27.8	28.6	29.4	28.6	28.3	27.3	26.3	24.5
1994	24.8	25.8	25.5	27.8	28.5	29.6	29.2	29.5	28.1	27.8	26.4	24.4
1995	24.0	23.8	25.7	27.5	29.5	28.8	29.2	29.1	28.6	27.3	25.9	24.9
1996	23.1	24.0	24.2	27.3	28.3	28.9	29.4	28.4	29.1	27.2	25.6	24.6
1997	24.2	25.6	26.5	27.3	28.7	29.1	30.1	30.2	28.8	28.0	26.1	24.0
1998	24.2	23.9	25.0	27.8	29.0	30.4	29.4	30.1	29.7	28.6	27.1	25.3
1999	24.8	25.2	26.3	28.3	29.8	28.7	28.8	29.1	28.7	27.0	24.7	24.1
2000	23.6	24.5	26.0	27.4	29.4	28.8	29.9	29.2	28.9	26.9	26.9	24.3
2001	23.5	27.6	26.8	28.7	29.1	30.4	30.8	30.6	28.6	28.5	26.2	26.3
2002	25.1	25.3	26.3	28.7	30.0	29.2	30.9	30.8	29.6	28.9	26.3	24.9
2003	22.4	26.9	28.4	27.2	30.6	30.2	29.9	30.7	28.5	28.3	26.7	23.0
2004	24.2	25.0	26.5	27.3	29.2	29.8	30.2	31.0	29.4	28.6	27.0	24.9
2005	24.2	25.2	26.5	27.2	30.0	29.4	29.7	30.5	30.0	26.6	26.3	24.6
2006	24.3	24.3	25.8	27.5	28.2	29.0	30.2	30.2	30.2	28.2	24.4	25.0
2007	25.5	24.6	26.4	27.1	28.2	29.0	30.3	29.1	28.3	27.5	25.7	24.9
2008	24.1	25.7	26.1	27.3	29.3	28.5	29.0	29.8	29.2	26.4	24.2	24.1
2009	23.4	23.9	25.2	27.1	28.5	28.9	29.7	30.4	29.9	28.8	25.0	24.9
2010	22.5	22.0	22.8	26.2	28.0	29.2	28.2	29.4	28.5	25.8	24.5	21.2
2011	22.8	24.4	25.5	27.8	28.9	28.2	28.1	28.9	28.5	25.1	24.9	24.3
2012	23.8	24.6	26.3	27.0	27.9	27.6	28.6	28.5	28.2	26.3	23.7	24.3
2013	24.4	25.2	23.4	27.4	28.5	28.2	27.9	27.9	26.9	28.6	27.9	27.4

Figura 5.1. Temperatura media anual histórica de Cancún 1988-2013.



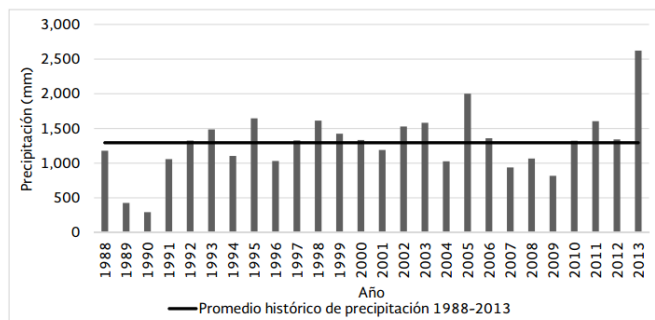
Analizando las temperaturas medias promedio, es notable que históricamente (1988-2013) el mes más caliente en Cancún es agosto en donde se registra un promedio de temperaturas medias de 29.6°C y el mes más frío es enero con un valor mínimo de 24.1°C. Enero, febrero y diciembre son los meses en que se presentan las temperaturas medias más bajas, y julio y agosto cuando se registran las más altas

a.3. Precipitación media anual

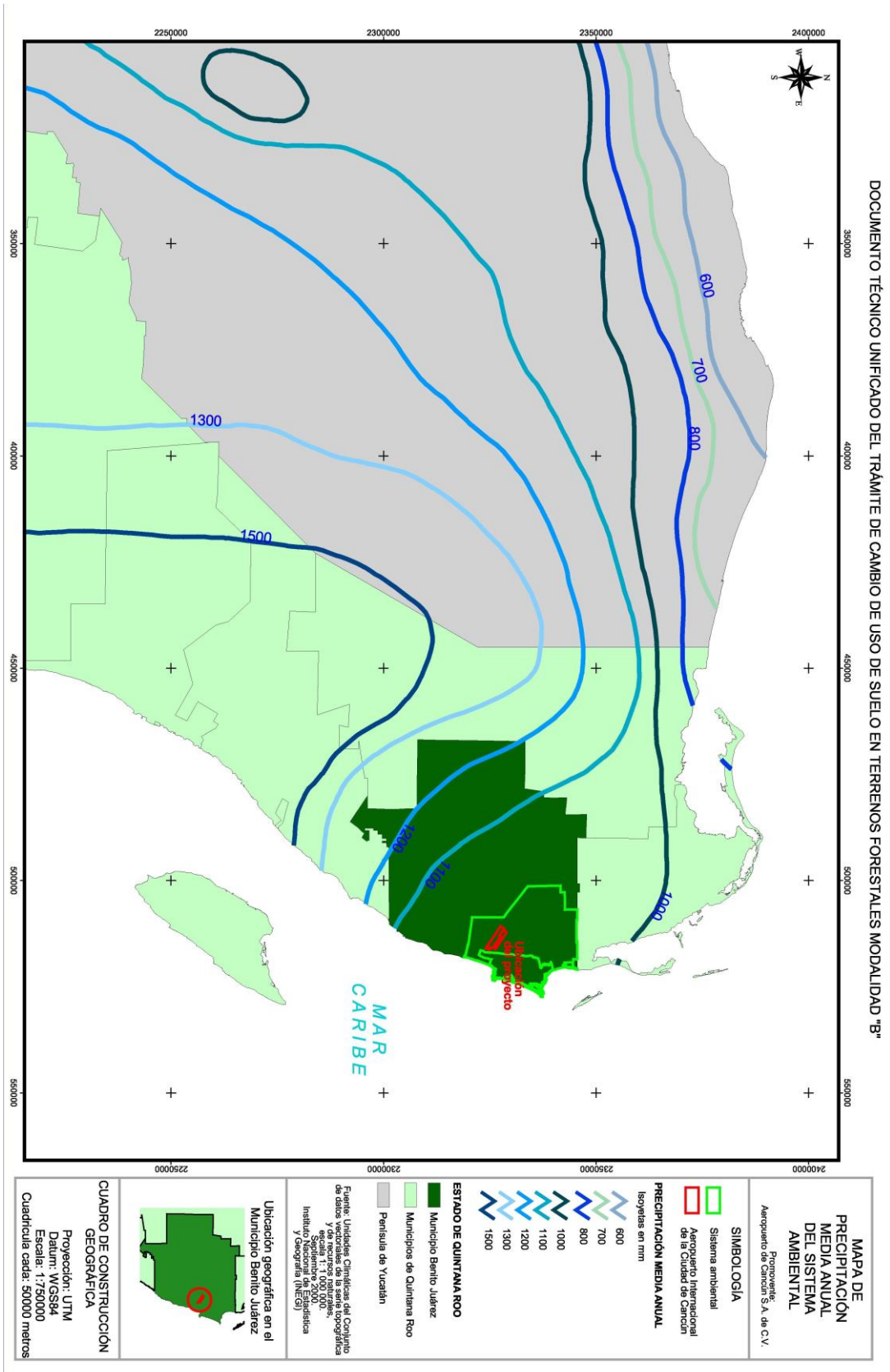
Según la carta de precipitación media anual del INEGI, el sistema ambiental se ubica en una zona que presenta un rango de precipitación que va desde los 1000 a los 1100 mm anuales (ver plano de la página siguiente).

Sin embargo, de 1988 al 2013, el promedio anual de precipitación para el sistema ambiental fue de 1,294.3 mm, siendo el 2013 el año más lluvioso con una precipitación total anual de 2,622.6mm y 1990 el menos con 293.9 mm (Figura 5.10). Se observa que de 1988 a 1990 existe una disminución en la precipitación; de 1991 al 2004 hay una estabilidad semejante en los valores de precipitación, y a partir de 2005 hasta 2013 se registran valores un poco más variables¹¹.

Figura 5.10. Precipitación total anual de Cancún 1988-2013.

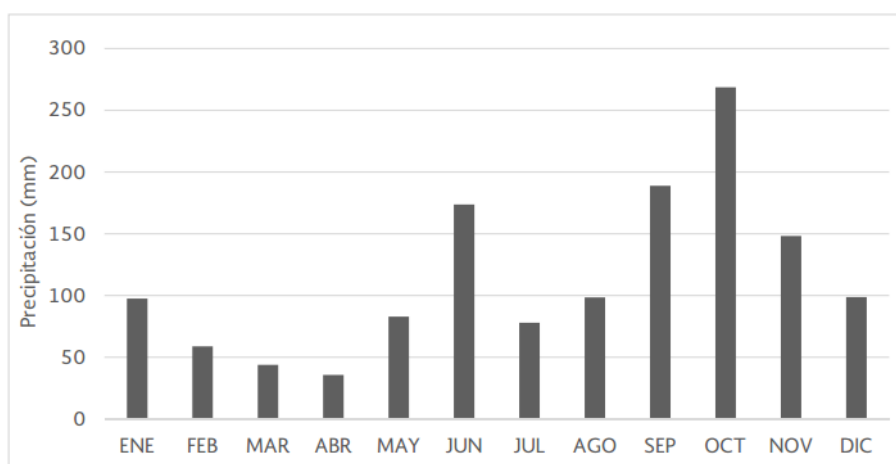


¹¹http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%201032015%20FINAL_IMPRESO.pdf



En cuanto a la precipitación mensual se tiene que históricamente (1988-2013) abril es el mes en que menos llueve y octubre cuando frecuentemente se registra mayor precipitación. Observando el mapa de precipitación media histórica del periodo 1991-2013, coincide abril como el mes en que se registran valores más bajos de precipitación, pero también se encuentra marzo, así mismo durante junio, septiembre y octubre se registran las precipitaciones medias más abundantes y durante el resto del año se muestran valores medios de precipitación. En ocho meses del año llueve 100 mm o menos al mes, y solo en junio, septiembre, octubre y noviembre llueve por encima de los 100 mm en promedio (Figura 5.11).

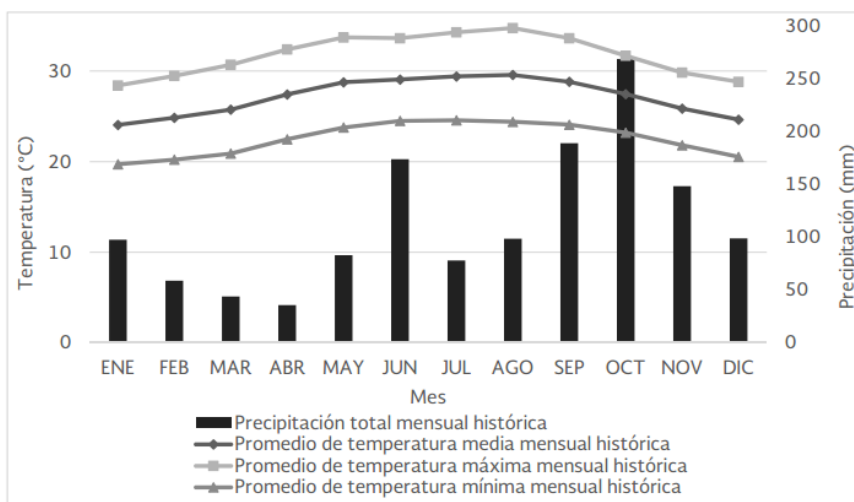
Figura 5.11. Precipitación mensual promedio histórica de Cancún 1988-2013.



Al analizar el climograma que presenta la precipitación y la temperatura se puede decir que en el sistema ambiental no se presentan meses secos. De acuerdo al índice de Gausson que expresa que cuando la precipitación es mayor que el doble de la temperatura media, no se considera un mes seco¹². Para el caso del sistema ambiental, en ningún mes del año los valores de la precipitación se encuentran por debajo del doble de las temperaturas medias, por lo que se deduce que no existe sequía de acuerdo a este índice (Figura 5.14).

¹²http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%201032015%20FINAL_IMPRESO.pdf

Figura 5.14. Climograma de la ciudad de Cancún 1988-2013.



a.4. Vientos dominantes

En el sistema ambiental, los vientos alisios predominan durante todo el año, debido a la influencia de las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial, manifestando cambios en su dirección y velocidad en el transcurso del año. En los primeros meses del año (enero-mayo), los vientos tienen una dirección Este-Sureste y mantienen velocidad promedio de 3.2 m/seg. Para el lapso de Junio a Septiembre, los vientos circulan en dirección Este, incrementando su velocidad promedio hasta 3.5 m/seg. Finalizando el año, en Noviembre y Diciembre, la dirección del viento cambia hacia el Norte y presenta velocidades de 2 m/seg., lo que coincide con el inicio de la temporada de “Nortes”.

a.5. Intemperismos severos

El sistema ambiental, por su ubicación geográfica, se encuentra en una zona de elevado riesgo a los efectos de eventos hidrometeorológicos de gran intensidad ya que se localizan en la ruta de ciclones cuyo origen son las zonas ciclogénicas del Caribe (alrededor de los 13 grados latitud norte y 65 grados longitud oeste) y sur de las islas Cabo Verde (cerca de los 12 grados latitud norte y 57 grados longitud oeste).

En los últimos 25 años en el Atlántico se han generado 497 eventos ciclónicos (depresiones, tormentas y huracanes) de los cuales 13 han afectado directamente la zona norte de Quintana Roo, y por ende, el sistema ambiental, y dos de ellos han sido considerados de grandes magnitudes y devastadores para la zona de estudio; dichos eventos corresponden a Gilberto en 1988 y Wilma en 2005.

a.6. Intemperismos no severos

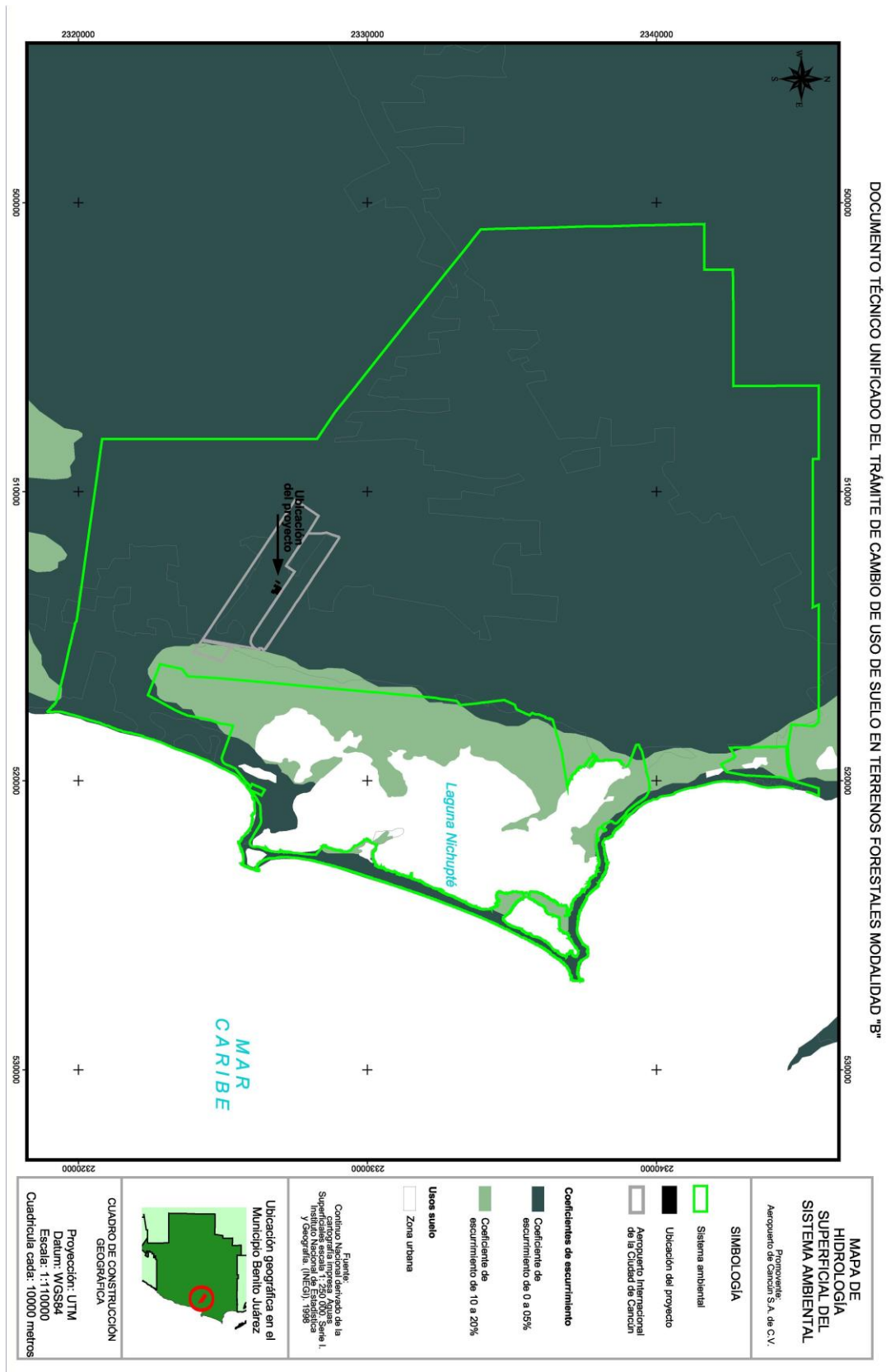
Los nortes, otros fenómenos atmosféricos de ocurrencia en el sistema ambiental, son masas de aire polar que resultan durante el otoño y el invierno, provocando el descenso de la temperatura, precipitaciones intensas y fuertes vientos que en ocasiones alcanzan velocidades de hasta 90 kilómetros por hora. Su intensidad es capaz provocar cambios en la fisiografía de la playa así como derribar árboles tierra adentro.

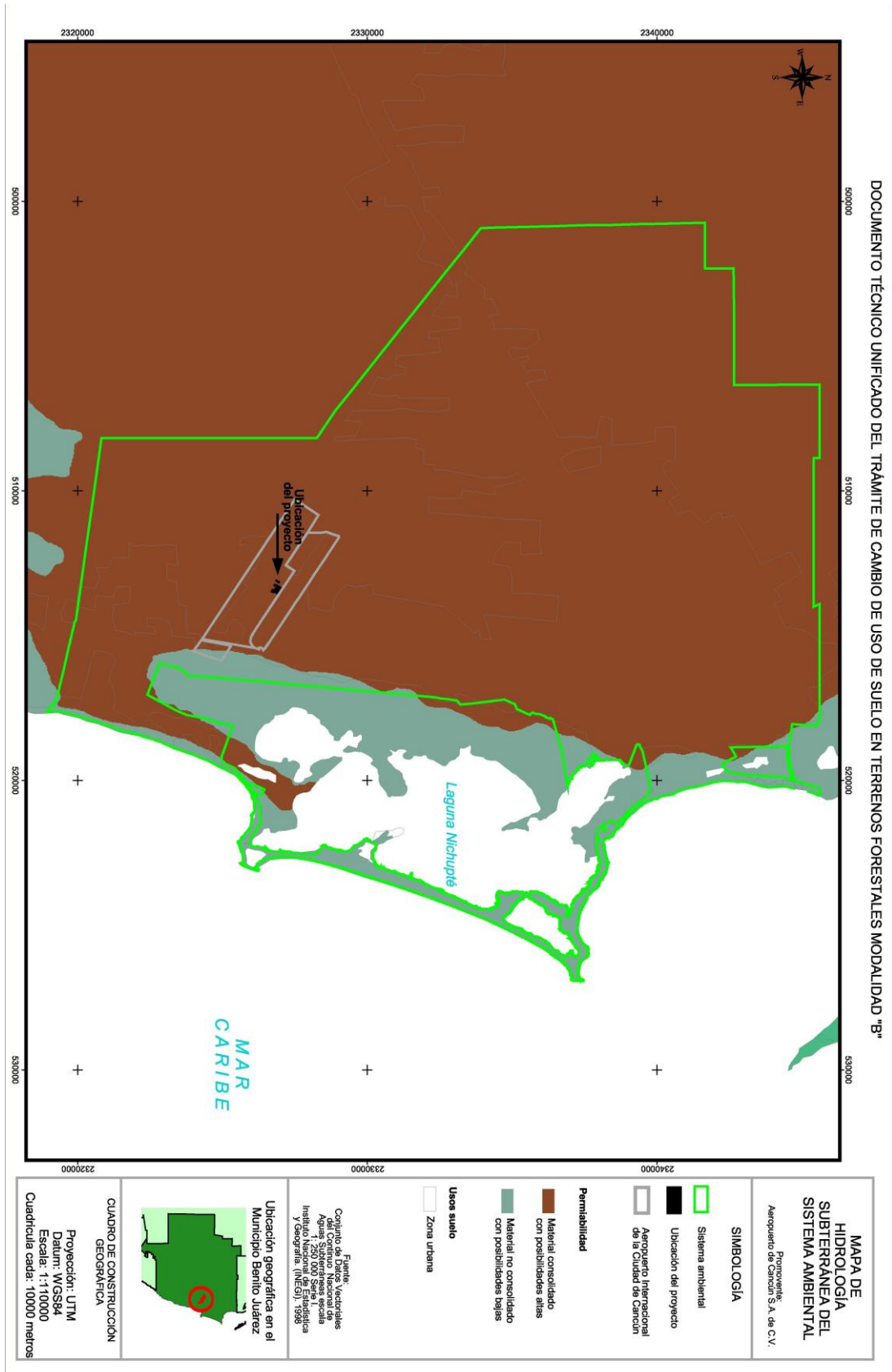
a.7. Hidrología

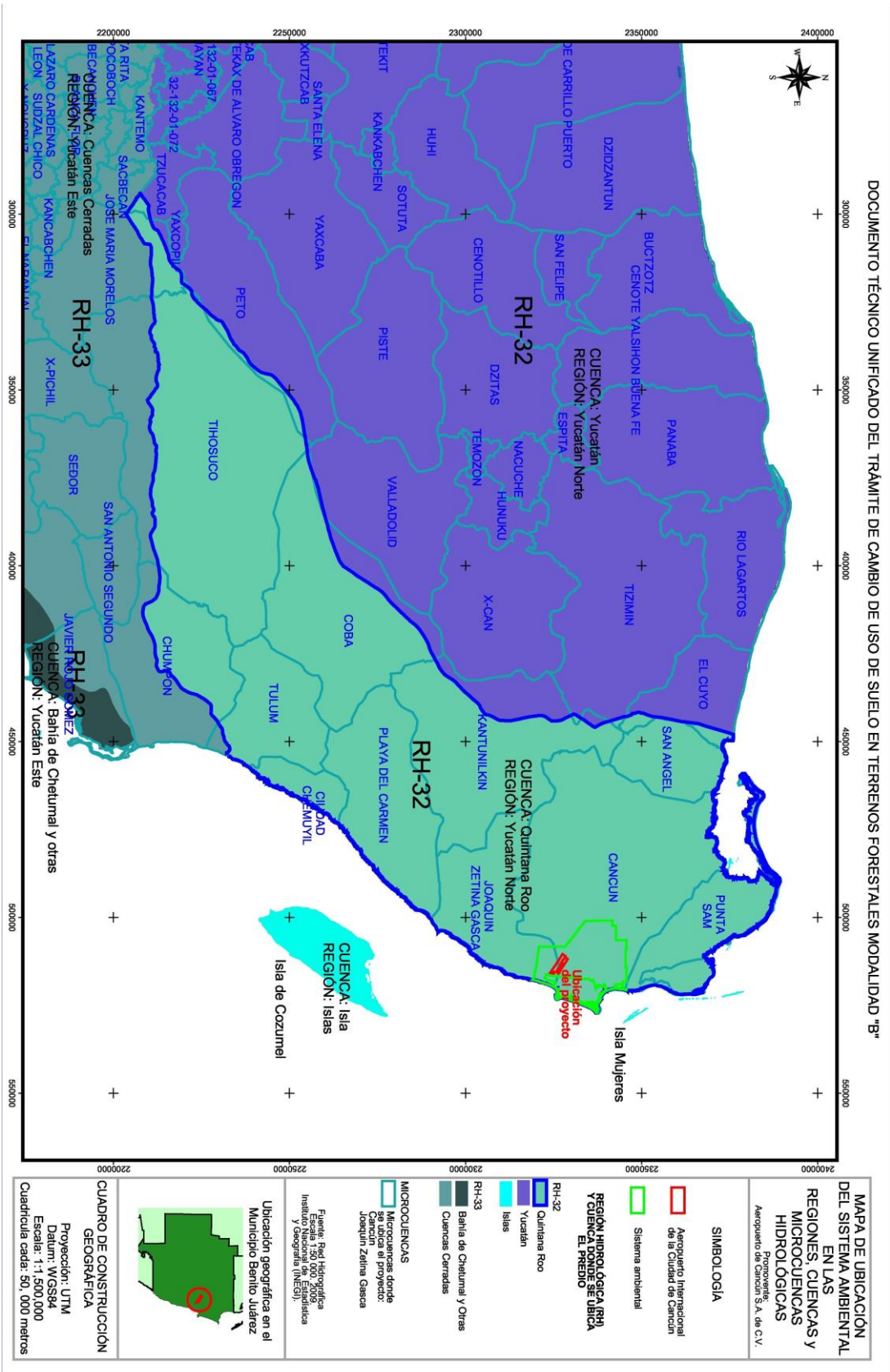
El sistema ambiental se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes, la porción del agua pluvial que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al suelo, produciendo una saturación de las capas superficiales y por consiguiente su incorporación al acuífero subterráneo. El SA se encuentra en una zona que presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% (zona en la que se ubica el predio del proyecto), y algunas pequeñas porciones de terreno se ubican dentro de una zona con coeficiente de escurrimiento de 0 a 20%, particularmente aquellas que colindan con el Sistema Lagunar Nichupté (ver plano de la página siguiente).

Por otra parte, según la carta de hidrología subterránea (INEGI, escala 1:250000), el sistema ambiental se localiza en una zona que presenta material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (zona en la que se ubica el predio del proyecto), a excepción de las zonas que se encuentran colindantes con el sistema lagunar Nichupté, en donde se presenta material no consolidado con posibilidades bajas de funcionar como acuífero (ver plano de la página 13).

Por otra parte, de acuerdo con la carta hidrológica de aguas superficiales de INEGI, el sistema ambiental pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte (ver plano de la página 14); en donde el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta; en la porción continental existen numerosos cenotes y aguadas. Por otro lado, se localizan dos zonas de concentración de pozos, que se utilizan para el abastecimiento de agua potable de Cancún e Isla Mujeres.







a.8. Fisiografía

El sistema ambiental se alberga dentro de una gran provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La mayor parte de esta provincia está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas se acercan a los 300 msnm hacia el centro de la península cerca del límite con Campeche y en la parte suroeste del estado extendiéndose esta zona con dirección aproximada Norte-Sur.

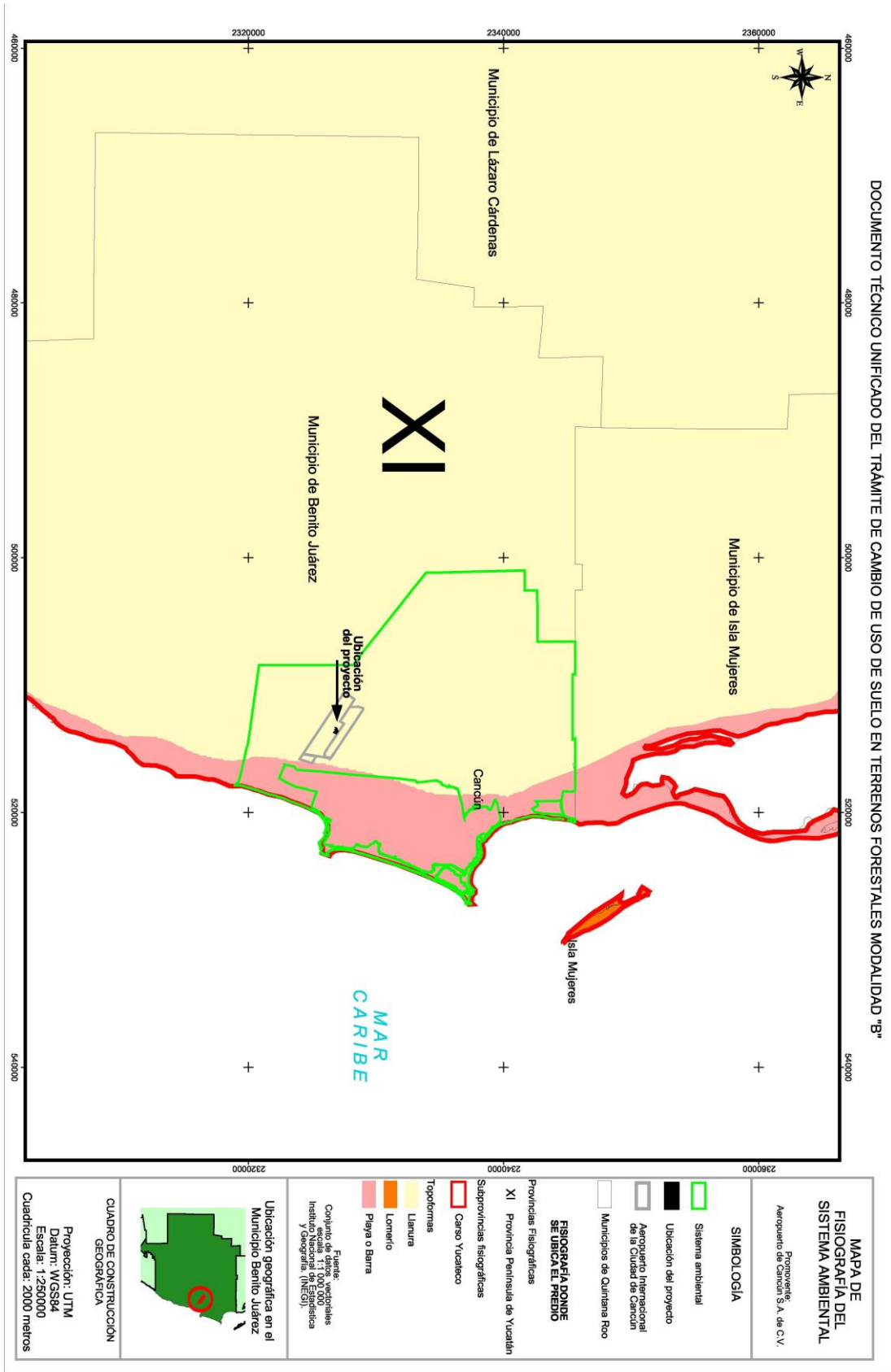
En términos de subprovincias fisiográficas; el área de estudio se localiza en la subprovincia denominada Carso Yucateco que abarca las porciones Centro y Norte del estado. Dentro de sus características, podemos mencionar que dicha subprovincia está formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el Este y hacia el Norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m en su parte Suroeste (ver plano de la página 16).

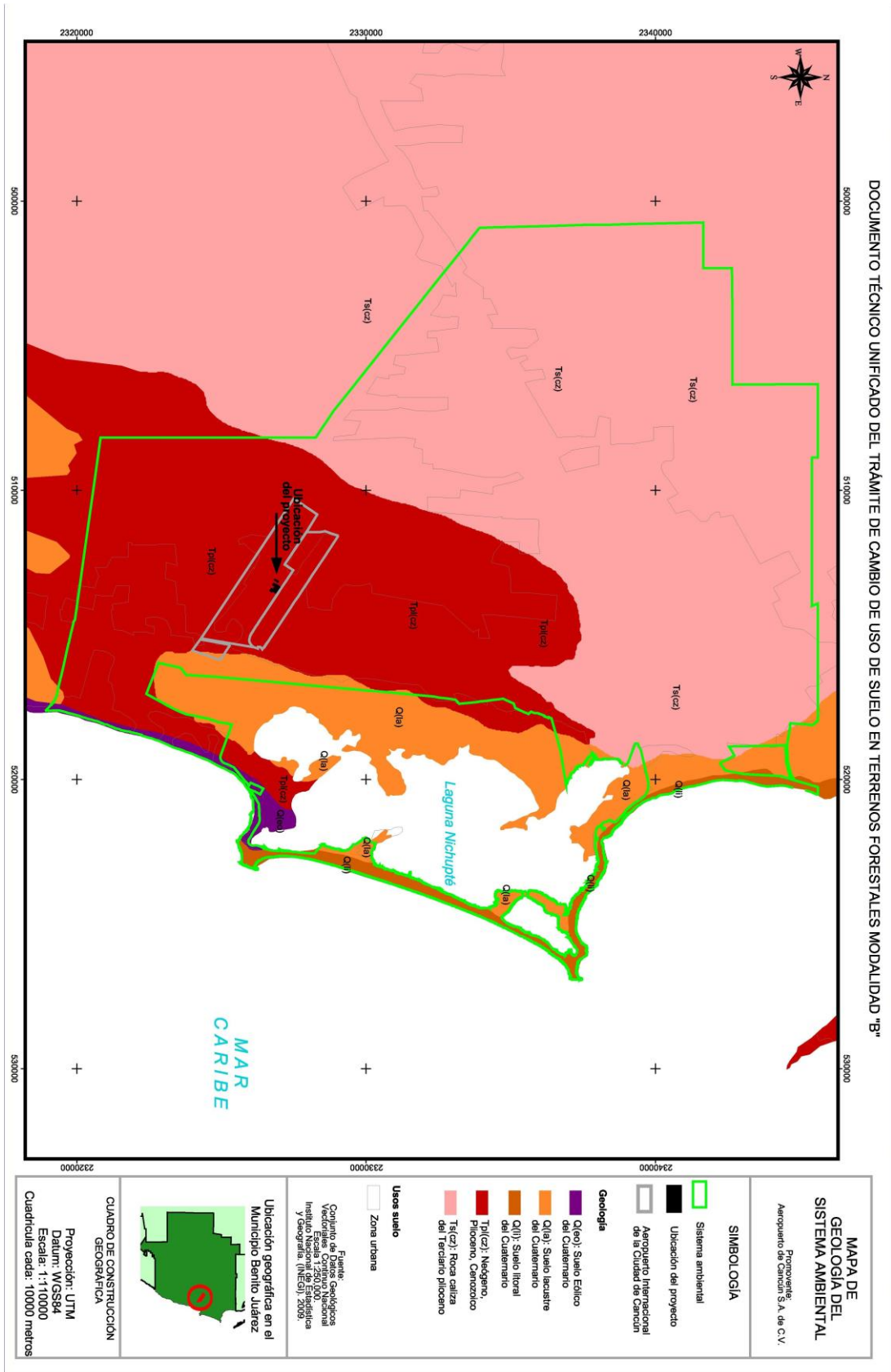
a.9. Geología

El sistema ambiental por sus características geológicas se define como una estructura relativamente joven, se origen sedimentario con formaciones rocosas sobre las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una losa caliza consolidada con fracciones en proceso de consolidación.

Las unidades litológicas están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (Ts) o Sistema Neógeno hasta el Cuaternario (Q), encontrándose que las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas, de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yeso. El lecho rocoso calizo es de la Era Terciaria (Plioceno, Mioceno); debido a la estructura calcárea de la plataforma no existen corrientes acuáticas superficiales, filtrándose el agua formando un manto freático de poca profundidad, lo que provoca un paisaje subterráneo característico del ambiente kárstico, compuesto por grutas, corrientes subterráneas y cenotes (Weidie 1985).

El sistema ambiental se encuentra integrado por unidades litológicas de tipo lacustre (5.58%). A continuación se describen las unidades geológicas presentes en el sistema ambiental (ver plano de la página 17).





Roca sedimentaria caliza: Tpl (cz).- esta unidad se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como “sascab” que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa.

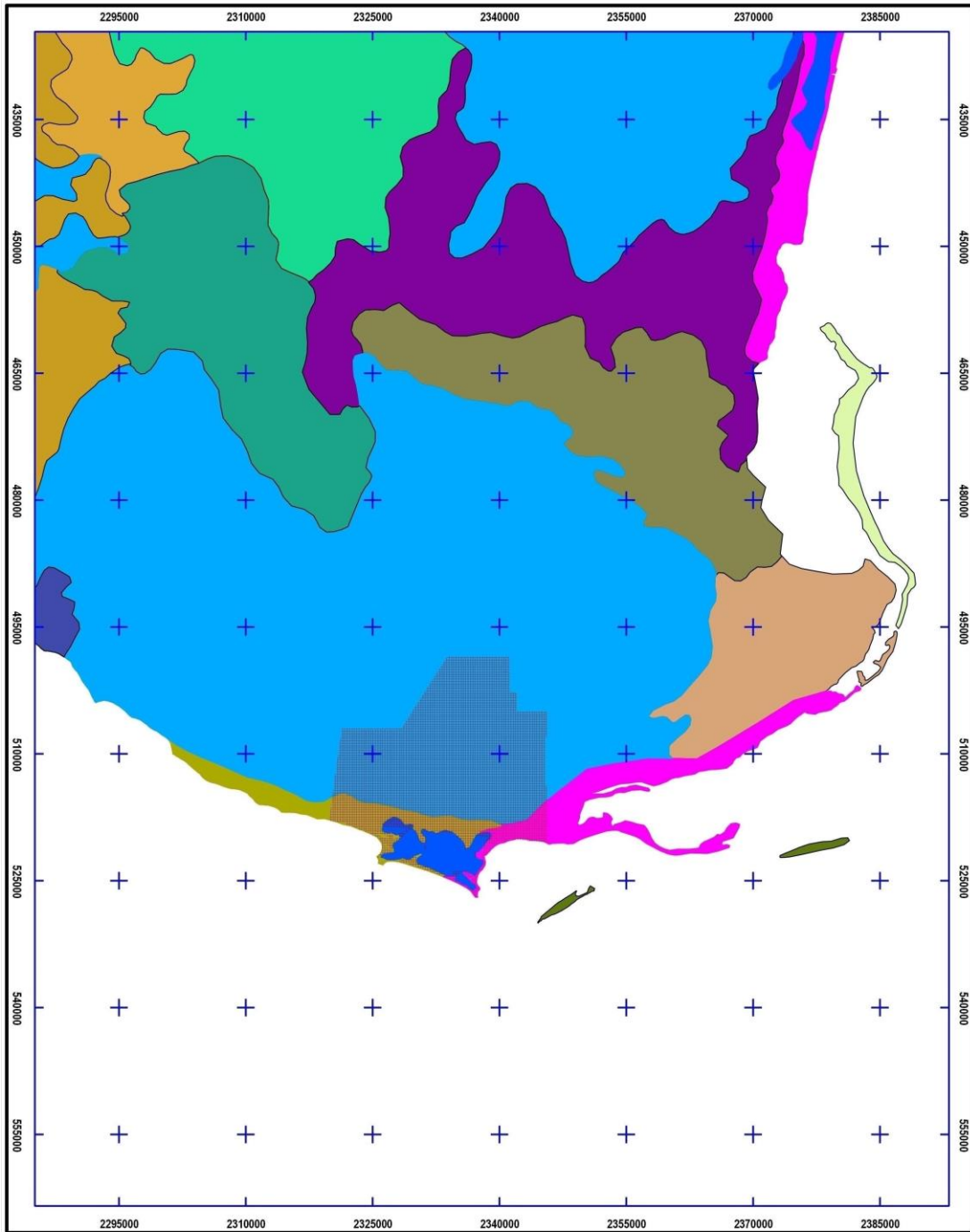
Suelo Lacustre: Q(s).- esta unidad se presenta en forma de franjas paralelas al litoral, está formada por lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas en lagunas someras que se comunican con el mar a través de canales de marea y se encuentran separadas por un cordón litoral. Por su relieve corresponde a planicies inundables.

Roca caliza del Terciario plioceno: Ts (cz).- está formada en su parte inferior por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta dos buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas ooespatíticas, bioespatíticas y bioesparrudíticas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. Su parte superior está conformada por calizas de textura ooespatita, bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal.

a.10. Edafología

El origen geológico de la Península de Yucatán es reciente y se compone de rocas sedimentarias producto de la acción del clima sobre los estratos geológicos, así las rocas calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de agua de lluvia, han generado suelos denominados rendzinas, que son los que cubren la mayor parte del Estado de Quintana Roo.

La descripción de los grupos edáficos identificados en el sistema ambiental (ver plano de la página siguiente), va de lo general a lo particular, considerando que cada uno se encuentra compuesto por dos o más unidades o subunidades de suelo, cuya mezcla provee de características particulares a cada grupo (Fuente: INEGI, Banco de Información sobre Perfiles de Suelo, versión 1.0).



<p>3000 0 3000 6000</p> <p>1:415674</p>	<p>UNIDADES EDAFOLÓGICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> IHRc+E/2 EH/2/L Zo+Rc+1In <p>SIMBOLOGÍA</p> <p>SISTEMA AMBIENTAL</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "REUBICACIÓN DE ARRENDADORAS"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA AMBIENTAL / EDAFOLOGÍA</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p> <p>OCTUBRE DEL 2015</p>
---	---	---

▸ *Unidades y subunidades de suelo identificadas en el sistema ambiental*

Unidad Rendzina (símbolo: E), del polaco rzedzic: ruido; connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Son suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en cal. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica, y nutrientes. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 cm) pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión y no tienen subunidades.

Unidad Litosol (símbolo: I), del griego lithos: piedra; literalmente, suelo de piedra. Son suelos muy delgados, su espesor es menor a 10 cm, y descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

Solonchak (símbolo: Z). Del ruso sol: sal; literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos. Son suelos alcalinos con alto contenido de sales en alguna capa a menos de 125 cm de profundidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Solonchak órtico** (símbolo: Zo), del griego orthos: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Se trata de un Solonchak con una capa superficial clara y pobre en materia orgánica, y nutrientes.

Regosoles (símbolo: *R*), del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre. Son suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Regosol calcárico** (símbolo: *Rc*), del latín *calcareum*: calcáreo. Suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas. Se trata de un tipo de regosol con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad.

▸ *Clase textural de los tipos de suelo identificados en el sistema ambiental*

La clase textural indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo y que en la carta aparecen con números. El número 1 representa los suelos arenosos de textura gruesa (con más de 65% de arena), con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. El número 2 se refiere a suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo. El número 3 representa suelos arcillosos de textura fina (con más de 35% de arcilla) que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo

▸ *Clasificación de los suelos identificados en el sistema ambiental*

E+I/2/L. Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.

Zo+Rc/1/n. Solonchak órtico como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario; con clase textural gruesa.

I+Rc+E/2. Litosol como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media.

b. Medio biótico

b.1. Vegetación a nivel del sistema ambiental

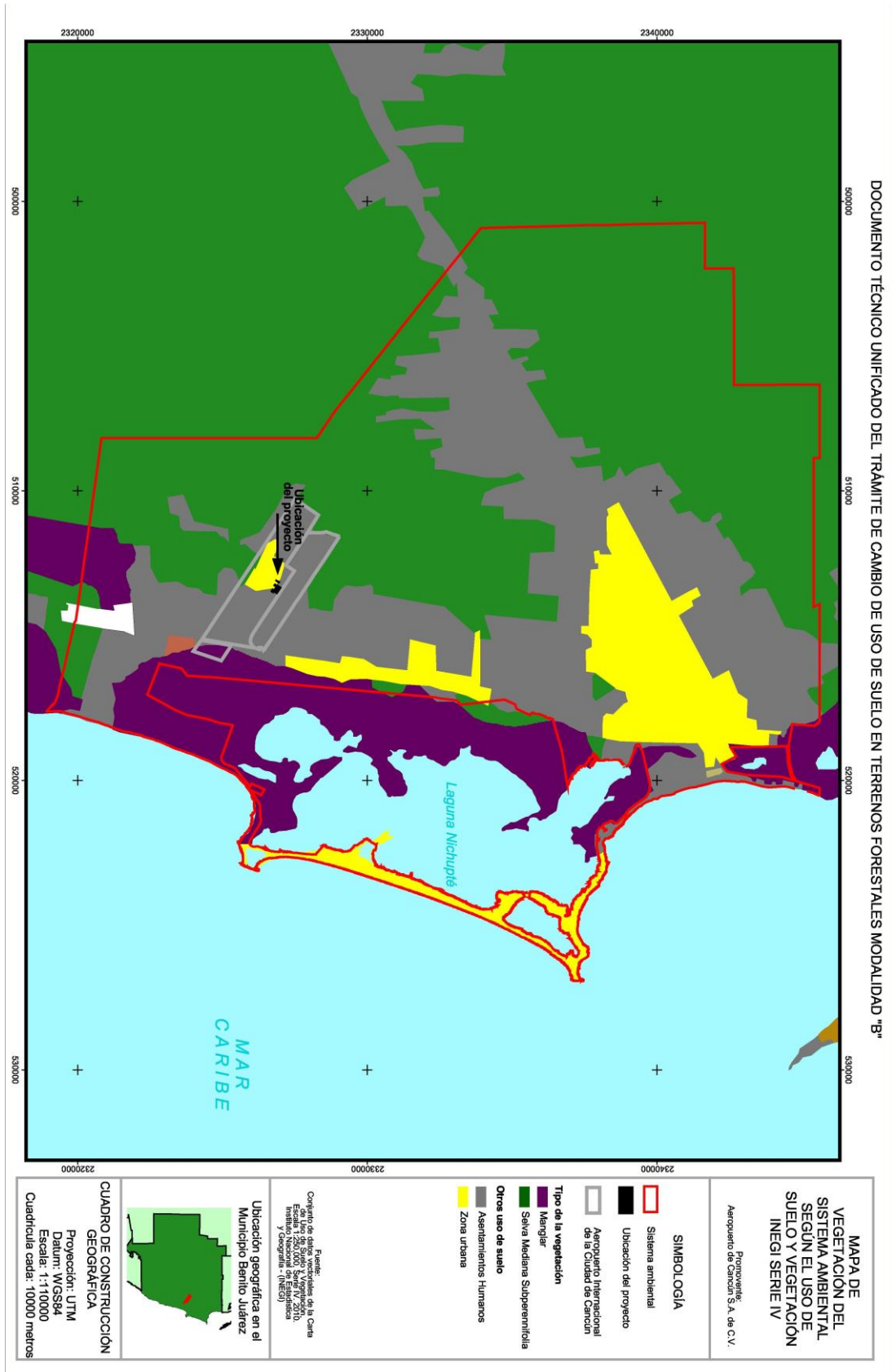
Como fuente oficial podemos citar que de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación (serie IV, escala 1:250000), en el sistema ambiental es posible observar dos tipos de vegetación: Selva mediana subperennifolia y Manglar (ver plano de la página siguiente); y entre los usos de suelo identificados observamos zonas urbanas y asentamientos humanos (zona urbana); sin embargo, de acuerdo con las fichas técnicas de las Unidades de Gestión Ambiental del POEL que integran el Sistema Ambiental, encontramos los siguientes usos de suelo y vegetación.

UGA 21:

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.40
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,666.56	27.67
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,241.10	15.00
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.58
SV	Sin Vegetación Aparente	2,302.20	6.59
AH	Asentamiento Humano	2,108.27	6.03
Ma	Manglar	1,023.16	2.93
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	693.00	1.98
GR	Mangle Chaparro y graminoides	363.84	1.04
CA	Cuerpo de Agua	156.52	0.45
TU	Tular	76.68	0.22
MT	Matorral Costero	36.18	0.10
TOTAL		34,937.17	100.00

UGA 23:

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	35.86	94.24
SV	Sin Vegetación Aparente	1.12	2.93
ZU	Zona Urbana	1.07	2.82
TOTAL		38.06	100.00



A continuación se describen los principales tipo de vegetación identificadas de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, conforme al plano de la página anterior.

▸ *Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)*

Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 metros sobre el nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Sus árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas.

Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum malicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jote, copal), *Manilkara zapota* (ya',zapote, chicozapote), *Lysiloma spp.* (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (k'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas

▸ *Manglar (VM)*

Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista

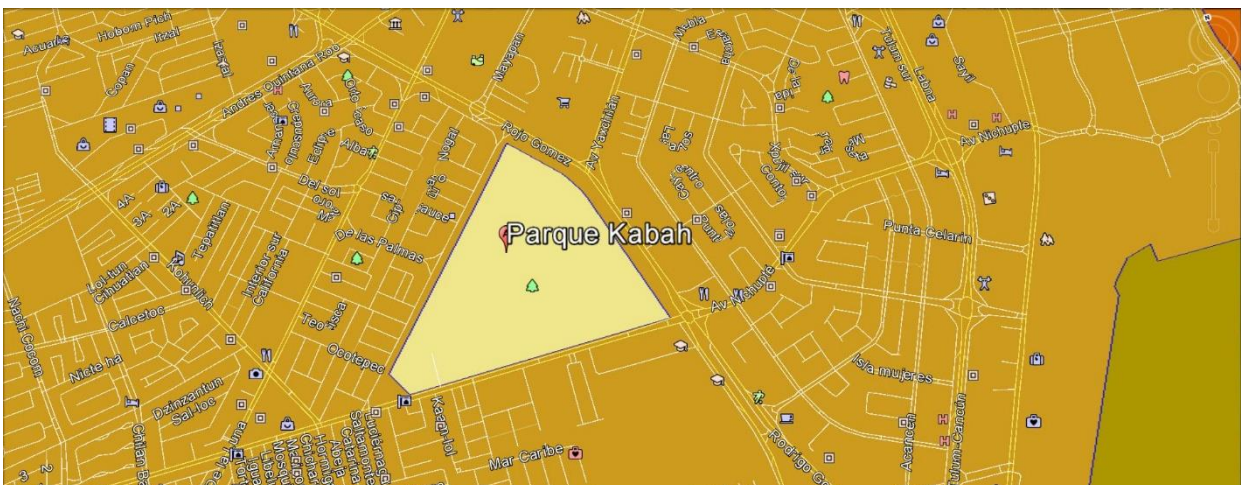
forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

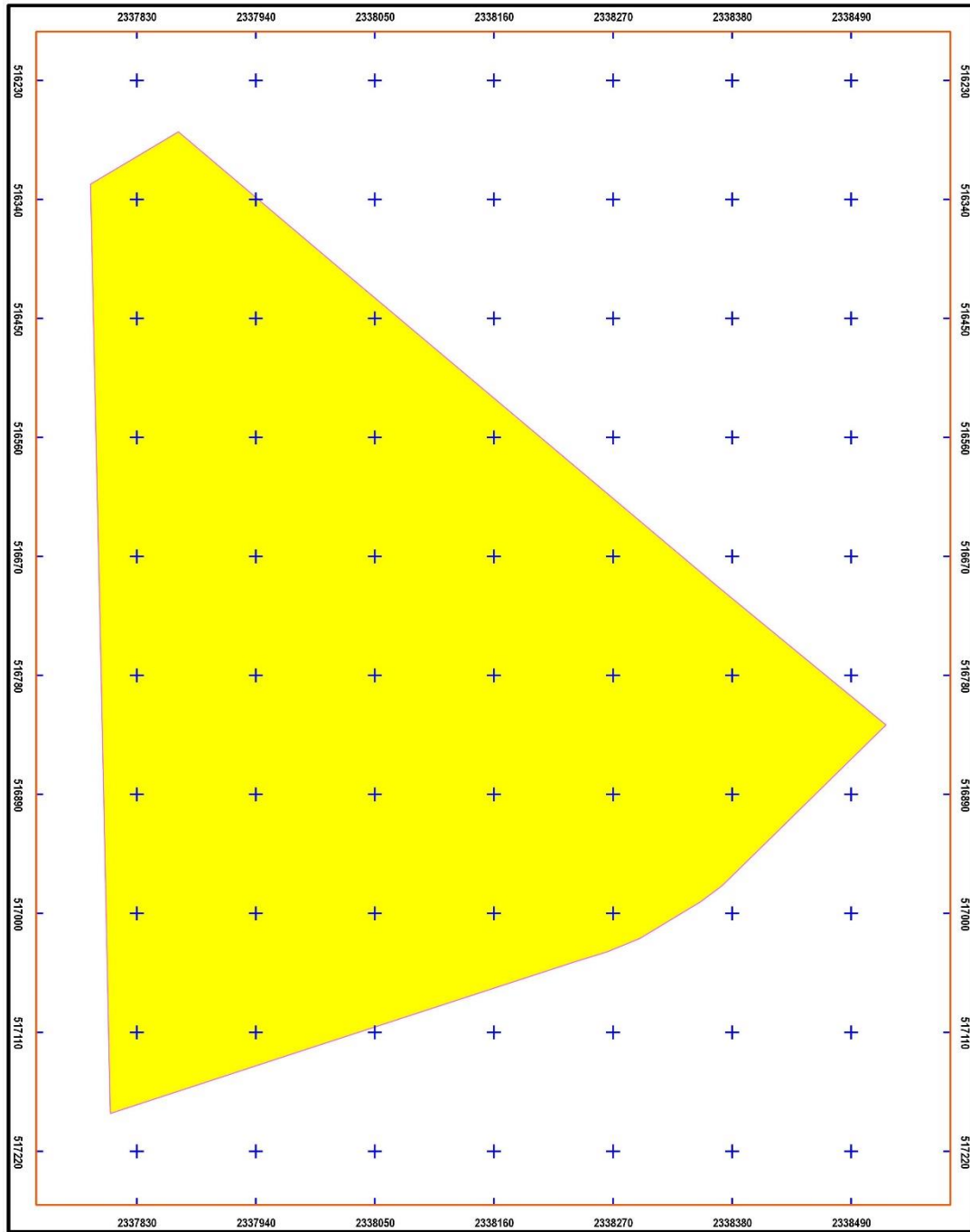
b.2. Vegetación a nivel del predio testigo

Considerando que el cambio de uso de suelo propuesto afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, a continuación se presenta un análisis de la estructura y composición de un ecosistema similar dentro de la unidad de análisis o sistema ambiental delimitado, que para fines del presente estudio se denominará como el predio testigo; tal como se describe a continuación.

b.2.1. Delimitación del área de estudio

Para poder determinar la estructura y composición de la flora en un ecosistema similar al que será afectado con el cambio de uso de suelo, se seleccionó como área de estudio o predio testigo, la UGA 23 del POEL del Municipio de Benito Juárez vigente, denominada “Parque Kabah”, ubicada en la ciudad de Cancún (ver imagen siguiente), la cual cuenta con una superficie de 38.06 ha, de acuerdo con la ficha técnica contenida en el POEL-BJ referido; ya que dicha superficie está destinada a su preservación dentro del sistema ambiental y posee el mismo ecosistema que aquel que se desarrolla dentro de la superficie de aprovechamiento, a saber, Selva mediana subperennifolia. En el plano georreferenciado de la página siguiente se puede observar la delimitación del área de estudio propuesta como predio testigo.





	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>PARQUE KABAH</p> <p>PRECIO TESTIGO</p>		<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD A PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "REUBICACIÓN TURQUESA"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PRECIO TESTIGO</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 16Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. REYNALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p> <p>AGOSTO DEL 2015</p>
--	--	--	--

En el plano de la página 28 se muestra la ubicación del predio testigo, con respecto al predio del proyecto.

b.2.2. Metodología del inventario

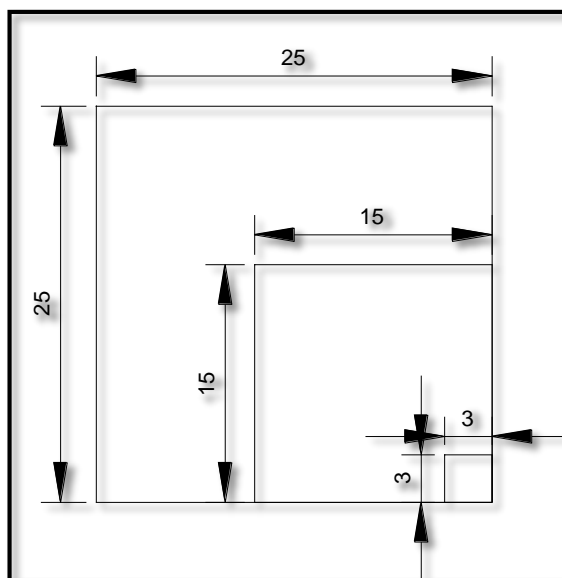
Dentro del polígono antes referido, se llevó a cabo un inventario forestal a través de un muestreo aleatorio simple en 15 sitios de muestreo, considerando la superficie que posee el predio testigo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

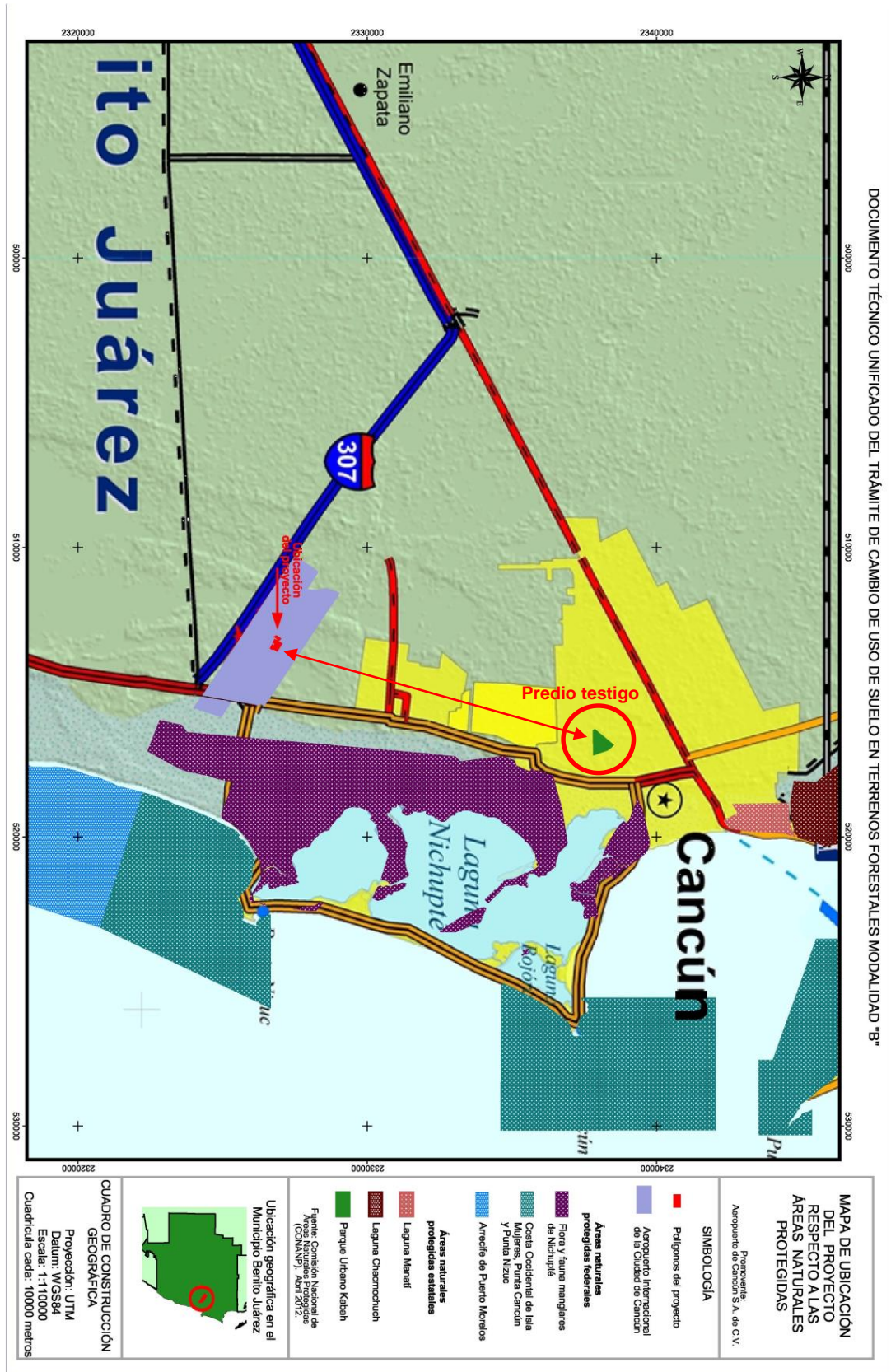
Primer cuadrante: dimensiones de 25 m x 40 m (1,000 m² de superficie), para la medición de individuos arbóreos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) igual o mayor a 10 cm.

Segundo cuadrante: dimensiones de 10 m x 10 m (100 m² de superficie), para la medición de individuos arbustivos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) menor a 10 cm.

Tercer cuadrante: dimensiones de 3 m x 3 m (9 m² de superficie), para la toma de datos a nivel del estrato herbáceo (regeneración natural del ecosistema).

En la imagen siguiente se muestra la forma, tamaño y distribución de los cuadrantes utilizados en cada sitio de muestreo.





A continuación se presentan los vértices de los sitios de muestreo dentro del polígono de estudio, así como el plano de ubicación de los mismos (página 31).

SITIOS DE MUESTREO		
VÉRTICES	X	Y
1	516343	2337862
2	517154	2337837
3	516865	2338023
4	516663	2338008
5	516863	2337821
6	516464	2337822
7	517059	2337981
8	516970	2338249
9	516527	2338066
10	516673	2338196
11	516760	2338294
12	516872	2338338
13	516753	2338063
14	517013	2338100
15	517008	2337900
SUPERFICIE: 9,375 m ²		

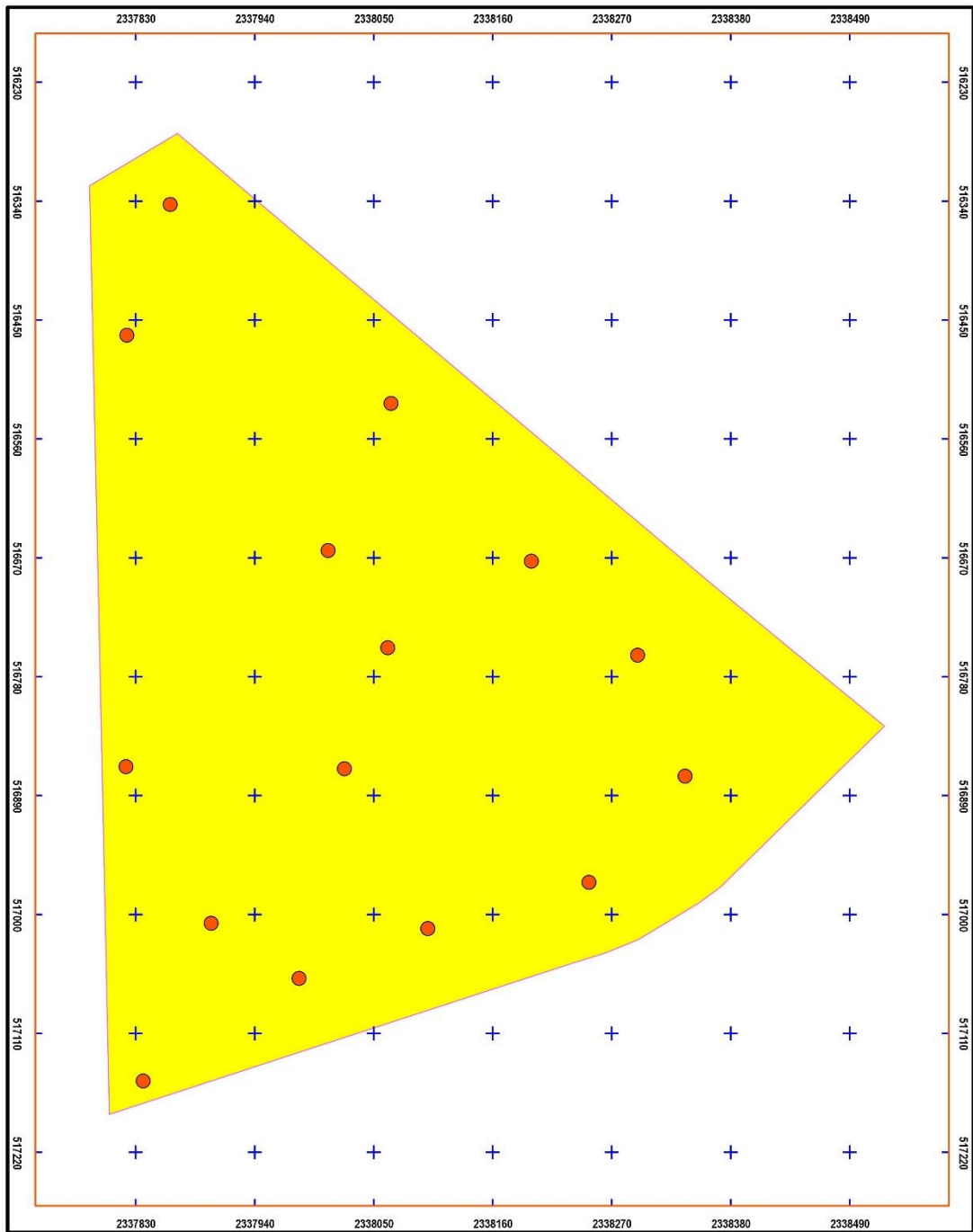
b.2.3. Resultados del inventario (composición de la vegetación)





A continuación se presenta la composición florística de las especies que fueron registradas en los sitios de muestreo, por cada estrato de la vegetación.

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
7	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Ceiba
8	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	Burceraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
10	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
11	Canellaceae	<i>Canela winterana</i>	Canela de cullo
12	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
13	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
14	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
15	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
16	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
17	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
18	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
19	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
20	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
21	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
22	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ts'u'ts'uk
23	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
24	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
25	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
26	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
27	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaxin
28	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
29	Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sac pich
30	Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
31	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
32	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
33	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
34	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
35	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
36	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
37	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
38	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
39	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
40	Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
41	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
42	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
43	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
44	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
45	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
46	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
47	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
48	Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
49	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
50	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
51	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
52	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
53	Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
54	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
55	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
56	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
57	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
58	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

De acuerdo con el inventario forestal realizado dentro del predio testigo, a nivel del estrato arbóreo se constató la existencia de 58 especies de flora silvestre, distribuidas en 28 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (13 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros.



<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PREDIO TESTIGO - SITIOS DE MUESTREO</p> <p>PROYECCION:.....UTM DATUM:.....WGS84 ZONA:.....18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>PREDIO TESTIGO </p> <p>PARQUE KABAH</p> <p>SITOS DE MUESTREO PREDIO TESTIGO </p>	  <p>1:3247</p>
---	--	---

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
7	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
8	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
9	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
10	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
11	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
12	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
13	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes liciida</i>	Yayté
14	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
15	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
16	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
17	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
18	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
19	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
20	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
21	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
22	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
23	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
24	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
29	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
30	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
31	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
32	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
34	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
35	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
36	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
37	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
38	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
39	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
40	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
41	Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
42	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
43	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
44	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
45	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
46	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

A nivel del estrato arbustivo se constató la existencia de 46 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (8 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros.

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
5	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
6	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
7	Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	Bejuco tres lomos
8	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
10	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
11	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
12	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
13	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
14	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
15	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Chaya de monte
16	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
17	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
18	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
19	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
20	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
21	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
22	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
23	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
24	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
29	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
30	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
31	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
32	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
33	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
34	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
35	Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xchem ak
36	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
37	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
38	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
39	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
40	Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Uña de gato
41	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
42	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
43	Vitaceae	<i>Cissus alata</i>	Bejuco alado
44	Vitaceae	<i>Cissus gossypiifolia</i>	Chak tuuk anil
45	Vitaceae	<i>Cissus microcarpa</i>	Xta' kanil

A nivel del estrato herbáceo se constató la existencia de 45 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (7 en total); seguida de la familia Euphorbiaceae con 4 registros; y finalmente las familias Moraceae, Sapotaceae y Vitaceae con 3 registros cada una.

Finalmente se advierte que la vegetación dentro del predio testigo, de acuerdo con el inventario forestal realizado, se encuentra compuesta por un total de 67 especies de flora silvestre, distribuidas dentro de 33 familias, de las cuales las más importantes son las familias Fabaceae Euphorbiaceae, Moraceae y Sapotaceae.

b.2.4. Epífitas vasculares

Uno de los componentes más característicos y llamativos en los ecosistemas forestales son las plantas epífitas. Este grupo está conformado por organismos cuyo ciclo de vida se desarrolla íntegramente sobre o dentro de los tejidos muertos exteriores de otras plantas, sin obtener agua o nutrientes de tejidos vivos. Las epífitas son un elemento importante de la diversidad de los ecosistemas y esenciales en la estructura y dinámica de la fauna asociada. Las epífitas aumentan la complejidad estructural del dosel y proveen recursos adicionales para la fauna (Nadkarni y Matelson 1989)¹³.

Metodología del inventario: Para el estudio de este grupo florístico se utilizaron los 15 sitios de muestreo establecidos dentro del predio testigo (usados para el inventario forestal), de tal manera que durante el levantamiento de los datos en campo, se realizó una revisión exhaustiva de cada individuo inventariado a nivel de los estratos arbóreo y arbustivo, a fin de determinar la existencia de epífitas vasculares, y posteriormente registrar la especie y el número de individuos por especie identificados. Los grupos de epífitas estudiados fueron Bromeliaceae, Orchidaceae y otras epífitas (incluidas Loranthaceae, Cactaceae, Araceae y otras especies más conspicuas).

De acuerdo con esta metodología, se muestreó un total de 947 árboles adultos (estrato arbóreo) y 379 árboles jóvenes (estrato arbustivo), pudiendo obtener los siguientes resultados.

Resultados del inventario (composición de especies): De acuerdo con la metodología aplicada durante el inventario de epífitas vasculares, se pudo constatar la existencia de 11 especies distribuidas en 5 familias de las cuales, la más importante fue la Orchidaceae con el mayor número de registros (4 en total); seguida de las familias Bromeliaceae y Cactaceae con dos registros cada una, tal como se muestra en la siguiente tabla:

¹³ José G. García-Franco y Tarín Toledo Aceves. Epífitas vasculares: bromelias y orquídeas. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/542/cap5.pdf>

EPÍFITAS VASCULARES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
2	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	X'chu
4	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	Gatillo
5	Cactaceae	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Chohkan
6	Cactaceae	<i>Selenicereus testudo</i>	Pitaya tortuga
7	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Chac-xciu
8	Orquidaceae	<i>Brassavola nodosa</i>	Dama de noche
9	Orquidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Cebolleta
10	Orquidaceae	<i>Encyclia alata</i>	Orquídea mariposa
11	Orquidaceae	<i>Myrmecophila tibicinis</i>	Homikin

b.2.5. Especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

En la siguiente tabla se enlistan las especies de flora silvestre registradas dentro del predio testigo, las cuales se encuentran catalogadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana en comento.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit	Amenazada
2	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	Amenazada

b.2.6. Índice de valor de importancia (IVI) para la flora del predio testigo

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool *et al.* (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer Novelli (1983) y Corella *et al.* (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, bajo la premisa de que la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una comunidad vegetal.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie dentro de una comunidad, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IVI = A\% + F\% + D\%$$

Donde:

IVI: índice de valor de importancia

A%: abundancia relativa

F%: frecuencia relativa

D%: dominancia relativa

Abundancia. Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número total de individuos de la comunidad inventariada) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie entre el total de los individuos inventariados) y se calcula mediante la siguiente ecuación.

Abundancia relativa:

$$A\% = Ni/Nt * 100$$

Donde:

Ni = número de individuos de la *i*ésima especie

Nt = Número total de individuos inventariados (Abundancia absoluta)

Frecuencia. Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies y es el resultado de dividir la frecuencia absoluta de un determinado valor entre el número total de datos, por lo que se calcula utilizando la siguiente ecuación.

Frecuencia relativa:

$$F\% = Fi/Ft * 100$$

Donde:

Fi = Número de sitios en los que aparece la *i*ésima especie

Ft = Número total de las frecuencias del muestreo.

Dominancia: Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utilizan las áreas basales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Bajo este esquema, la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de todas las especies expresada en metros cuadrados, y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia de una especie cualquiera y la

dominancia absoluta de la comunidad inventariada. Este último parámetro se calcula aplicando la siguiente ecuación.

Dominancia relativa:

$$D\% = Gi/Gt * 100$$

Donde:

Gi = Área basal en m² para la iésima especie

Gt = Área basal en m² de todas las especies (dominancia absoluta)

Cabe aclarar que para el estrato herbáceo se consideró la cobertura relativa y no el área basal para el cálculo de la dominancia relativa, de acuerdo con la metodología aplicada.

Visto lo anterior, a continuación se presentan los índices de valor de importancia de los estratos que integran la vegetación que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF.

ESTRATO ARBÓREO	
Especies	IVI
<i>Manilkara zapota</i>	50.2797
<i>Metopium brownei</i>	26.5288
<i>Bursera simaruba</i>	20.8585
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	13.5319
<i>Vitex gaumeri</i>	11.9854
<i>Ficus obtusifolia</i>	11.8287
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10.3216
<i>Piscidia piscipula</i>	10.0739
<i>Ficus tecolutensis</i>	9.7449
<i>Pouteria campechiana</i>	9.3791
<i>Brosimum alicastrum</i>	8.5246
<i>Pouteria unilocularis</i>	8.4279
<i>Ficus cotinifolia</i>	7.2765
<i>Swartzia cubensis</i>	6.9122
<i>Acacia glomerosa</i>	6.4105
<i>Nectandra coriacea</i>	5.6105
<i>Thevetia gaumeri</i>	5.3120
<i>Talisia olivaeformis</i>	4.6674
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	4.5204
<i>Malpighia glabra</i>	4.4032
<i>Sweetia panamensis</i>	4.2745
<i>Thrinax radiata</i>	3.6463
<i>Psidium sartorianum</i>	3.5728
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	3.0173

ESTRATO ARBÓREO	
Especies	IVI
<i>Cordia dodecandra</i>	2.6023
<i>Guettarda elliptica</i>	2.5093
<i>Gliricidia sepium</i>	2.5059
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2.4335
<i>Matayba oppositifolia</i>	2.2957
<i>Neea psychotrioides</i>	2.2546
<i>Diphysa carthagenensis</i>	2.2038
<i>Casimiroa tetrameria</i>	2.1119
<i>Protium copal</i>	2.0751
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.0166
<i>Guettarda combsii</i>	2.0016
<i>Sabal yapa</i>	2.0016
<i>Zuelania guidonia</i>	1.9156
<i>Dipholis salicifolia</i>	1.7318
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.6941
<i>Simarouba glauca</i>	1.6331
<i>Jatropha gaumeri</i>	1.2932
<i>Hampea trilobata</i>	1.2898
<i>Diospyros cuneata</i>	1.2714
<i>Canela winterana</i>	1.2656
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.2105
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	0.9774
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.9532
<i>Coccoloba spicata</i>	0.8855
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	0.8797
<i>Ceiba petandra</i>	0.7752
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.7568
<i>Trema micrantha</i>	0.6741
<i>Gymnanthes licida</i>	0.6006
<i>Cecropia peltata</i>	0.5731
<i>Randia longiloba</i>	0.5731
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.4628
<i>Eugenia trikii</i>	0.4628

Son 57 las especies que contribuyeron en la estructura y composición del estrato arbóreo, destacando tres especies como las más importantes a saber: *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Bursera simaruba*, ya que obtuvieron los IVI más elevados, en un rango de 20 a 50 puntos; mientras que el resto de las especies presentaron un IVI menor a 13 puntos. Esto nos indica una clara asociación *Manilkara zapota-Metopium brownei-Bursera simaruba* a nivel del estrato arbóreo; así como una distribución homogénea para el resto de las especies.

ESTRATO ARBUSTIVO	
Especies	IVI
<i>Manilkara zapota</i>	37.7026
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	15.2209
<i>Bursera simaruba</i>	14.5693
<i>Metopium brownei</i>	13.7538
<i>Pouteria campechiana</i>	13.4042
<i>Piscidia piscipula</i>	12.2437
<i>Pouteria unilocularis</i>	11.8217
<i>Thevetia gaumeri</i>	11.2928
<i>Brosimum alicastrum</i>	10.8433
<i>Vitex gumeri</i>	10.3568
<i>Ficus cotinifolia</i>	9.3871
<i>Gymnanthes licida</i>	9.2329
<i>Guettarda elliptica</i>	8.9713
<i>Gymnopodium floribundum</i>	8.6967
<i>Thrinax radiata</i>	8.1364
<i>Sabal yapa</i>	8.0756
<i>Hampea trilobata</i>	7.5623
<i>Coccoloba spicata</i>	7.3883
<i>Coccoloba diversifolia</i>	7.0400
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	6.7874
<i>Ficus obtusifolia</i>	5.4349
<i>Ficus tecolutensis</i>	5.2501
<i>Psidium sartorianum</i>	5.0822
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	4.4747
<i>Nectandra coriacea</i>	4.2078
<i>Gliricidia sepium</i>	4.1172
<i>Guettarda combsii</i>	3.1607
<i>Bauhinia divaricata</i>	3.1299
<i>Simarouba glauca</i>	2.6812
<i>Talisia olivaeformis</i>	2.5991
<i>Malpighia glabra</i>	2.5922
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2.5581
<i>Trema micrantha</i>	2.5532
<i>Casimiroa tetrameria</i>	2.5326
<i>Trema micrantha</i>	2.4675
<i>Diospyros cuneata</i>	2.2621
<i>Bauhinia jennindsii</i>	2.2126
<i>Cordia dodecandra</i>	2.1099
<i>Neea psychotrioides</i>	1.7899
<i>Malvaviscus arboreus</i>	1.4614
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.3792
<i>Cecropia peltata</i>	0.9771
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.9771
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.7718
<i>Dipholis salicifolia</i>	0.7307

En lo que respecta al estrato arbustivo 45 especies contribuyeron a su estructura y composición, observándose que la especie más importante fue *Manilkara zapota*, ya que alcanzó el valor de IVI más elevado con 37.70 puntos, el doble de la especie más cercana

que fue *Lysiloma latisiliquum* con un IVI de 15.22, esto nos indica que la especie *M. zapota* es la dominante en este estrato; sin embargo, el resto de las especies presentan una distribución homogénea, observándose así una estructura bien conformada de la vegetación.

ESTRATO HERBÁCEO	
Especies	IVI
<i>Thrinax radiata</i>	17.58
<i>Manilkara zapota</i>	13.38
<i>Cissus gossypifolia</i>	11.11
<i>Sabal yapa</i>	10.85
<i>Coccoloba spicata</i>	10.10
<i>Metopium brownei</i>	9.82
<i>Bauhinia divaricata</i>	9.41
<i>Cissus alata</i>	9.38
<i>Bromelia karatas</i>	9.32
<i>Piscidia piscipula</i>	9.26
<i>Psychotria nervosa</i>	8.78
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	8.75
<i>Brosimum alicastrum</i>	8.53
<i>Smilax mollis</i>	8.14
<i>Hampea trilobata</i>	7.89
<i>Gymnopodium floribundum</i>	7.83
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7.64
<i>Cissus microcarpa</i>	7.47
<i>Cydista potosina</i>	7.39
<i>Casimiroa tetrameria</i>	7.22
<i>Cnidocolus chayamansa</i>	7.11
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	6.78
<i>Coccoloba diversifolia</i>	6.66
<i>Bauhinia jennindsii</i>	6.64
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	6.43
<i>Malvaviscus arboreus</i>	6.43
<i>Gymnanthes licida</i>	6.24
<i>Nectandra coriacea</i>	5.94
<i>Paullinia cururu</i>	5.88
<i>Neea psychotrioides</i>	5.24
<i>Pouteria campechiana</i>	5.08
<i>Thevetia gaumeri</i>	4.89
<i>Guettarda combsii</i>	4.79
<i>Jatropha gaumeri</i>	4.31
<i>Guettarda elliptica</i>	4.27
<i>Cordia dodecandra</i>	4.01
<i>Bursera simaruba</i>	3.34
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2.86

ESTRATO HERBÁCEO	
Especies	IVI
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.86
<i>Trema micrantha</i>	2.54
<i>Ficus obtusifolia</i>	2.37
<i>Vitex gaumeri</i>	2.00
<i>Talisia olivaeformis</i>	1.97
<i>Diospyros cuneata</i>	1.52

En lo que corresponde al estrato herbáceo 44 especies contribuyeron a su estructura y composición, observándose que la especie más importante fue *Trhinax radiata*, ya que alcanzó el valor de IVI más elevado con 17.58 puntos, sin embargo, no destaca como la especie dominante, ya que la especie más cercana que fue *Manilkara zapota* obtuvo un IVI de 13.38 puntos, es decir, existe una diferencia de apenas 4.2 puntos entre ambas especies, lo que no se considera significativo, entonces hablamos de una distribución homogénea de todas las especies a nivel de este estrato, observándose así una estructura bien conformada de la vegetación.

b.2.7. Índice de diversidad del ecosistema estudiado

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en el predio testigo, conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada estrato de la vegetación, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949).

Este índice considera los individuos que se muestran al azar a partir de una población "indefinidamente grande", esto es, una población efectivamente infinita, considerando que todas las especies están representadas en la muestra.

En un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar, provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, $H' = 0$ cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos ni , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

En cuanto a la base del logaritmo usado, puede ser decimal (\log_{10}), natural (\log_e) o binaria (\log_2). Aunque la última sea la más común, no hay ventajas en el uso de una u otra.

Entonces se puede utilizar las tres, pues todas son consistentes (Barros, 1986), desde que los cálculos sean desarrollados con una única base. Los resultados son llamados respectivamente de: dígitos decimales (decits), dígitos naturales (nits), y dígitos binarios (bits)¹⁴.

Para el presente estudio se optó por utilizar el logaritmo decimal (\log_{10}), ya que en nuestra experiencia ha ofrecido resultados más confiables en la aplicación del índice de Shannon – Wiener (1949). Los resultados se expresan en decits/ind, y se calculan a partir de:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

($\sum i = 1$) = número total de individuos.

Pi = abundancia relativa de la especie i.

ln Pi = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

El valor máximo de este índice suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

A continuación se presentan el cálculo del índice de diversidad de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949), obtenido a través de la abundancia de individuos registrados en las 15 parcelas de muestreo.

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Acacia glomerosa</i>	25	0.0264	-1.58	-0.042
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Bauhinia jennindsii</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Bursera simaruba</i>	79	0.0834	-1.08	-0.090
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Canela winterana</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Casimiroa tetrameria</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003

¹⁴ DANIEL, O. Subsidios al uso del índice de diversidad de shannon. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 1, Valdivia-Chile, 1998. Anais... IUFRO, Tem , CD-ROM.

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Ceiba petandra</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Ceiba aesculifolia</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	11	0.0116	-1.93	-0.022
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	0.0042	-2.37	-0.010
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Cordia dodecandra</i>	6	0.0063	-2.20	-0.014
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Diospyros cuneata</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Dipholis salicifolia</i>	4	0.0042	-2.37	-0.010
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Eugenia trikii</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Ficus cotinifolia</i>	27	0.0285	-1.54	-0.044
<i>Ficus obtusifolia</i>	64	0.0676	-1.17	-0.079
<i>Ficus tecolutensis</i>	46	0.0486	-1.31	-0.064
<i>Gliricidia sepium</i>	6	0.0063	-2.20	-0.014
<i>Guettarda combsii</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Guettarda elliptica</i>	7	0.0074	-2.13	-0.016
<i>Gymnanthes licida</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	48	0.0507	-1.30	-0.066
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	77	0.0813	-1.09	-0.089
<i>Malpighia glabra</i>	6	0.0063	-2.20	-0.014
<i>Manilkara zapota</i>	123	0.1299	-0.89	-0.115
<i>Matayba oppositifolia</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Metopium brownei</i>	145	0.1531	-0.81	-0.125
<i>Nectandra coriacea</i>	18	0.0190	-1.72	-0.033
<i>Neea psychotrioides</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Piscidia piscipula</i>	23	0.0243	-1.61	-0.039
<i>Pouteria campechiana</i>	21	0.0222	-1.65	-0.037
<i>Pouteria unilocularis</i>	6	0.0063	-2.20	-0.014
<i>Protium copal</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Psidium sartorianum</i>	8	0.0084	-2.07	-0.018
<i>Randia longiloba</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
<i>Sabal yapa</i>	5	0.0053	-2.28	-0.012
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Simarouba glauca</i>	2	0.0021	-2.68	-0.006
<i>Swartzia cubensis</i>	24	0.0253	-1.60	-0.040
<i>Sweetia panamensis</i>	9	0.0095	-2.02	-0.019
<i>Talisia olivaeformis</i>	11	0.0116	-1.93	-0.022
<i>Thevetia gaumeri</i>	18	0.0190	-1.72	-0.033
<i>Thrinax radiata</i>	8	0.0084	-2.07	-0.018
<i>Trema micrantha</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Trema micrantha</i>	3	0.0032	-2.50	-0.008
<i>Vitex gaumeri</i>	55	0.0581	-1.24	-0.072
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.0011	-2.98	-0.003
$\sum i =$	947		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	1.34 decits/ind

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Metopium brownei</i>	15	0.040	-1.40	-0.056
<i>Thevetia gaumeri</i>	19	0.050	-1.30	-0.065
<i>Sabal yapa</i>	12	0.032	-1.49	-0.048
<i>Thrinax radiata</i>	14	0.037	-1.43	-0.053
<i>Cordia dodecandra</i>	3	0.008	-2.10	-0.017
<i>Bursera simaruba</i>	25	0.066	-1.18	-0.078
<i>Trema micrantha</i>	2	0.005	-2.30	-0.012
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Diospyros cuneata</i>	2	0.005	-2.30	-0.012
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Guettarda elliptica</i>	5	0.013	-1.89	-0.025
<i>Gymnanthes lida</i>	18	0.047	-1.33	-0.062
<i>Gliricidia sepium</i>	6	0.016	-1.80	-0.029
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	12	0.032	-1.49	-0.048
<i>Piscidia piscipula</i>	25	0.066	-1.18	-0.078
<i>Gymnopodium floribundum</i>	17	0.045	-1.35	-0.061
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	25	0.066	-1.18	-0.078
<i>Bauhinia divaricata</i>	5	0.013	-1.89	-0.025
<i>Bauhinia jennindsii</i>	3	0.008	-2.10	-0.017
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Nectandra coriacea</i>	5	0.013	-1.89	-0.025
<i>Malpighia glabra</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Malvaviscus arboreus</i>	2	0.005	-2.30	-0.012
<i>Hampea trilobata</i>	12	0.032	-1.49	-0.048
<i>Ficus cotinifolia</i>	16	0.042	-1.38	-0.058
<i>Ficus obtusifolia</i>	8	0.021	-1.68	-0.035
<i>Ficus tecolutensis</i>	8	0.021	-1.68	-0.035
<i>Brosimum alicastrum</i>	7	0.018	-1.74	-0.031
<i>Psidium sartorianum</i>	6	0.016	-1.80	-0.029
<i>Neea psychotrioides</i>	2	0.005	-2.30	-0.012
<i>Coccoloba spicata</i>	12	0.032	-1.49	-0.048
<i>Coccoloba diversifolia</i>	10	0.026	-1.59	-0.041
<i>Guettarda combsii</i>	5	0.013	-1.89	-0.025
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Casimiroa tetrameria</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Talisia olivaeformis</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.005	-2.30	-0.012
<i>Manilkara zapota</i>	19	0.050	-1.30	-0.065

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Pouteria campechiana</i>	12	0.032	-1.49	-0.048
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	5	0.013	-1.89	-0.025
<i>Dipholis salicifolia</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Pouteria unilocularis</i>	3	0.008	-2.10	-0.017
<i>Simarouba glauca</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Trema micrantha</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Vitex gaumeri</i>	18	0.047	-1.33	-0.062
$\sum_i =$	379		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	1.50 decits/ind

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Metopium brownei</i>	35	0.0391	-1.41	-0.055
<i>Thevetia gaumeri</i>	12	0.0134	-1.87	-0.025
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	25	0.0279	-1.55	-0.043
<i>Sabal yapa</i>	28	0.0313	-1.50	-0.047
<i>Thrinax radiata</i>	105	0.1173	-0.93	-0.109
<i>Cydista potosina</i>	29	0.0324	-1.49	-0.048
<i>Cordia dodecandra</i>	5	0.0056	-2.25	-0.013
<i>Bromelia karatas</i>	41	0.0458	-1.34	-0.061
<i>Bursera simaruba</i>	12	0.0134	-1.87	-0.025
<i>Diospyros cuneata</i>	2	0.0022	-2.66	-0.006
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	0.0022	-2.66	-0.006
<i>Guettarda elliptica</i>	11	0.0123	-1.91	-0.023
<i>Gymnanthes licida</i>	25	0.0279	-1.55	-0.043
<i>Cnidocolus chayamansa</i>	9	0.0101	-2.00	-0.020
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	21	0.0235	-1.63	-0.038
<i>Piscidia piscipula</i>	25	0.0279	-1.55	-0.043
<i>Gymnopodium floribundum</i>	14	0.0156	-1.81	-0.028
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	26	0.0291	-1.54	-0.045
<i>Bauhinia divaricata</i>	22	0.0246	-1.61	-0.040
<i>Bauhinia jennindsii</i>	15	0.0168	-1.77	-0.030
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5	0.0056	-2.25	-0.013
<i>Nectandra coriacea</i>	18	0.0201	-1.70	-0.034
<i>Malvaviscus arboreus</i>	36	0.0402	-1.40	-0.056
<i>Hampea trilobata</i>	12	0.0134	-1.87	-0.025
<i>Ficus cotinifolia</i>	5	0.0056	-2.25	-0.013
<i>Ficus obtusifolia</i>	3	0.0034	-2.47	-0.008
<i>Brosimum alicastrum</i>	22	0.0246	-1.61	-0.040
<i>Neea psychotrioides</i>	5	0.0056	-2.25	-0.013
<i>Coccoloba spicata</i>	21	0.0235	-1.63	-0.038
<i>Coccoloba diversifolia</i>	15	0.0168	-1.77	-0.030
<i>Psychotria nervosa</i>	55	0.0615	-1.21	-0.074
<i>Guettarda combsii</i>	8	0.0089	-2.05	-0.018
<i>Casimiroa tetrameria</i>	12	0.0134	-1.87	-0.025
<i>Paullinia cururu</i>	41	0.0458	-1.34	-0.061

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Talisia olivaeformis</i>	3	0.0034	-2.47	-0.008
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	9	0.0101	-2.00	-0.020
<i>Manilkara zapota</i>	56	0.0626	-1.20	-0.075
<i>Pouteria campechiana</i>	2	0.0022	-2.66	-0.006
<i>Smilax mollis</i>	25	0.0279	-1.55	-0.043
<i>Trema micrantha</i>	1	0.0011	-2.96	-0.003
<i>Vitex gaumeri</i>	3	0.0034	-2.47	-0.008
<i>Cissus alata</i>	32	0.0358	-1.45	-0.052
<i>Cissus gossypifolia</i>	30	0.0335	-1.47	-0.049
<i>Cissus microcarpa</i>	12	0.0134	-1.87	-0.025
$\sum_i =$	895		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	1.49 decits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro del predio testigo, ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se alcanza un valor de H' inferior a **2.5 decits/ind** (estrato arbóreo $H'=1.34$ decits/ind; estrato arbustivo $H'=1.50$ decits/ind; y estrato herbáceo $H'=1.49$ decits/ind), siendo el estrato arbustivo el más importante ya que alcanzó un valor de $H'=1.50$ decits/ind; tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice, indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

b.2.8. Índice de equidad

Como se mencionó anteriormente, dentro de una comunidad el valor del índice de diversidad dependerá de la riqueza y la abundancia de especies. Sin embargo, para el presente estudio interesa conocer la regularidad o uniformidad con que los individuos están distribuidos dentro de los estratos, y no tanto cuantas especies hay. Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, el cual se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

H'_{\max} = Log₁₀ de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

Al igual que con el índice de diversidad, el índice de equidad de Pielou considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra. Este índice adopta valores entre 0 y 1; el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de equidad¹⁵.

A continuación se presentan los valores de equidad obtenidos por cada estrato de la vegetación:

ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	ESTRATOS		
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
H' (\log_{10})	1.34	1.50	1.49
H_{max} (\log_{10})	2.98	2.58	2.95
<i>Pielou (J')</i>	0.45	0.58	0.50

Como puede observarse en la tabla anterior, podemos observar que existe una distribución medianamente homogénea de todas las especies, en todos los estratos, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son intermedios (de 0.45 a 0.58); siendo el estrato arbustivo el que más se aproxima al valor de 1 que indica que todas las especies son igualmente abundantes. Esto nos indica que se trata de una comunidad vegetal donde existen especies que predominan sobre otras, lo cual se correlaciona con los índices de valor de importancia obtenidos por las especies a nivel de todos los estratos, en donde se determinó la existencia de especies predominantes; esto resulta un indicador del estado secundario de desarrollo en el que se encuentra la vegetación dentro del predio testigo.

b.3. Fauna presente a nivel del sistema ambiental

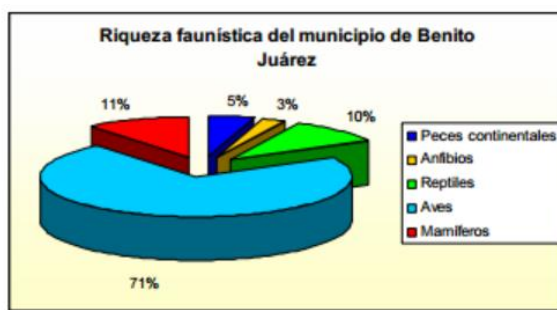
Si bien no existe un estudio faunístico confiable que determine el número de especies que se distribuyen específicamente dentro del sistema ambiental propuesto, se optó por considerar lo citado en la literatura respecto a los registros de fauna reportados a nivel municipal.

De acuerdo con los resultados, la riqueza faunística del municipio se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de las especies. Asimismo, es sobresaliente que 123 especies (21%) se encuentran

¹⁵ Mónica B. Martella. Eduardo V. Trumper. Laura M. Bellis. Daniel Renison. Paola F. Giordano. Gisela Bazzano. Raquel M. Gleiser. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 71-115, 2012. ISSN: 1989-3620.

incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, trece de las cuales son consideradas endémicas para la Península de Yucatán, tal como se presente en la siguiente tabla y gráfica (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)¹⁶.

FAUNA							
GRUPO	REGISTROS						ENDÉMICOS
	ESPECIES	FAMILIAS	NOM-059	P	A	Pr	
Peces continentales	26	15	2	1	1	0	2
Anfibios	15	7	3	0	0	3	1
Reptiles	57	19	27	4	9	14	1
Aves	406	65	78	11	19	48	6
Mamíferos	62	26	13	7	6	0	3
TOTALES	566	132	124	23	35	65	13



b.4. Fauna presente a nivel del predio testigo

b.4.1. Delimitación del área de estudio

Par poder obtener datos representativos de la fauna que se encuentra asociada al ecosistema presente dentro del predio testigo del sistema ambiental, utilizamos el mismo polígono de estudio que se aplicó para el estudio de la flora, mismo que ya fue descrito en apartados anteriores, y que corresponde a la UGA 23 (Parque Kabah) del POEL-BJ.

b.4.2. Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Para estudiar este componente del ecosistema que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF, se utilizó el método de **transecto o trayecto de línea de distancia variable**, es decir, no existe un ancho definido previamente para realizar las observaciones, por lo cual es posible incluir en el inventario a cualquier individuo que se detecte durante el recorrido, y esta es una de las principales ventajas del método. Se tiene que medir la

¹⁶ Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

distancia de cada observación y/o detección en forma perpendicular al transecto; esto se realizó utilizando un MEDIDOR DIGITAL LASER modelo DLR130K BOSCH.

Los principales supuestos considerados en la aplicación de este método son los siguientes: a) todos los individuos sobre la línea son detectadas; b) los individuos no se mueven antes de su detección; c) las distancias son medidas con exactitud; d) los individuos son contados una sólo vez.

En la aplicación del método se aprovecharon las brechas y senderos existentes dentro del Parque Kabah, los cuales se distribuyen a lo largo y ancho de la unidad de análisis (ver imagen siguiente), en donde se pudo observar cada ejemplar de fauna detectado de acuerdo con la metodología propuesta.



Las rutas trazadas fueron visitadas cuatro días a la semana, un día por grupo faunístico (1er día: aves; 2º día mamíferos; 3er día reptiles; y 4º día anfibios), por un período de 4 semanas (1 mes).

b.4.3. Resultados obtenidos (composición de especies)

A continuación se presenta el listado de las especies de fauna asociadas al ecosistema en estudio, las cuales fueron registradas durante el muestreo.

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
3	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canela
4	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptoptila verreauxi</i>	Tzutzyu
7	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
8	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
9	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
10	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
11	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
12	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Coronilla
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito garganta amarilla
16	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
17	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
18	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Oriol
19	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
20	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
21	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara hormiguera
23	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
24	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
26	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
27	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
28	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
29	Passeriformes	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>	Tacuarita azul
30	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
31	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco
32	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño

REPTILES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
2	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
3	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
4	Squamata	Polychridae	<i>Anolis sagrei</i>	Lagartija común
5	Squamata	Polychridae	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis pardo
6	Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva
7	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla
8	Squamata	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo
9	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
10	Testudines	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina
11	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea
12	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano

MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
2	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí
3	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
4	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero
5	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
6	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca común
7	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Tzereque
8	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
9	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

ANFIBIOS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anuros	Bufo	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo común
2	Anuros	Bufo	<i>Bufo marinus</i>	Sapo gigante

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se contó con un registro de 48 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos dentro del predio testigo, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 32 especies; seguido en orden de importancia por el grupo de los reptiles representados por 11 especies; los mamíferos con 9 especies; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies registradas.

b.4.4. Especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

A continuación se presentan las especies registradas dentro del predio testigo, que se incluyen dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la norma en comento.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio	Protección especial
2	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	Protección especial
3	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada
4	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano	Protección especial
5	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	Amenazada
6	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo	Protección especial
7	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina	Amenazada
8	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea	Protección especial

b.4.5. Índice de diversidad para la fauna del predio testigo

Para estimar la biodiversidad de la fauna presente en el predio testigo del sistema ambiental, se tomaron los datos del inventario faunístico realizado en el parque Kabah;

a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por grupo faunístico; y finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), cuya ecuación se cita como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum i = 1$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie i.

ln P_i = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

En las siguientes tablas se presentan los cálculos obtenidos para el índice de diversidad aplicado, por grupo faunístico.

AVES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	P _i	LOG ₁₀ P _i	LOG ₁₀ P _i * P _i
<i>Amazilia rutila</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Amazilia yucatanensis</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Amazona xantholora</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Aratinga nana</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Columbina talpacoti</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Cyanocorax inca</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Cyanocorax morio</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	12	0.040	-1.40	-0.056
<i>Dives dives</i>	12	0.040	-1.40	-0.056
<i>Euphonia affinis</i>	4	0.013	-1.89	-0.025
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Glaucidium brasilianum</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Habia fuscicauda</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Icterus auratus</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Icterus gularis</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Leptoptila verreauxi</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Melanerpes aurifrons</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Mimus gilvus</i>	18	0.061	-1.21	-0.074
<i>Myiozetetes similis</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Ortalis vetula</i>	26	0.088	-1.06	-0.093
<i>Piaya cayana</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Pitangus sulphuratus</i>	10	0.034	-1.47	-0.050
<i>Polioptila caerulea</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Quiscalus mexicanus</i>	55	0.185	-0.73	-0.136

AVES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Saltator coerulescens</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Thryothorus maculipectus</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	0.013	-1.89	-0.025
<i>Zenaida asiatica</i>	24	0.081	-1.09	-0.088
$\sum i =$	297	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		1.32 decits/ind

REPTILES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Boa constrictor</i>	2	0.015	-1.82	-0.027
<i>Basiliscus vittatus</i>	25	0.182	-0.74	-0.135
<i>Ctenosaura similis</i>	15	0.109	-0.96	-0.105
<i>Anolis sagrei</i>	35	0.255	-0.59	-0.151
<i>Anolis tropidonotus</i>	5	0.036	-1.44	-0.052
<i>Ameiva undulata</i>	2	0.015	-1.82	-0.027
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	0.007	-2.15	-0.015
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	1	0.007	-2.15	-0.015
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	14	0.102	-0.99	-0.101
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	8	0.058	-1.24	-0.072
<i>Trachemys scripta</i>	25	0.182	-0.74	-0.135
<i>Crocodylus moreletii</i>	4	0.029	-1.54	-0.045
$\sum i =$	137	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		0.88 decits/ind

MAMÍFEROS				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Nasua narica</i>	65	0.61	-0.21	-0.131
<i>Artibeus jamaicensis</i>	6	0.06	-1.22	-0.073
<i>Didelphis virginiana</i>	8	0.08	-1.10	-0.088
<i>Sciurus yucatanensis</i>	15	0.14	-0.85	-0.120
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0.02	-1.70	-0.034
<i>Pecari tajacu</i>	1	0.01	-2.00	-0.020
<i>Agouti paca</i>	2	0.02	-1.70	-0.034
<i>Dasyprocta punctata</i>	6	0.06	-1.22	-0.073
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	1	0.01	-2.00	-0.020
$\sum i =$	106	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		0.59 decits/ind

ANFIBIOS				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	Pi	LOG ₁₀ Pi	LOG ₁₀ Pi * Pi
<i>Bufo valliceps</i>	3	0.75	-0.12	-0.094
<i>Bufo marinus</i>	1	0.25	-0.60	-0.151
$\sum i =$	4	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		0.24 decits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en el sistema ambiental (predio testigo), ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de fauna silvestre se refiere, ya que todos los grupos faunísticos estudiados alcanzaron un valor de H' inferior a **2.5 decits/ind**, siendo el grupo más importante el de las aves, ya que alcanzó el valor de H' más elevado con **1.32 decits/ind**; mientras que el grupo de menor importancia fueron los anfibios con un valor de $H'=0.24$ decits/ind.

b.4.6. Índice de equidad

Para el cálculo de la medida de uniformidad (equidad) de los grupos faunísticos estudiados, también se utilizó el **Índice de Pielou**, el cual ya fue descrito con antelación y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

H'_{\max} = Log_{10} de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

A continuación se presentan los valores de equidad obtenidos por cada grupo faunístico:

ANÁLISIS DE EQUIDAD				
ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS			
	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS
H' (\log_{10})	0.24	0.88	1.32	0.59
H_{\max} (\log_{10})	0.60	2.14	2.47	2.03
Pielou (J')	0.40	0.41	0.53	0.29

Como puede observarse en la tabla anterior, podemos observar que existe una distribución moderadamente homogénea de todas las especies, en tres grupos faunísticos (anfibios, reptiles y aves), pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son intermedios (de 0.40 a 0.53); siendo el grupo de las aves el que más se aproxima al valor de 1 que indica que todas las especies son igualmente abundantes. En el caso del grupo de los mamíferos el valor del índice alcanzado es bajo,

lo que indica una distribución heterogénea de las especies que lo componen. Esto nos indica que se trata de una comunidad faunística donde existen especies que predominan sobre otras, principalmente en el grupo de los mamíferos donde la especie predominante es *Nasua narica*.

a. Medio socioeconómico

Considerando que el sistema ambiental abarca el centro de población de la Ciudad de Cancún, así como la localidad de Alfredo V. Bonfil, el medio socioeconómico del sistema ambiental se describe considerando los aspectos sociales y económicos que caracterizan a ambas localidades (tomado de Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)¹⁷.

a.1. Tamaño de la población y tendencias de crecimiento

Cancún es la localidad que concentra mayor cantidad de población, seguida de Alfredo V. Bonfil, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 35.- Evolución de la Población y Tasas de Crecimiento del Municipio Benito Juárez

Año	Población						TMCA c/10 años			TMCA c/5 años			
	1980	1990	1995	2000	2005	2010	80-90	90-00	00-10	90-95	95-00	00-05	05-10
Benito Juárez	37,190	176,765	311,696	419,815	572,973	661,176	16.9	9.0	4.6	12.0	6.1	6.4	2.9
Cancún	33,273	167,730	297,183	397,191	526,701	628,306	17.6	9.0	4.7	12.1	6.0	5.8	3.6
Alfredo V. Bonfil	848	2,696	5,418	8,148	13,822	14,900	12.3	11.7	6.2	15.0	8.5	11.1	1.5
Leona Vicario	1,377	2,432	3,503	4,599	5,358	6,517	5.9	6.6	3.5	7.6	5.6	3.1	4.0
Puerto Morelos y Joaquín Zetina Gasca	672	1,380	2,208	3,438	7,726	9,188	7.5	9.6	10.3	9.9	9.3	17.6	3.5
Resto del Municipio		2,527	3,384	6,439	19,366	2,265	9.8	NA*		6.0	13.7	24.6	NA*

Fuente: En base a Censos Generales y Conteos de población y Vivienda, INEGI

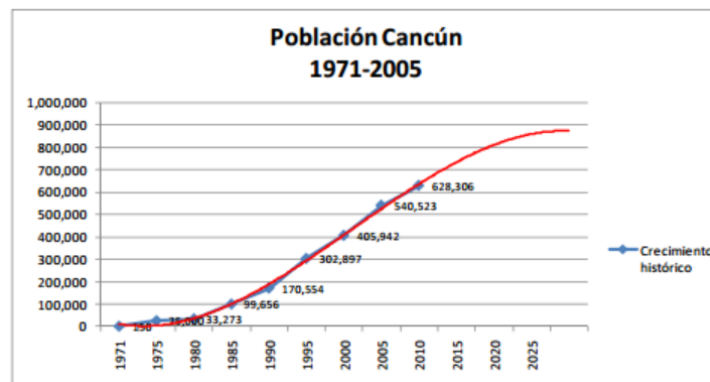
Lo anterior se confirma al analizar la distribución de la población de acuerdo al tamaño de la localidad (en número de viviendas), ya que sólo la ciudad de Cancún alberga 628,306 habitantes, lo que representa que el 95.03% del total de la población en el municipio vive en esta ciudad. Seguido en orden de importancia encontramos a Alfredo V. Bonfil con 14,900 habitantes que representa el 2.25% de la superficie total.

En la siguiente tabla se muestra la superficie que ocupa actualmente la mancha urbana en las localidades que son objeto de análisis:

¹⁷ Ibidem

Localidad	Superficie (hectáreas)
Cancún	15,451.29 Ha
Alfredo V. Bonfil	3,562.30 Ha
Puerto Morelos	396.08 Ha
Leona Vicario	412.02 Ha

Del análisis de las tendencias del crecimiento poblacional de la ciudad de Cancún entre 1971 y 2005, se obtuvo el siguiente gráfico que expresa la proyección del crecimiento en un lapso de 20 años, mostrando que la tasa de crecimiento ha comenzado a disminuir, aunque todavía faltarían unos 15 años más para comenzar a entrar a una fase de estabilización.



a.2. Demografía

En la siguiente gráfica se describe la estructura de la población en las localidades de Cancún y Alfredo V. Bonfil.



La estructura de la población, mostrada en relación a grupos de edad menores a 25 años (como dependientes económicos), de 26 a 59 años (como grupo de población económicamente activa) y mayores a 60 años (como gente de la 3ª edad) muestran que

en la población de Bonfil existe una mayor proporción de dependientes económicos (menores a 25 años) propiciada por procesos migratorios de la Población Económicamente Activa buscando oportunidades de trabajo en Cancún o Puerto Morelos. Además de que la tasa de natalidad y de adultos mayores a 60 años, también es mayor en esa localidad.

En la siguiente tabla se presentan los datos demográficos específicos para la localidad de Bonfil (tomado de (<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=230050002>)).

Año	2005			2010		
Datos demográficos	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Total de población en la localidad	6,997	6,825	13,822	7,639	7,261	14,900
Viviendas particulares habitadas	3,421			3,720		
Grado de marginación de la localidad <i>(Ver indicadores)</i>	Bajo			Medio		
Grado de rezago social localidad <i>(Ver indicadores)</i>	2 bajo			Muy bajo		
Indicadores de carencia en vivienda <i>(Ver indicadores)</i>						

a.3. Inmigración

De las dos localidades en estudio, Cancún destaca por concentrar la mayor parte de la población migrante, ya que el 94% radica en esta Localidad. En la siguiente tabla se presenta el grado de inmigración en ambas localidades¹⁸.

Nombre de la localidad	Población 2010	Grado de marginación de la Localidad 2010	Ámbito
Alfredo V. Bonfil	14,900	Medio	Urbano
Cancún	628,306	Bajo	Urbano

a.4. Vivienda

En la ciudad de Cancún se estiman 186,121 viviendas, con un promedio de 152 m² por lote y 82 m² de construcción; mientras que las viviendas en vecindad representan el 8% del total. En la localidad de Bonfil se encuentran 3421 viviendas, de las cuales el 2.11% disponen de una computadora. A continuación se presentan los indicadores de carencia de viviendas en la localidad.

a.5. Actividad comercial

De acuerdo con el Padrón Catastral, en Cancún predomina el uso comercial en dos zonas: Zona Hotelera y Zona Centro, se diferencian por presentar predios más grandes

¹⁸ Juan Roberto Calderón Maya, Héctor Campos Alanís, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez. Análisis de la Marginación Urbana en Cancún, Quintana Roo

en Zona Hotelera, en cambio la Zona Centro registra un coeficiente de uso de suelo mayor. En el caso de Bonfil, su población se dedica principalmente a actividades de servicio en Cancún y en menor grado a actividades agropecuarias. Dicha población nació de colonos originarios del norte del país, los cuales contribuyeron al aumento demográfico de Quintana Roo.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL PREDIO

4.3.1. Medio abiótico

a. Clima

Todo el sistema ambiental se ubica dentro del subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x'), y por ende el sitio del proyecto también presenta ese subtipo climático (ver planos anexos).

b. Precipitación media anual

Con base en los registros mensuales y anuales promedio obtenidos de la estación meteorológica de Cancún, se tiene que la precipitación media anual es de 1,100 mm (ver planos anexos).

c. Fisiografía

El sistema ambiental se ubica dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán y en la subprovincia fisiográfica Carso Yucateco, y por ende, el sitio del proyecto se alberga en ambos sistemas fisiográficos (ver planos anexos).

d. Geología

El predio se ubica dentro del sistema geológico Roca caliza del Terciario plioceno: Ts (cz).- que está formada en su parte inferior por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta dos buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas ooespatíticas, bioespatíticas y bioesparrudíticas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. Su parte superior está conformada por calizas de textura ooespatita, bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal (ver planos anexos).

e. Edafología

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, se advierte que el sitio de aprovechamiento se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Rendzina mas Litosol (E+I/2/L), donde el suelo predominante o primario es la Rendzina y el Litosol como suelo secundario, con clase textural media, en fase física lítica.

Rendzinas. Del polaco rzedzic: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

Litoseles. Del griego lithos: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. No tiene subunidades y su símbolo es (I).

f. Hidrología superficial

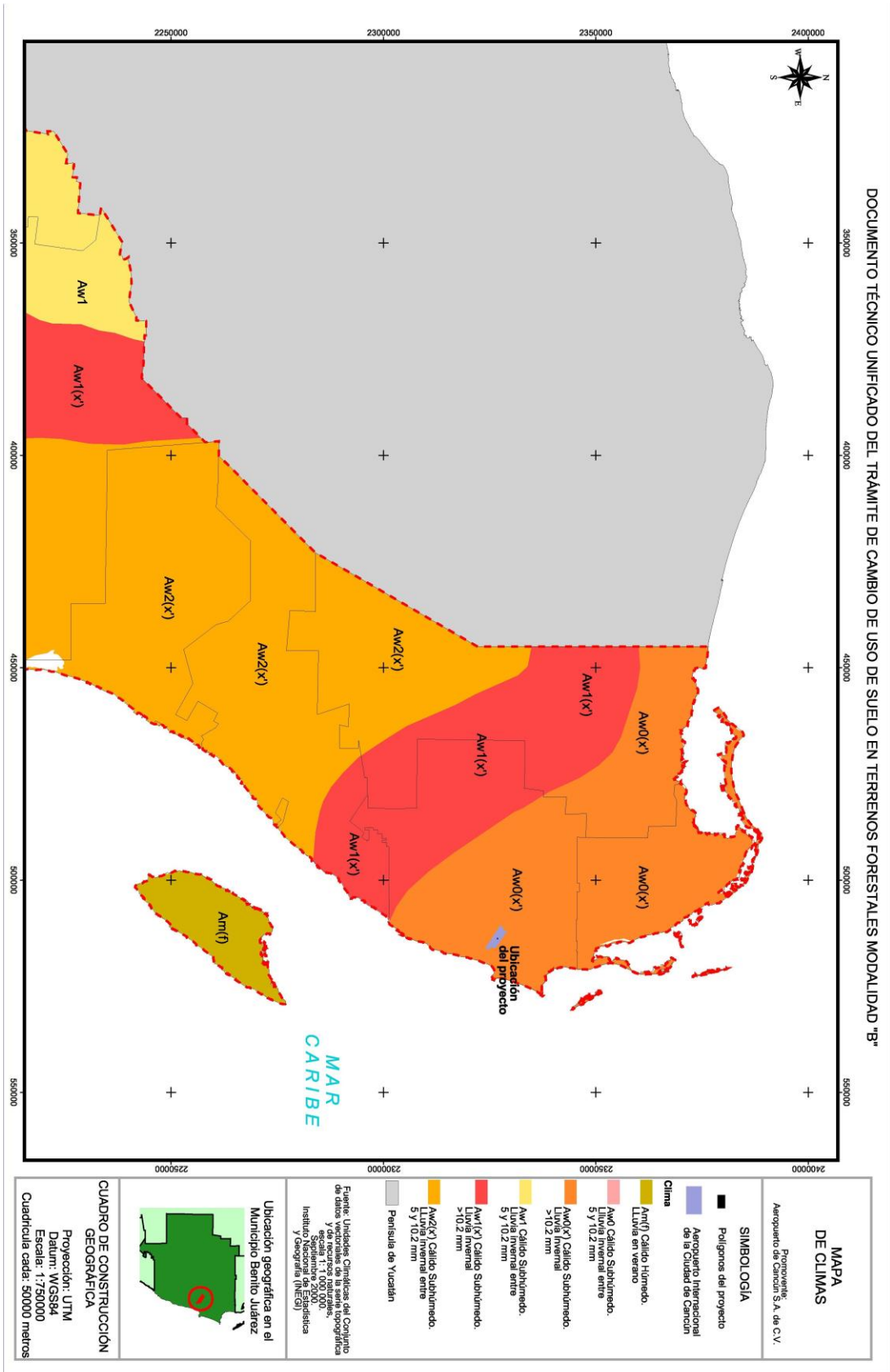
El predio se ubica en una zona que presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% de acuerdo con la carta de Hidrología subterránea del INEGI (ver planos anexos).

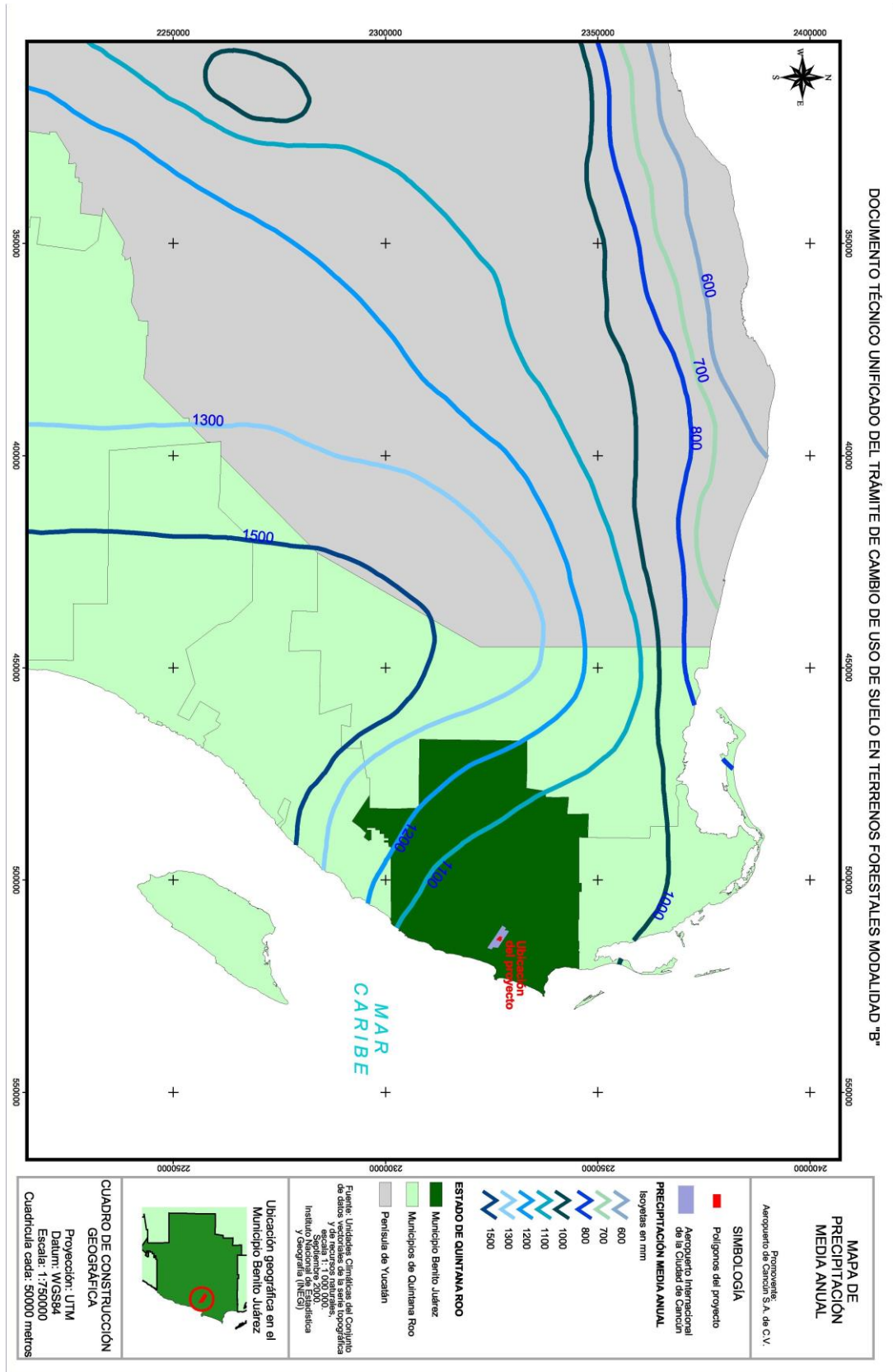
g. Hidrología subterránea

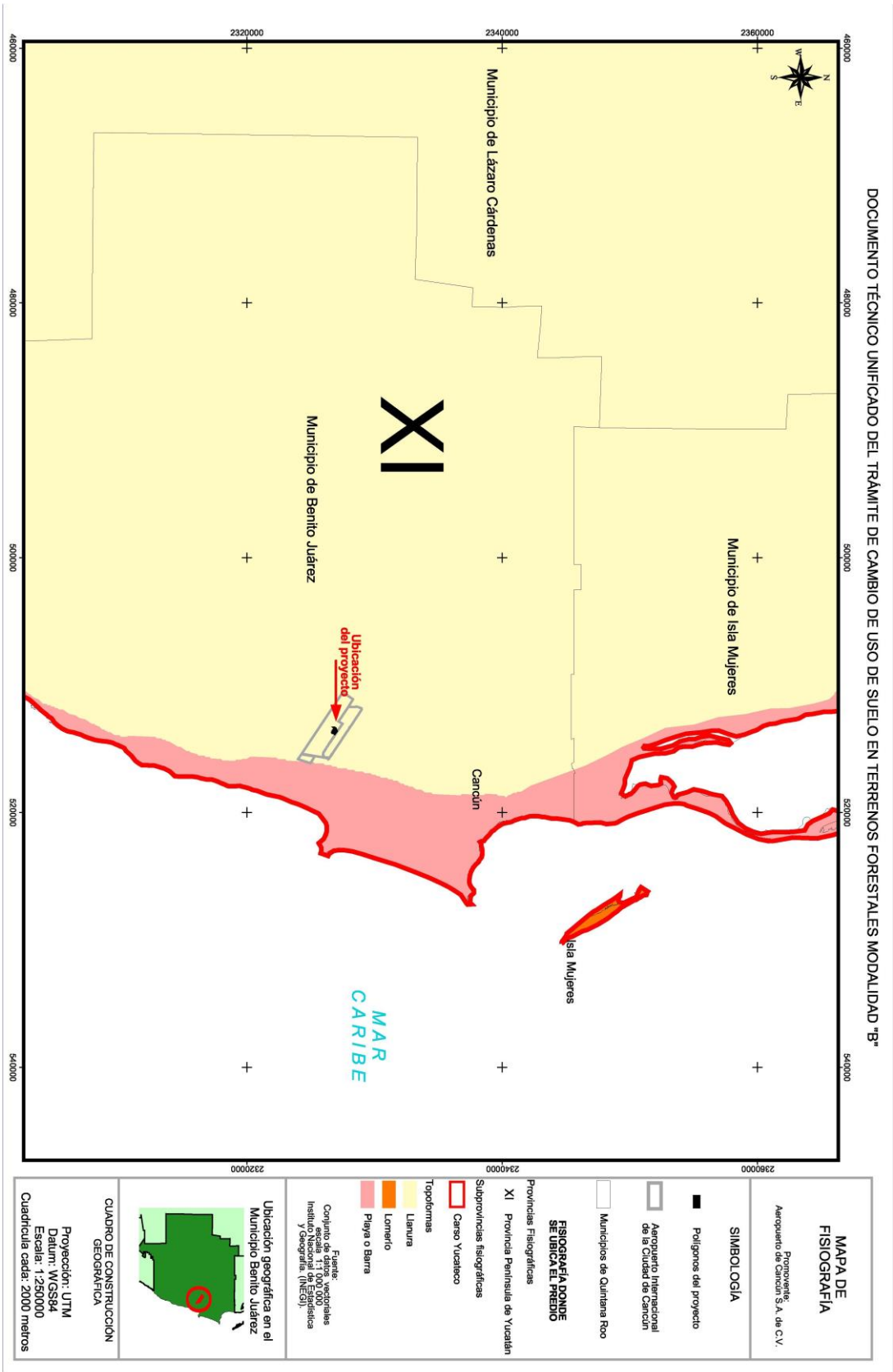
De acuerdo con la carta de Hidrología subterránea del INEGI, el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (ver planos anexos).

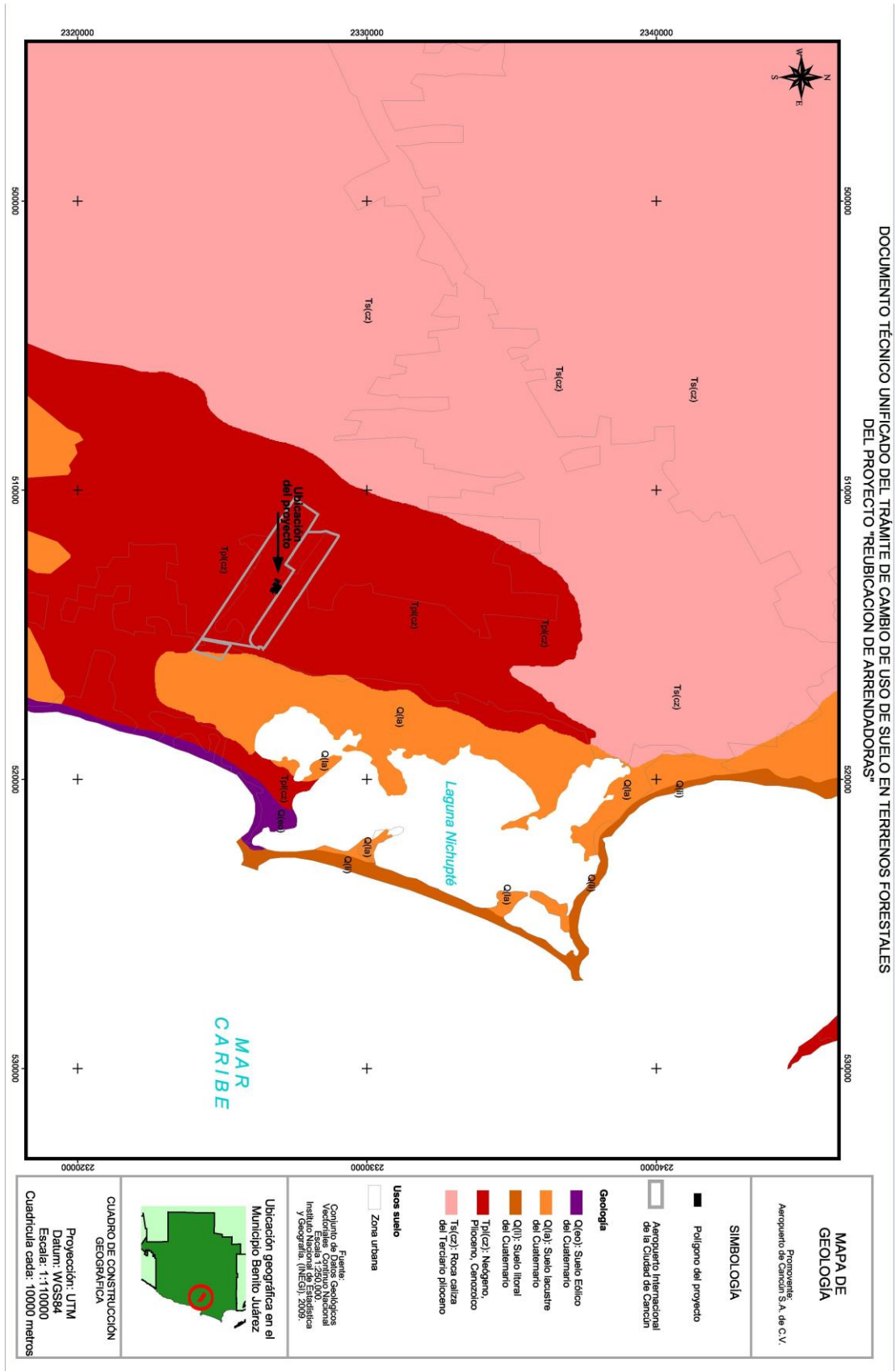
h. Planos anexos

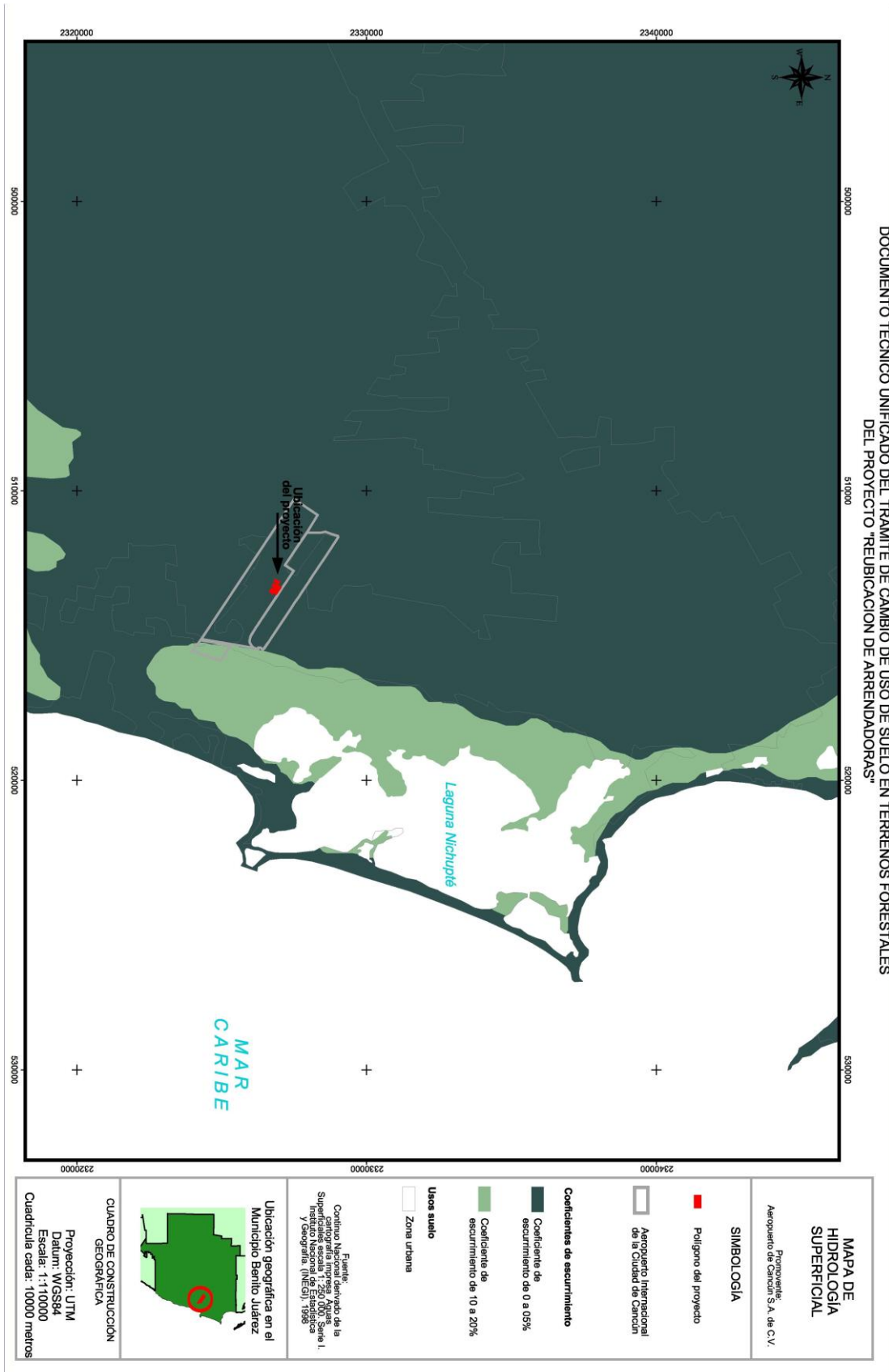
En las siguientes páginas se presentan los planos citados en el contenido de los apartados anteriores.

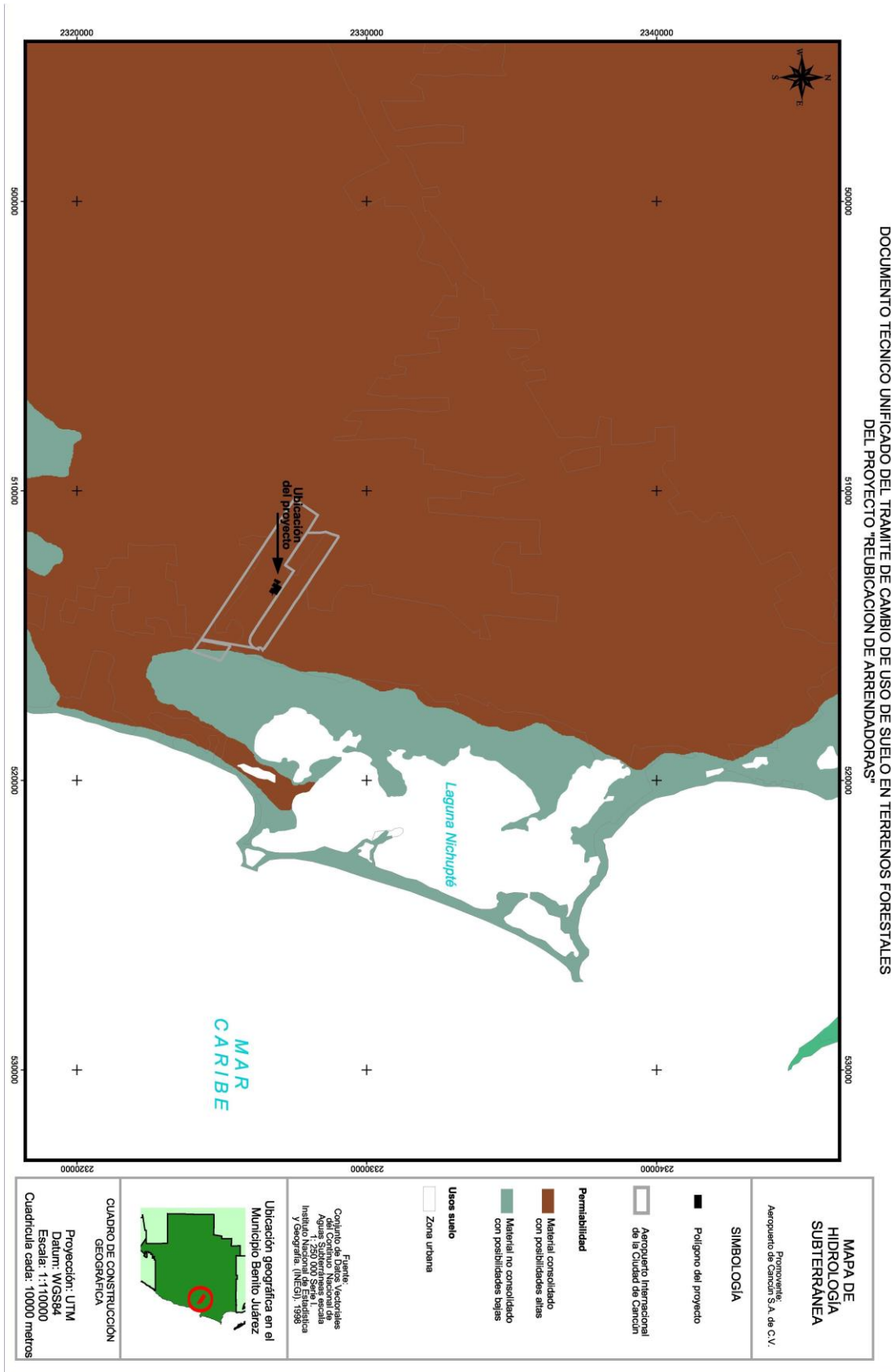












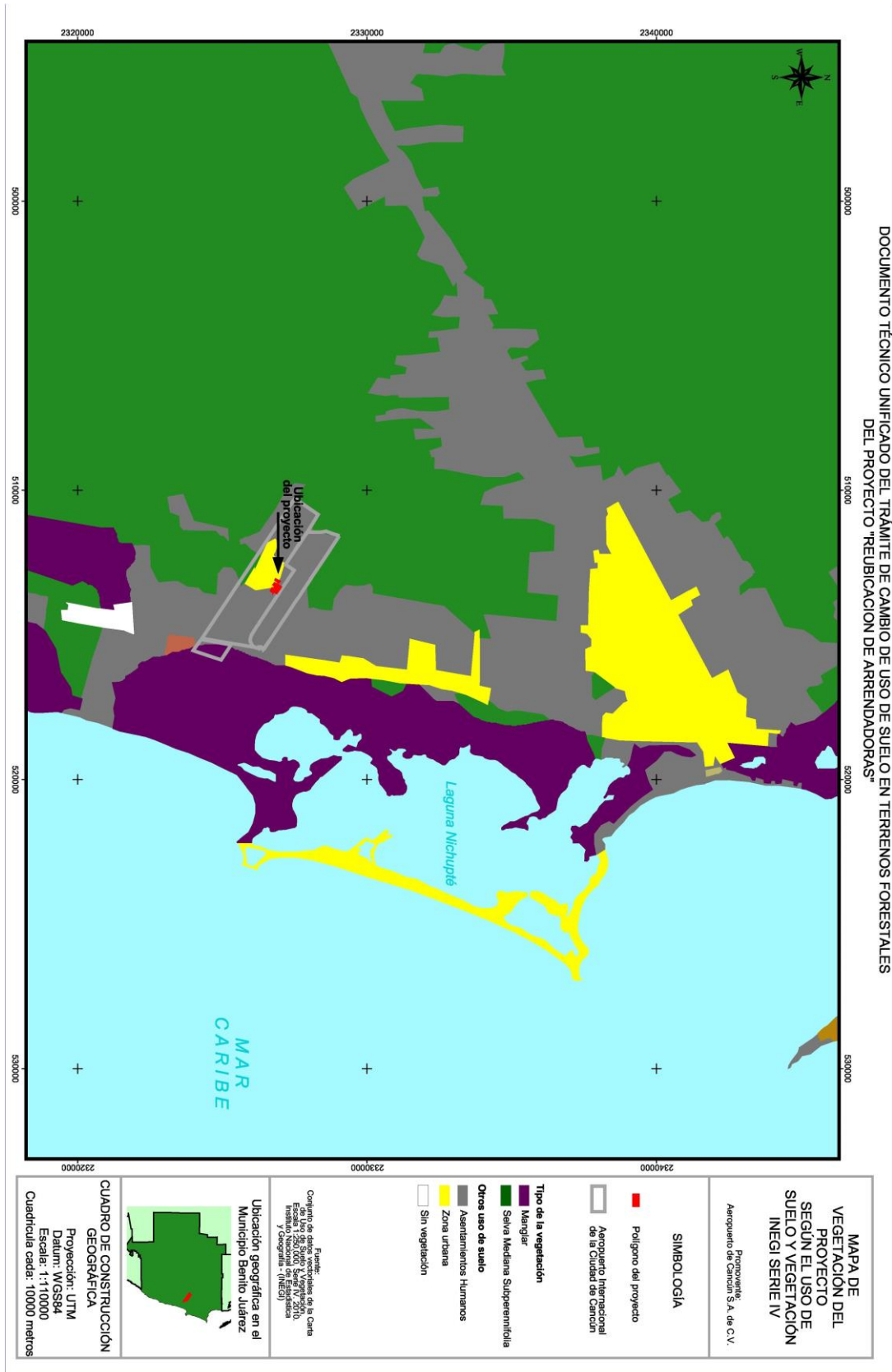
4.3.2. Medio biótico

a. Flora

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (Seria IV), el predio del proyecto se ubica en una zona con uso de suelo “asentamiento humano”, por lo que no se le asigna un tipo de vegetación específico (ver planos en la página siguiente).

No obstante lo señalado en el párrafo anterior, para el estudio de la vegetación que se desarrolla en la superficie de aprovechamiento, se procedió a realizar un inventario forestal al interior de los polígonos, a fin de conocer las especies que conforman cada uno de los estratos de la vegetación, así como las características dasométricas del arbolado.

Una de las primeras actividades realizadas durante la toma de datos en campo, consistió en identificar los límites de los polígonos de aprovechamiento mediante el GPS; una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación, así como las condiciones en las que ésta se encontraba, como puede observarse en las siguientes imágenes.



a.1. Diseño del muestreo

Una vez definida la poligonal del predio y con la finalidad de obtener las características particulares de la vegetación, se llevó a cabo el inventario forestal, de la siguiente manera:

Para el estudio de los estratos que componen la estructura vertical de la vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo), se llevó a cabo un muestreo sistemático a través de cuadrantes o parcelas de muestreo, cuyas características se describen en los siguientes puntos:

Estrato arbóreo.- Para el estudio de este estrato se trazaron 7 cuadrantes de 30 m x 30 m (900 m² por cada sitio), a través del cual se tomaron los datos dasométricos del arbolado adulto con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm.

Estrato arbustivo.- Para el estudio de este estrato se trazaron 7 cuadrantes de 5 m x 5 m (25 m² por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos dasométricos del arbolado joven con diámetro a la altura del pecho menor a 10 cm.

Estrato herbáceo.- Para el estudio de este estrato se trazaron 7 cuadrantes de 1 m x 1 m (1 m² por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos de altura y cobertura para cada individuo identificado.

Una vez llevado a cabo el inventario forestal, se procedió a realizar un trabajo de gabinete en el que se determinaron las características dasométricas de los estratos que integran la vegetación del predio; así como las especies de flora que componen la misma, a partir de la cual se determinó el tipo de vegetación que se desarrolla en toda la superficie de aprovechamiento.

a.2. Condiciones ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio

El ecosistema que se desarrolla al interior de la superficie de aprovechamiento, se encuentra en buen estado de conservación, pues se trata de una zona con vegetación nativa que no ha sido intervenida por la acción del hombre; y en ese sentido aún conserva su estructura y composición original, aunque cabe aclarar que se puede determinar cierta afectación en su condición de regeneración, pues a pesar de estar bien conservada, se trata de un estado secundario arbóreo, ya que la altura, densidad, distribución de especies, y el área basal estimado, no corresponde a un ecosistema primario. Esto puede observarse en las imágenes siguientes.

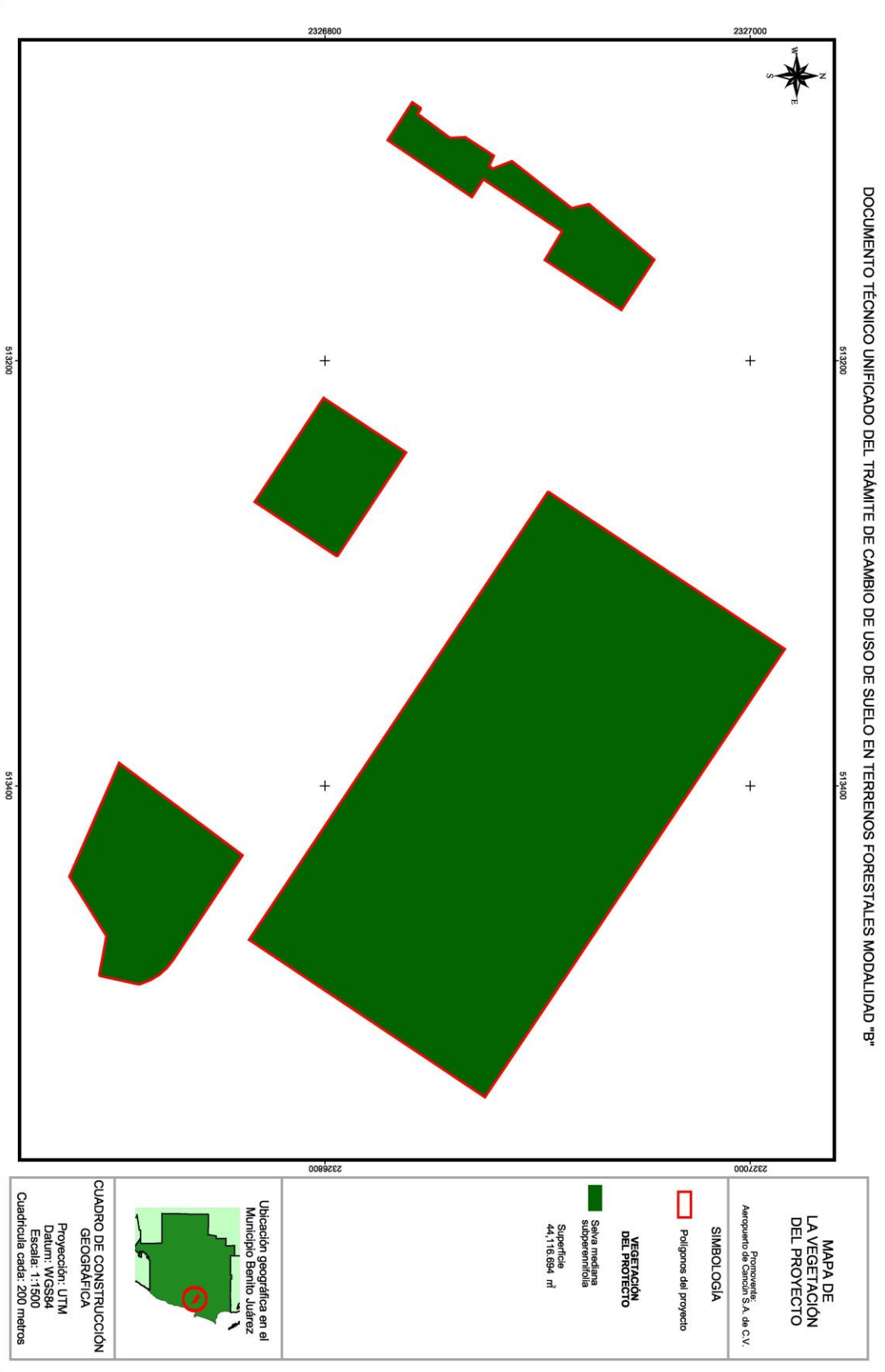




a.3. Descripción fisonómica de la vegetación

De acuerdo con el estudio realizado en campo, y conforme al análisis realizado en gabinete, se determinó que la vegetación existente en la superficie de cambio de uso de suelo, corresponde a Selva mediana subperennifolia (ver plano de la página siguiente), la cual presenta tres estratos en su estructura vertical, a saber: estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo; siendo el estrato arbóreo el que se observa mejor representado, con un dosel generalmente cerrado, aunque en algunas zonas se observa abierto; y los individuos que lo integran presentan una distribución más o menos heterogénea, con la predominancia de ciertas especies; mientras que el estrato arbustivo ostenta una representación más o menos escasa, pues acusa una fuerte competencia por el espacio y los nutrientes con el estrato superior. En cuanto al estrato herbáceo, este se encuentra compuesto en forma predominante por plántulas de especies nativas, aunque se observa una baja tasa de regeneración natural. A continuación se describen las características particulares de cada estrato.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES MODALIDAD "B"



Estrato arbóreo.- Se encuentra conformado por ejemplares adultos con un diámetro normal (DAP) mayor a 10 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 16.97 cm; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 95.40 cm correspondiente a un individuo de la especie *Enterolobium cyclocarpum* (pich); y un mínimo registrado de 10 cm perteneciente a ejemplares de diversas especies. La altura promedio del arbolado es de 7.4 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 13 m para un ejemplar de la especie *Manilkara zapota* (zapote); y un mínimo de 1.3 m para un individuo de la especie *Gymnopodium floribundum* (tzitzilche).

Estrato arbustivo.- Se encuentra conformado por ejemplares juveniles en desarrollo con un diámetro normal (DAP) mayor a 5 cm pero menor a 10 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 3.03 cm, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 6.6 cm para un ejemplar de *Platymiscium yucatanum*; y un mínimo registrado de 1 cm perteneciente a ejemplares de *Psidium guajava* y *Nectandra coriacea*. La altura promedio es de 3.78 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 6 m para ejemplares de diversas especies; y un mínimo de 1.3 m para ejemplares *Eugenia trikkii* y *Manilkara zapota*.

Estrato herbáceo o sotobosque.- Se encuentra conformado por plantas herbáceas y plántulas producto de la regeneración natural del ecosistema. La altura promedio del estrato es de 55.16 cm; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 1.12 m para un ejemplar de *Gymnanthes lucida*, y un mínimo registrado de 15 cm para un ejemplar de *Metopium brownei*. La cobertura promedio de la vegetación en el sotobosque es de 33.21 cm, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 1.2 m para un ejemplar de *Bromelia karatas*; y un mínimo registrado de 10 cm para un ejemplar de *Paullinia cururu*.

En las siguientes imágenes se muestran las condiciones generales de los estratos antes descritos.

Estrato arbóreo







Estrato arbustivo





Estrato herbáceo





Entre las principales afectaciones observadas en la vegetación, se observó la disposición inadecuada de residuos sólidos, así como árboles derribados muertos, lo cual se muestra en las siguientes imágenes:









a.4. Composición de la vegetación

a.4.1. A nivel de toda la superficie de aprovechamiento:

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Elemuy
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
	<i>Sabal yapa</i>	Huano
	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
	<i>Protium copal</i>	Copal
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus souzae</i>	Chaya de monte
	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yayté
	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
	<i>Sebastiania longicuspis</i>	Sac chechen
Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimín
	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Pamul
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Pich

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilche
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xuul
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo
	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Uvasché
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sac pah
	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
Moraceae	<i>Brosimum alicstrum</i>	Ramón
	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
	<i>Ficus maxima</i>	Higo álamo
	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoché
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
	<i>Myrciantes fragrans</i>	Guayabillo
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
	<i>Paullinia cururu</i>	Xtu'ak'
	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunub
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
	<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	Caracolillo
	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
	<i>Pouteria reticulata</i>	Zapotillo
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'a saak
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Orégano de monte
	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz

De acuerdo con el inventario forestal realizado en la superficie de aprovechamiento proyectada, se obtuvo el registro de 65 especies vegetales, distribuidas en 26 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 15 registros; seguida de las familias Euphorbiaceae y Sapotaceae con 5 registros cada una; y finalmente destacan las familias Sapindaceae, Myrtaceae y Moraceae con 4 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 3 o menos especies.

a.4.2. A nivel del estrato arbóreo:

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Bojón
	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
	<i>Protium copal</i>	Copal
Ebenaceae	<i>Diospyrus yucatanensis</i>	Silil
Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i>	Cascarillo
Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Pamul
	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ruda de monte
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Uvasche
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malpigiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sac pah
	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
	<i>Ficus maxima</i>	Higo álamo
	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
	<i>Ficus padifolia</i>	Higo hoja menuda
	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Rhamnaceae	<i>Krogiodendrom ferreum</i>	Chintok
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i>	Palo de gas
	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
	<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	Caracolillo
	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
	<i>Pouteria reticulata</i>	Zapotillo
	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'a saak

Así mismo, concluimos que a nivel del estrato arbustivo se registró un total de 51 especies distribuidas en 24 familias, de las cuales, la familia Fabaceae fue la más importante con un total de 9 registros; seguida de la Sapotaceae con 7 registros; el resto de las familias se encuentran representadas por 3 o menos especies.

a.4.3. A nivel del estrato arbustivo:

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Elemuy
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus souzae</i>	Chaya de monte
	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
	<i>Sebastiana longicuspis</i>	Sac chechen
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo
	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Uvasché
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
Moraceae	<i>Brosimum alicstrum</i>	Ramón
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
	<i>Pouteria reticulata</i>	Zapotillo

Por otro lado, a nivel del estrato herbáceo se registró un total de 28 especies distribuidas en 17 familias, de las cuales, la familia Fabaceae fue la más importante con un total de 4 registros; seguida de las familias Euphorbiaceae, Myrtaceae y Sapotaceae con 3 registros; el resto de las familias se encuentran representadas por 2 o menos especies.

a.4.4. A nivel del estrato herbáceo:

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
	<i>Sabal yapa</i>	Huano
	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yayté
Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimín
	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilche
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoché
Myrtaceae	<i>Myrciantes fragrans</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xtu'ak'
	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Orégano de monte
	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

Finalmente se obtuvo un registro un total de 31 especies a nivel del estrato herbáceo, distribuidas en 17 familias, de las cuales, la familia Fabaceae fue la más importante con un total de 6 registros; seguida de las familias Arecaceae, Rubiaceae y Verbenaceae con 3 registros; el resto de las familias se encuentran representadas por 2 o menos especies.

a.5. Epifitas vasculares presentes en la superficie de aprovechamiento

Este grupo está conformado por organismos cuyo ciclo de vida se desarrolla íntegramente sobre o dentro de los tejidos muertos exteriores de otras plantas, sin

obtener agua o nutrientes de tejidos vivos. Las epífitas son un elemento importante de la diversidad de los ecosistemas y esenciales en la estructura y dinámica de la fauna asociada.

Metodología del inventario: Para el estudio de este grupo florístico se utilizaron los 7 sitios de muestreo establecidos dentro de los polígonos de aprovechamiento (usados para el inventario forestal), de tal manera que durante el levantamiento de los datos en campo, se realizó una revisión exhaustiva de cada individuo inventariado a nivel de los estratos arbóreo y arbustivo, a fin de determinar la existencia de epífitas vasculares, y posteriormente registrar la especie y el número de individuos por especie identificados. Los grupos de epífitas estudiados fueron Bromeliaceae, Orchidaceae y otras epífitas (incluidas Loranthaceae, Cactaceae, Araceae y otras especies más conspicuas).

De acuerdo con esta metodología, se muestreó un total de 363 árboles adultos (estrato arbóreo) y 99 árboles jóvenes (estrato arbustivo), pudiendo obtener los siguientes resultados.

Resultados del inventario (composición de especies): De acuerdo con la metodología aplicada durante el inventario de epífitas vasculares, se pudo constatar la existencia de 6 especies distribuidas en 3 familias de las cuales, la más importante fue la Orchidaceae con el mayor número de registros (3 en total); tal como se muestra en la siguiente tabla:

EPÍFITAS VASCULARES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
2	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	X'chu
3	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	Gatillo
4	Orquidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Cebolleta
5	Orquidaceae	<i>Encyclia alata</i>	Orquídea mariposa
6	Orquidaceae	<i>Myrmecophila tibicinis</i>	Homikin

a.6. Especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Del total de especies registradas en la vegetación que se desarrolla al interior de la superficie de aprovechamiento, sólo se identificaron dos especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana en comento, a saber, *Thrinax radiata* (palma chit) y *Coccothrinax readii* (nacax), especies incluidas en la categoría de amenazadas.

a.7. Índice del Valor de importancia

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada a nivel del estrato arbustivo y herbáceo, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual fue ya descrito en apartados anteriores. Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

$$IVI = A\% + F\% + D\%$$

Donde:

IVI: índice de valor de importancia

A%: abundancia relativa

F%: frecuencia relativa

D%: dominancia relativa

A continuación se presentan los valores de importancia calculados para las especies registradas en los diferentes estratos identificados en la vegetación, de acuerdo con los cálculos realizados.

ESTRATO ARBÓREO				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Manilkara zapota</i>	19.28	6.42	31.32	57.02
<i>Vitex gaumeri</i>	14.05	6.4	10.0	30.44
<i>Metopium brownei</i>	13.22	6.42	9.55	29.20
<i>Ficus obtusifolia</i>	4.96	2.8	10.4	18.15
<i>Bursera simaruba</i>	5.23	4.6	2.9	12.70
<i>Guettarda elliptica</i>	4.96	3.7	2.7	11.35
<i>Piscidia piscipula</i>	3.31	3.7	3.6	10.60
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.83	0.9	8.2	9.93
<i>Ficus maxima</i>	3.86	2.75	2.84	9.45
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3.03	3.7	1.1	7.84
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.65	3.7	1.1	6.41
<i>Eugenia trikkii</i>	1.65	3.67	0.80	6.12
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.83	2.8	2.1	5.64
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.93	1.83	1.49	5.26
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.10	3.7	0.4	5.19
<i>Pouteria campechiana</i>	2.20	1.8	1.1	5.14
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1.38	2.8	0.9	5.00
<i>Swartzia cubensis</i>	1.65	1.8	1.5	4.99
<i>Coccoloba spicata</i>	1.10	2.8	0.7	4.60

ESTRATO ARBÓREO				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Pouteria reticulata</i>	1.38	2.8	0.4	4.54
<i>Ceiba aesculifolia</i>	1.10	1.8	0.7	3.65
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	0.83	1.8	0.8	3.42
<i>Simarouba amara</i>	0.55	1.8	0.3	2.73
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.55	1.83	0.30	2.68
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.55	1.8	0.2	2.59
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.55	1.8	0.2	2.59
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.55	1.83	0.16	2.55
<i>Zuelania guidonia</i>	0.83	0.9	0.4	2.13
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.83	0.9	0.3	2.07
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.55	0.9	0.4	1.87
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.55	0.9	0.4	1.87
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.55	0.9	0.4	1.82
<i>Gliricidia sepium</i>	0.55	0.9	0.3	1.76
<i>Protium copal</i>	0.28	0.9	0.3	1.44
<i>Sabal yapa</i>	0.28	0.9	0.2	1.42
<i>Randia longiloba</i>	0.28	0.9	0.2	1.41
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.28	0.9	0.2	1.39
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.28	0.9	0.2	1.37
<i>Malpighia glabra</i>	0.28	0.9	0.2	1.37
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.28	0.9	0.2	1.34
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.28	0.9	0.1	1.32
<i>Hampea trilobata</i>	0.28	0.9	0.1	1.30
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.28	0.9	0.1	1.28
<i>Platymiscium yucatanum</i>	0.28	0.9	0.1	1.27
<i>Cordia dodecandra</i>	0.28	0.9	0.1	1.27
<i>Nectandra coriacea</i>	0.28	0.9	0.1	1.27
<i>Psidium sartorianum</i>	0.28	0.9	0.1	1.27
$\Sigma=$	100	100	100	300

De acuerdo con los datos presentados en la tabla que antecede, se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato arbóreo son *Manilkara zapota* con un IVI de 57.02 puntos; *Vitex gaumeri* con un IVI de 30.44 y *Metopium brownei* con un IVI de 29.20 puntos. Así mismo, se advierte que existe una diferencia de 11.05 puntos entre el valor del índice de importancia obtenido por *M. brownei*, y el valor obtenido por la especie más cercana en orden de importancia que fue *Ficus obtusifolia* la cual obtuvo un IVI de 18.15

(cuarta especie importante); esto nos indica que la vegetación presente en la superficie de aprovechamiento se caracteriza por una asociación de *Manilkara zapota-Vitex gaumeri-Metopium brownei*, pues se considera significativo la diferencia del valor de importancia que presentan estas tres especies con respecto al valor obtenido por el resto especies registradas en el estrato.

ESTRATO ARBUSTIVO				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Gliricidia sepium</i>	16.16	4.00	16.72	36.88
<i>Vitex gaumeri</i>	8.08	4.00	15.06	27.14
<i>Psidium sartorianum</i>	11.11	6.00	8.79	25.90
<i>Eugenia trikii</i>	7.07	6.00	5.03	18.10
<i>Drypetes lateriflora</i>	7.07	6.00	4.15	17.22
<i>Zuelania guidonia</i>	4.04	6.00	7.11	17.15
<i>Coccoloba spicata</i>	5.05	6.00	6.02	17.08
<i>Sebastiana longicuspis</i>	3.03	6.00	4.26	13.29
<i>Manilkara zapota</i>	4.04	6.00	2.99	13.03
<i>Nectandra coriacea</i>	5.05	6.00	1.27	12.32
<i>Pouteria campechiana</i>	3.03	6.00	1.81	10.84
<i>Pouteria reticulata</i>	2.02	2.00	5.87	9.89
<i>Matayba oppositifolia</i>	3.03	2.00	3.95	8.98
<i>Swartzia cubensis</i>	3.03	2.00	2.62	7.65
<i>Guettarda combsii</i>	3.03	2.00	2.41	7.44
<i>Platymiscium yucatanum</i>	1.01	2.00	3.94	6.95
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.02	4.00	0.62	6.64
<i>Randia longiloba</i>	2.02	4.00	0.48	6.50
<i>Jatropha gaumeri</i>	1.01	2.00	2.17	5.18
<i>Hampea trilobata</i>	1.01	2.00	1.67	4.68
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1.01	2.00	0.98	3.99
<i>Bauhinia divaricata</i>	1.01	2.00	0.56	3.57
<i>Metopium brownei</i>	1.01	2.00	0.48	3.49
<i>Cordia dodecandra</i>	1.01	2.00	0.36	3.37
<i>Brosimum alicstrum</i>	1.01	2.00	0.29	3.30
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1.01	2.00	0.18	3.19
<i>Cnidocolus souzae</i>	1.01	2.00	0.11	3.12
<i>Psidium guajava</i>	1.01	2.00	0.09	3.10
Σ=	100	100	100	300

De acuerdo con los datos presentados en la tabla que antecede, se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato arbustivo son *Gliricidia sepium* con un IVI de 36.88 puntos; *Vitex gaumeri* con un IVI de 27.14 y *Psidium sartorianum* con un IVI de 25.90 puntos. Así mismo, se advierte que existe una diferencia de 7.8 puntos entre el valor del índice de importancia obtenido por *P. sartorianum*, y el valor obtenido por la especie más cercana en orden de importancia que fue *Eugenia trikii* la cual obtuvo un IVI de 18.10 (cuarta especie importante); esto nos indica que la vegetación presente en la superficie de aprovechamiento se caracteriza por una asociación de *Gliricidia sepium* - *Vitex gaumeri*- *Psidium sartorianum*, pues se considera significativo la diferencia del valor de importancia que presentan estas tres especies con respecto al valor obtenido por el resto especies registradas en el estrato.

ESTRATO HERBÁCEO				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Malvaviscus arboreus</i>	10.81	7.41	9.89	28.10
<i>Psychotria nervosa</i>	8.11	5.556	8.10	21.76
<i>Manilkara zapota</i>	6.76	5.556	8.38	20.69
<i>Nectandra coriaceae</i>	5.41	5.56	7.04	18.00
<i>Metopium brownei</i>	5.41	5.556	4.80	15.76
<i>Thrinax radiata</i>	5.41	3.70	5.61	14.72
<i>Sabal yapa</i>	4.05	3.70	6.71	14.47
<i>Drypetes lateriflora</i>	5.41	3.704	3.91	13.01
<i>Coccothrinax readii</i>	4.05	3.70	4.07	11.83
<i>Gliricidia sepium</i>	4.05	5.56	2.16	11.77
<i>Bromelia karatas</i>	2.70	3.70	4.68	11.09
<i>Vitex gaumeri</i>	2.70	3.70	3.62	10.03
<i>Ardisia escallonioides</i>	2.70	3.70	2.56	8.97
<i>Talisia olivaeformis</i>	2.70	3.704	2.52	8.93
<i>Lantana camara</i>	2.70	3.70	2.12	8.52
<i>Myrciantes fragrans</i>	2.70	3.70	1.99	8.40
<i>Hampea trilobata</i>	2.70	1.852	2.89	7.44
<i>Paullinia cururu</i>	4.05	1.852	1.46	7.37
<i>Gymnanthes lucida</i>	1.35	1.85	3.01	6.21
<i>Gutterda combsii</i>	1.35	1.85	2.12	5.32
<i>Guettarda combsii</i>	1.35	1.852	1.46	4.67
<i>Coccoloba spicata</i>	1.35	1.85	1.38	4.59
<i>Pouteria campechiana</i>	1.35	1.85	1.34	4.55
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1.35	1.85	1.30	4.51
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.35	1.85	1.30	4.51

ESTRATO HERBÁCEO				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Randia longiloba</i>	1.35	1.852	1.26	4.46
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.35	1.85	1.02	4.22
<i>Piscidia piscipula</i>	1.35	1.85	1.02	4.22
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.35	1.852	0.98	4.18
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.35	1.852	0.69	3.89
<i>Bursera simaruba</i>	1.35	1.85	0.61	3.81
$\Sigma =$	100	100	100	300

De acuerdo con los datos presentados en la tabla que antecede, se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato herbáceo son *Malvaviscus arboreus* con un IVI de 28.10 puntos; *Psychotria nervosa* con un IVI de 21.76 y *Manilkara zapota* con un IVI de 20.69 puntos. Así mismo, se advierte que existe una mínima diferencia de 2.69 puntos entre el valor del índice de importancia obtenido por *Manilkara zapota*, y el valor obtenido por la especie más cercana en orden de importancia que fue *Nectandra coriacea* la cual obtuvo un IVI de 18.00 (cuarta especie importante); esto nos indica que la vegetación presente en la superficie de aprovechamiento se caracteriza por una estructura bien definida y una distribución homogénea de las especies que la componen a nivel del estrato herbáceo, pues se considera despreciable la diferencia del valor de importancia que presentan las tres especies más importantes, con respecto al valor obtenido por el resto especies registradas en el estrato.

a.8. Índice de diversidad

Para estimar el índice de diversidad de la flora presente en la superficie de aprovechamiento, se tomaron los datos del inventario forestal realizado; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por estrato; y finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual ya fue descrito con antelación, y se calcula como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\Sigma i = 1$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie i.

ln P_i = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del índice de diversidad, por cada estrato de la vegetación.

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Acacia dolichostachya</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Brosimum alicastrum</i>	7	0.019	-1.71	-0.033
<i>Bursera simaruba</i>	19	0.052	-1.28	-0.067
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Coccoloba barbadensis</i>	3	0.008	-2.08	-0.017
<i>Coccoloba spicata</i>	4	0.011	-1.96	-0.022
<i>Cordia dodecandra</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Dendropanax arboreus</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Drypetes lateriflora</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3	0.008	-2.08	-0.017
<i>Eugenia trikii</i>	6	0.017	-1.78	-0.029
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Ficus maxima</i>	14	0.039	-1.41	-0.055
<i>Ficus obtusifolia</i>	18	0.050	-1.30	-0.065
<i>Gliricidia sepium</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Guettarda elliptica</i>	18	0.050	-1.30	-0.065
<i>Gymnopodium floribundum</i>	11	0.030	-1.52	-0.046
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	6	0.017	-1.78	-0.029
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Malpighia glabra</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Manilkara zapota</i>	70	0.193	-0.71	-0.138
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	3	0.008	-2.08	-0.017
<i>Matayba oppositifolia</i>	3	0.008	-2.08	-0.017
<i>Metopium brownei</i>	48	0.132	-0.88	-0.116
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Ottoschulzia pallida</i>	5	0.014	-1.86	-0.026
<i>Piscidia piscipula</i>	12	0.033	-1.48	-0.049
<i>Platymiscium yucatanum</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Pouteria campechiana</i>	8	0.022	-1.66	-0.037
<i>Pouteria reticulata</i>	5	0.014	-1.86	-0.026
<i>Protium copal</i>	1	0.003	-2.56	-0.007

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Psidium sartorianum</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Randia longiloba</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Sabal yapa</i>	1	0.003	-2.56	-0.007
<i>Simarouba amara</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Swartzia cubensis</i>	6	0.017	-1.78	-0.029
<i>Thevetia gaumeri</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.006	-2.26	-0.012
<i>Vitex gaumeri</i>	51	0.140	-0.85	-0.120
<i>Zuelania guidonia</i>	3	0.008	-2.08	-0.017
$\Sigma i =$	363		$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	1.29 decits/ind

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Brosimum alicstrum</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Cnidocolus souzae</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2	0.020	-1.69	-0.034
<i>Coccoloba spicata</i>	5	0.051	-1.30	-0.065
<i>Cordia dodecandra</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Drypetes lateriflora</i>	7	0.071	-1.15	-0.081
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Eugenia trikii</i>	7	0.071	-1.15	-0.081
<i>Gliricidia sepium</i>	16	0.162	-0.79	-0.128
<i>Guettarda combsii</i>	3	0.030	-1.52	-0.046
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Manilkara zapota</i>	4	0.040	-1.39	-0.056
<i>Matayba oppositifolia</i>	3	0.030	-1.52	-0.046
<i>Metopium brownei</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Nectandra coriacea</i>	5	0.051	-1.30	-0.065
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Platymiscium yucatanum</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Pouteria campechiana</i>	3	0.030	-1.52	-0.046
<i>Pouteria reticulata</i>	2	0.020	-1.69	-0.034
<i>Psidium guajava</i>	1	0.010	-2.00	-0.020
<i>Psidium sartorianum</i>	11	0.111	-0.95	-0.106
<i>Randia longiloba</i>	2	0.020	-1.69	-0.034
<i>Sebastiania longicuspis</i>	3	0.030	-1.52	-0.046
<i>Swartzia cubensis</i>	3	0.030	-1.52	-0.046

<i>Vitex gaumeri</i>	8	0.081	-1.09	-0.088
<i>Zuelania guidonia</i>	4	0.040	-1.39	-0.056
$\Sigma i =$	99	$H = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$		1.28 decits/ind

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Ardisia escallonioides</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Bromelia karatas</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Coccothrinax readii</i>	3	0.041	-1.39	-0.056
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	0.054	-1.27	-0.068
<i>Gliricidia sepium</i>	3	0.041	-1.39	-0.056
<i>Guettarda combsii</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Gutterda combsii</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Hampea trilobata</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Lantana camara</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Malvaviscus arboreus</i>	8	0.108	-0.97	-0.104
<i>Manilkara zapota</i>	5	0.068	-1.17	-0.079
<i>Metopium brownei</i>	4	0.054	-1.27	-0.068
<i>Myrciantes fragrans</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Nectandra coriaceae</i>	4	0.054	-1.27	-0.068
<i>Paullinia cururu</i>	3	0.041	-1.39	-0.056
<i>Piscidia piscipula</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Psychotria nervosa</i>	6	0.081	-1.09	-0.088
<i>Randia longiloba</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Sabal yapa</i>	3	0.041	-1.39	-0.056
<i>Talisia olivaeformis</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
<i>Thevetia gaumeri</i>	1	0.014	-1.87	-0.025
<i>Thrinax radiata</i>	4	0.054	-1.27	-0.068
<i>Vitex gaumeri</i>	2	0.027	-1.57	-0.042
$\Sigma i =$	74	$H = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$		1.40 decits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro de la superficie de aprovechamiento, ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se alcanza un valor de H' inferior a **2.5 decits/ind** (estrato arbóreo $H'=1.29$ decits/ind; estrato arbustivo $H'=1.28$ decits/ind; y estrato herbáceo $H'=1.40$ decits/ind), siendo el estrato herbáceo el más importante ya que alcanzó un valor de $H'=1.40$ decits/ind; tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice, indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

a.9. Índice de equidad

Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, mismo que ya fue descrito con antelación, y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

H'_{max} = \log_{10} de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

Al igual que con el índice de diversidad, el índice de equidad de Pielou considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra. Este índice adopta valores entre 0 y 1; el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de equidad¹⁹. A continuación se presentan los valores de equidad obtenidos por cada estrato de la vegetación:

ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	ESTRATOS		
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
H' (\log_{10})	1.29	1.28	1.40
H'_{max} (\log_{10})	1.67	1.45	1.49
Pielou (J')	0.77	0.88	0.94

¹⁹ Mónica B. Martella. Eduardo V. Trumper. Laura M. Bellis. Daniel Renison. Paola F. Giordano. Gisela Bazzano. Raquel M. Gleiser. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 71-115, 2012. ISSN: 1989-3620.

Como puede observarse en la tabla anterior, podemos observar que en la superficie de aprovechamiento existe una distribución homogénea de todas las especies, en todos los estratos, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son cercanos a uno; siendo el estrato herbáceo el que más se aproxima a dicho valor ya que el índice alcanzado por la especies que lo componen es de $J' = 0.94$.

b. Fauna

b.1. Diseño del muestreo

Para estudiar este componente del ecosistema que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF, se utilizó el método de **transecto o trayecto de línea de distancia variable**, es decir, no existe un ancho definido previamente para realizar las observaciones, por lo cual es posible incluir en el inventario a cualquier individuo que se detecte durante el recorrido, y esta es una de las principales ventajas del método. Se tiene que medir la distancia de cada observación y/o detección en forma perpendicular al transecto; esto se realizó utilizando un MEDIDOR DIGITAL LASER modelo DLR130K BOSCH.

Los principales supuestos considerados en la aplicación de este método son los siguientes: a) todos los individuos sobre la línea son detectadas; b) los individuos no se mueven antes de su detección; c) las distancias son medidas con exactitud; d) los individuos son contados una sólo vez.

En la aplicación del método se llevó a cabo el trazado de 4 transectos de longitud variable, distribuidos a lo largo de cada polígono de aprovechamiento (un transecto por polígono), lo que arroja un recorrido total de 542.672 metros lineales, en donde se pudo observar cada ejemplar de fauna detectado de acuerdo con la metodología propuesta..

Las rutas trazadas fueron visitadas cuatro días a la semana, un día por grupo faunístico (1er día: aves; 2º día mamíferos; 3er día reptiles; y 4º día anfibios), por un período de 4 semanas (1 mes). En la siguiente tabla se presentan los vértices del punto de inicio y punto de término, de cada transecto proyectado.

TRANSECTOS DE MUESTREO					
TRANSECTO	INICIO		TÉRMINO		LONGITUD
	X	Y	X	Y	
1	513302.724	2326967.315	513509.994	2326821.382	253.490
2	513493.421	2326724.363	513399.298	2326727.656	94.181

TRANSECTOS DE MUESTREO					
TRANSECTO	INICIO		TÉRMINO		LONGITUD
	X	Y	X	Y	
3	513229.629	2326827.492	513277.839	2326794.051	58.673
4	513088.684	2326846.388	513152.528	2326966.842	136.328

b.2. Resultados (Composición de especies)

De acuerdo con la metodología aplicada se obtuvieron los siguientes resultados, en lo que respecta a la composición de especies de fauna que ocupan la zona de aprovechamiento:

AVES			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Xtakay
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical

REPTILES			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	Anolis sedoso
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i>	Lagartija común
Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana gris
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa

MAMÍFEROS			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

ANFIBIOS			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Sin registros			

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores en total se registraron 21 especies de fauna silvestre pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 12 especies distribuidas en 4 órdenes y 8 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies distribuidas en 3 órdenes y 3 familias; y finalmente los mamíferos por 4 especies distribuidas en 4 órdenes y 4 familias No se tuvieron registros de anfibios.

b.3. Especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

Del total de especies registradas en el predio, una especie se encuentra listada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, a saber: *Ctenosaura similis* (iguana gris) en la categoría de especie amenazada.

En las siguientes imágenes se observan algunos ejemplares de fauna silvestre registrados en la superficie de CUSTF.



Artibeus jamaicensis (murciélago frutero). Preocupación menor según la CONABIO.²⁰

²⁰ <http://conabio.inaturalist.org/taxa/41005-Artibeus-jamaicensis>



Anolis sagrei (lagartija chipoyo). Exótica según la conabio²¹.

b.4. Índice de diversidad

Para estimar el índice de diversidad de la fauna presente en la superficie de aprovechamiento, se tomaron los datos del inventario faunístico realizado; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por grupo faunístico; y finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual ya fue descrito con antelación, y se calcula como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum i = 1$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie *i*.

ln P_i = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie *i*.

²¹ <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Anolissagrei00.pdf>

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del índice de diversidad, por cada grupo faunístico.

AVES				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Piaya cayana</i>	2	0.023	-1.64	-0.038
<i>Cathartes aura</i>	2	0.023	-1.64	-0.038
<i>Ortalis vetula</i>	10	0.115	-0.94	-0.108
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	8	0.092	-1.04	-0.095
<i>Cyanocorax morio</i>	2	0.023	-1.64	-0.038
<i>Cyanocorax yncas</i>	4	0.046	-1.34	-0.061
<i>Quiscalus mexicanus</i>	35	0.402	-0.40	-0.159
<i>Mimus gilvus</i>	12	0.138	-0.86	-0.119
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	0.023	-1.64	-0.038
<i>Myiozetetes similis</i>	3	0.034	-1.46	-0.050
<i>Pitangus sulphuratus</i>	3	0.034	-1.46	-0.050
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	0.046	-1.34	-0.061
$\Sigma i =$	87	$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$		0.86 decits/ind

REPTILES				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Basiliscus vittatus</i>	12	0.316	-0.50	-0.158
<i>Anolis sericeus</i>	5	0.132	-0.88	-0.116
<i>Anolis sagrei</i>	16	0.421	-0.38	-0.158
<i>Ctenosaura similis</i>	3	0.079	-1.10	-0.087
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	2	0.053	-1.28	-0.067
$\Sigma i =$	38	$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$		0.59 decits/ind

MAMÍFEROS				
ESPECIES	IND	Pi	LOG ₁₀ Pi	Pi * LOG ₁₀ Pi
<i>Artibeus jamaicensis</i>	2	0.167	-0.78	-0.130
<i>Nasua narica</i>	5	0.417	-0.38	-0.158
<i>Didelphis virginiana</i>	2	0.167	-0.78	-0.130
<i>Sciurus yucatanensis</i>	3	0.250	-0.60	-0.151
$\Sigma i =$	12	$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$		0.57 decits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro de la superficie de aprovechamiento, ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de fauna se refiere, ya que todos los grupos faunísticos estudiados, alcanzan un valor de H' inferior a **2.5 decits/ind** (aves $H'=0.86$ decits/ind; reptiles $H'=0.59$ decits/ind; y mamíferos $H'=0.57$ decits/ind), siendo el grupo de las aves el más importante ya que alcanzó un valor de $H'=0.86$ decits/ind; tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele

estar cerca de 5, y a mayor valor del índice, indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

b.5. Índice de equidad

Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, mismo que ya fue descrito con antelación, y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

H'_{\max} = Log_{10} de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

A continuación se presentan los valores de equidad obtenidos por cada estrato de la vegetación:

ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS		
	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS
H' (\log_{10})	0.59	0.86	0.57
H_{\max} (\log_{10})	0.70	1.08	1.08
Pielou (J')	0.84	0.80	0.53

Como puede observarse en la tabla anterior, deducimos que en la superficie de aprovechamiento existe una distribución homogénea de todas las especies de aves y reptiles, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son cercanos a uno; siendo el grupo de los reptiles el que más se aproxima a dicho valor ya que el índice alcanzado por la especie que lo componen es de **$J' = 0.84$** . En el caso del grupo de los mamíferos, observamos que la distribución de las especies que lo componen, se distribuyen moderadamente homogéneos, ya que el valor obtenido del índice es de **$J' = 0.53$** ; lo que también nos indica que existe cierto grado de heterogeneidad en la distribución de las especies.

CAPÍTULO 5: IDENTIFICACION, DESCRIPCION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El impacto ambiental se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Artículo 3o, Fracción XIX, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); en este sentido, cualquier cambio que el proyecto ocasione sobre el ambiente, será considerado como un impacto ambiental.

Por otro lado, la evaluación del impacto ambiental es un proceso de análisis que sirve para prever los futuros cambios en el ambiente, sean de tipo antropogénico o generados por el mismo ambiente; asimismo, permite elegir aquella alternativa de proyecto cuyo desarrollo maximice los beneficios hacia el ambiente y disminuya los impactos no deseados; por lo tanto, el término impacto no implica en sí mismo negatividad, ya que estos también pueden ser positivos.

5.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación del impacto ambiental se ha seleccionado el método de Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto. Se trata de una metodología que permite identificar los impactos ambientales a través de la interacción de cada una de las actividades del proyecto con los distintos factores del medio ambiente. Consiste en una matriz de doble entrada, en cuyas filas se desglosan los elementos del medio que pudieran ser afectados (físico abiótico, físico biótico y socioeconómico), y estos a su vez se dividen por factores ambientales (aire, agua, suelo, geomorfología, paisaje, flora, fauna, demografía, sector primario y sector secundario); en tanto que las columnas contienen las actividades del proyecto causales del impacto.

5.2. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA

Este método fue seleccionado debido a que está confeccionado con el fin de poder adaptarse a todo tipo de proyectos por su carácter generalista y dado que permite la integración de conocimientos sectoriales, pudiendo actuar como hilo conductor para el trabajo de un equipo interdisciplinario; esto lo hace especialmente útil y práctico como herramienta para estudios de impacto ambiental; aunado a que el modelo es bastante completo y permite, partiendo de un diagrama arborescente del sistema ambiental, hacer una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto ambiental, logrando esto último mediante el empleo de funciones de transformación. Además, posibilita comparar los impactos del proyecto en los escenarios del medio, sin implementar medidas protectoras y con la aplicación de ellas.

Entre las ventajas del método seleccionado se pueden citar las siguientes: 1) permite la obtención de un índice global de impactos; 2) se adapta a diferentes tipos de proyectos; 3) pondera los efectos mediante la asignación de pesos; y 4) realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa del impacto.

5.3. VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A NIVEL CUALITATIVO

MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO		ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO								
		ACTIVIDADES								
COMPONENTES DEL MEDIO		Contratación de personal	Compra/renta de material y equipo	Trazo y delimitación	Rescate de flora y fauna	Desmonte	Despalme	Triturado del material vegetal	Estabilización de taludes	Generación de residuos
Abiótico	Aire						+	+		
	Suelos					+	+	+	+	+
	Hidrología					+				+
Biodiversidad	Flora				+	+				
	Fauna			+	+	+				
Servicios ambientales	Provisión de agua					+				+
	Protección de los suelos					+	+			
	Protección de la biodiversidad					+				
	Captura de carbono					+	+			
	Generación de oxígeno					+				
	Paisaje					+				
	Amortiguamiento					+				
Socioeconómico	Sector social	+								
	Sector económico		+							

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se identificaron 26 posibles interacciones entre los diferentes componentes del medio y las obras y actividades implicadas durante la etapa de preparación del sitio. De los componentes del medio, el suelo y la fauna serán los elementos que tendrá mayor interacción con el proyecto, por lo que se prevé que serán los recursos que recibirán el mayor número de impactos ambientales que se generen.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		ACTIVIDADES						
MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO		Contratación de personal	Compra y renta de materiales y equipo	Construcción de terraplén	Construcción de sub base	Construcción de carpeta asfáltica	Construcción de edificaciones	Reforestación y jardinería
COMPONENTES DEL MEDIO								
Abiótico	Aire			+	+			
	Suelos			+	+	+		
	Hidrología			+				
Biodiversidad	Flora							+
	Fauna						+	+
Servicios ambientales	Provisión de agua			+		+		+
	Protección de los suelos			+		+		+
	Protección de la biodiversidad							+
	Captura de carbono					+		+
	Generación de oxígeno							
	Paisaje					+	+	+
	Amortiguamiento de fenómenos							+
Socioeconómico	Sector social	+						
	Sector económico		+					

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se identificaron 24 posibles interacciones entre los diferentes componentes del medio y las obras y actividades implicadas durante la etapa de construcción. De los componentes del medio el suelo, y de los servicios ambientales la provisión del agua, protección de los suelos y paisaje, serán los elementos que tendrá mayor interacción con el proyecto, por lo que se prevé que serán los recursos que recibirán el mayor número de impactos ambientales que se generen.

ETAPA DE OPERACIÓN		ACTIVIDADES					
MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO		Contratación de personal	Consumo de productos	Operación de las arrendadoras	Tránsito vehicular en tierra	Generación de residuos	Mantenimiento y limpieza
COMPONENTES DEL MEDIO							
Abiótico	Aire				+		
	Suelos					+	
	Hidrología			+	+	+	
Biodiversidad	Flora						
	Fauna			+	+	+	+
Servicios ambientales	Provisión de agua				+	+	
	Protección de los suelos				+		
	Protección de la biodiversidad						
	Captura de carbono				+		
	Generación de oxígeno						
	Paisaje						
	Amortiguamiento de fenómenos						
Socioeconómico	Sector social	+		+		+	+
	Sector económico		+				

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se identificaron 18 posibles interacciones entre los diferentes componentes del medio y las obras y actividades implicadas durante la etapa de operación. De los componentes del medio la fauna, la hidrología y el sector social serán los elementos que tendrán mayor interacción con el proyecto, por lo que se prevé que serán los que recibirán el mayor número de impactos ambientales que se generen.

5.4. VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A NIVEL CUANTITATIVO

Una vez definidas las interacciones entre los componentes del medio y las actividades del proyecto, se procede a valorarlos cuantitativamente a través de criterios de valoración (descritos más adelante). A cada criterio se le asignará un valor numérico y consecuentemente se realizará la sumatoria de los valores asignados aplicando el algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), modificado, el cual se indica como sigue: **Valor de importancia (VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc))**. El

resultado obtenido en la aplicación del algoritmo, permitirá determinar más adelante el valor de importancia de cada impacto identificado. Como paso final, el resultado será ponderado con una escala de referencia (definida más adelante), a fin de establecer aquellos impactos relevantes o significativos que generará el proyecto.

5.4.1. Criterios seleccionados para la valoración de los impactos

En el siguiente cuadro se presentan los criterios de valoración con sus correspondientes atributos, que permitirán valorar cuantitativamente cada impacto ambiental identificado.

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
NO.	CRITERIO	ATRIBUTOS
1	Carácter	Positivo/Negativo
2	Intensidad	Alta/Media/Baja
3	Causa-efecto	Directo/Indirecto
4	Extensión	Puntual/Extenso/ Parcial
5	Momento	Corto plazo/ Mediano plazo/Largo plazo
6	Persistencia	Fugaz/Temporal/Permanente
7	Periodicidad	Irregular/Periódico/Continuo
8	Reversibilidad	Reversible/Irreversible
9	Recuperabilidad	Preventivo/Mitigable/Recuperable/Irrecuperable

Como puede verse en el cuadro anterior, para la evaluación cuantitativa del impacto, se utilizarán 9 criterios y 25 atributos, los cuales se describen como sigue:

Carácter (+ ó -).- Cuando hablamos del carácter del impacto, simplemente aludimos a si es beneficioso o dañino, lo cual suele indicarse con un signo **positivo (+)** o **negativo (-)**, respectivamente. Con el impacto positivo las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico) se benefician y mejoran, mientras que con el negativo se dañan o deterioran.

Intensidad (In).- Si por definición la intensidad es el grado de fuerza, cuando hablamos de la intensidad del impacto nos referimos a su nivel de destrucción si se trata de un impacto negativo, o de beneficio, si es positivo. Con un propósito práctico el grado de destrucción o beneficio se define como alto, medio o bajo, para identificar diferentes niveles de daño o mejora en las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico).

En un sentido negativo, cuando la intensidad es alta se produce una destrucción casi total del factor ambiental afectado, y si es baja hay una modificación mínima del factor afectado. En un sentido positivo, la intensidad alta refleja un beneficio máximo, mientras que si es baja solo indicaría una cierta mejora. En ambos casos, la intensidad media representa una situación intermedia al ser comparada con los dos niveles anteriores.

En relación a éste criterio, para el presente estudio se considerará lo siguiente:

- Intensidad alta: cuando el impacto ocasione una destrucción total o produzca un beneficio máximo sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.
- Intensidad media: cuando el impacto ocasione sobre el recurso una destrucción o un beneficio mayor al 50 % con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto, pero no su destrucción total o un beneficio máximo.
- Intensidad baja: cuando el impacto ocasione una destrucción o produzca un beneficio menor al 50 % sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.

Relación-causa efecto (Ce).- Hace alusión a la inmediatez del impacto y su posición en la cadena de efectos. Si el impacto tiene un efecto inmediato sobre algún factor del medio se habla de impacto directo. Si el efecto tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor entonces se dice que es indirecto. Los impactos directos son también llamados primarios, son los más obvios pues ocurren casi al mismo tiempo que la acción que los causa, mientras que los indirectos son llamados secundarios, terciarios, etc.

Extensión (Ex).- La extensión permite considerar algo tan importante como las características espaciales del impacto, es decir, hasta dónde llega su efecto. Bajo este criterio los impactos se dividen en puntual, cuando afecta un espacio muy localizado; extenso si afecta un espacio muy amplio, o parcial si afecta un espacio intermedio, al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores. Para este criterio es necesario establecer una escala espacial relativa, referida al factor que se analiza, que a su vez ayudará a precisar las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- **Puntual:** cuando el impacto sólo afecte la superficie donde se esté realizando la obra o actividad de que se trate.
- **Parcial:** cuando el impacto afecte una superficie mayor al sitio donde se esté realizando la actividad de que se trate, pero dentro de los límites del sistema ambiental.
- **Extenso:** cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites del sistema ambiental.

Momento (Mo).- Alude al momento en que ocurre el impacto, es decir, el tiempo transcurrido desde que la acción se ejecuta y el impacto se manifiesta. Este tipo de impacto puede ocurrir a corto plazo, si se manifiesta inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción; a largo plazo si se expresa mucho tiempo después de ocurrida la acción; o a mediano plazo si se manifiesta en un momento después de ocurrida la acción que resulta intermedio al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores.

Para fines prácticos y metodológicos del presente estudio, en la aplicación de éste criterio se considerará lo siguiente:

- **Corto plazo:** si el impacto ocurre un mes después de que se produzca el factor que lo genera.
- **Mediano plazo:** cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a un mes, pero menor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.
- **Largo plazo:** cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.

Persistencia (Pe).- Se refiere al tiempo que permanece actuando el impacto, es decir, la duración que teóricamente tendrá la alteración del factor que se está valorando. Así, se considera permanente aquel impacto que provoca una alteración indefinida en el tiempo; temporal aquel que causa una alteración transitoria; y fugaz aquel que causa una alteración breve. Para este tipo de criterio es necesario establecer una escala temporal relativa, referida al factor que se analiza y para ello se tomará como base el cronograma del proyecto, el cual permitirá establecer un tiempo concreto de duración ajustado a la realidad del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- Fugaz: si el impacto deja de manifestarse al término de la etapa en la que se genera.
- Temporal: si el impacto se manifiesta durante la etapa constructiva, que se estima, durará 4 años.
- Permanente: si el impacto se manifiesta en forma posterior a la finalización de la etapa constructiva, es decir, durante toda la vida útil del proyecto que equivale a 30 años.

Periodicidad (Pr).- Alude a la regularidad o grado de permanencia del impacto en un período de tiempo. Se define como irregular al que se manifiesta de forma discontinua e impredecible en el tiempo, periódico si se expresa de forma regular pero intermitente en el tiempo y continuo si el cambio se manifiesta constante o permanentemente en el tiempo. Este último, en su aplicación tiende a confundirse con el impacto permanente, sin embargo, el impacto permanente concierne a su comportamiento en el tiempo y el continuo al tiempo de actuación.

Reversibilidad (Rv).- En ocasiones, el medio alterado por alguna acción puede retornar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa; hablamos entonces de impacto reversible. Cuando al desaparecer dicha acción, no es posible el retorno al estado original de manera natural, decimos entonces que el impacto es irreversible. Este criterio no se considera para evaluar los impactos al medio socioeconómico, puesto que los elementos que lo integran no son de tipo natural.

Recuperabilidad (Rc).- No siempre es posible que el medio alterado por alguna acción pueda regresar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa. En tales casos debemos tomar medidas para que esto ocurra. Definimos entonces el impacto recuperable cuando éste desaparece al cesar la acción que lo causa; preventivo cuando se aplican medidas que impiden la manifestación del impacto; mitigable como aquel donde la aplicación de medidas correctoras sólo reducen el efecto de la acción impactante, sin llegar a la situación inicial; e irrecuperable cuando al desaparecer la acción que lo causa no es posible el retorno a la situación inicial, ni siquiera a través de medidas de protección ambiental, por lo que además de medidas mitigadoras para reducirlo, debemos aplicar las llamadas medidas compensatorias para remediarlo. En

los casos, preventivo y mitigable, aplican las llamadas medidas preventivas o de mitigación, a las cuales nos referiremos en el próximo capítulo.

La categoría de recuperabilidad no aplica a los impactos positivos, pues su definición abarca el concepto de medidas mitigadoras o compensatorias que solo se aplican a los impactos negativos. Para los impactos positivos se manejan las llamadas medidas optimizadoras encaminadas a perfeccionar, ampliar y expandir el beneficio del impacto positivo; sin embargo, para el presente estudio estas medidas no fueron consideradas, ya que no afectan ni deterioran a los elementos del medio.

5.4.2. Asignación de rangos para los criterios de evaluación

De manera previa a la valoración cuantitativa de los impactos ambientales a través del algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), a continuación se procede a la asignación de rangos para los criterios de valoración por cada uno de sus atributos, según corresponda, a fin de poder obtener un valor de ponderación para los impactos asociados al cambio de uso de suelo (ver tabla siguiente).

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Carácter	Positivo	+
	Negativo	-
Intensidad (In)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Causa-efecto (Ce)	Indirecto	1
	Directo	2
Momento (Mo)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Largo plazo	3
Persistencia (Pe)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Irreversible	2
Recuperabilidad (Rc)	Preventivo	0
	Recuperable	1
	Mitigable	2
	Irrecuperable	3

5.4.3. Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales

A continuación se presentan los cálculos realizados para la valoración de los impactos ambientales identificados (nivel cuantitativo), utilizando el algoritmo seleccionado (modificado de Gómez Orea, 1988), el cual se describe como sigue:

$$\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$$

Donde:

VIM = Valor de importancia del impacto

(+/-) = positivo o negativo

In = Intensidad

Ex = Extensión

Ce = Causa-efecto

Mo = Momento

Pe = Persistencia

Pr = Periodicidad

Rv = Reversibilidad

Rc = Recuperabilidad

A continuación, se presenta la valoración cuantitativa de los impactos ambientales identificados, tomando como base las interacciones establecidas en la matriz de causa-efecto, descrita anteriormente.

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO:

- *Impacto ambiental identificado: Generación de empleos*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector social)

Descripción del impacto ambiental: Según la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo de carácter temporal.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos.

Intensidad (In) Baja (1). La cantidad de personal requerido para el desarrollo de la preparación del sitio es baja comparada con las etapas posteriores, ya que sólo se requieren 8 trabajadores para llevarlo a término, incluyendo al responsable de supervisar la ejecución del CUSTF.

Extensión (Ex) Parcial (2). El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación de empleos, se ubicará fuera de la superficie de aprovechamiento, pero dentro los límites del sistema ambiental.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución de esta etapa del proyecto.

Momento (Mo) Corto plazo (1). La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio al cambio de uso del suelo.

Persistencia (Pe) Temporal (2). Al finalizar la etapa de preparación del sitio, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados en esta etapa del proyecto.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). Los trabajadores se mantendrán empleados mientras tanto no finalice la etapa de preparación del sitio, por lo que su empleo será constante a lo largo del proceso; sin embargo, al finalizar esta etapa, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados, por lo que no será continuo.

Reversibilidad (Rv) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Recuperabilidad (Rc) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = + (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 0 + 0)$$

$$VIM = +14$$

- *Impacto ambiental identificado: Activación de la economía local*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector económico)

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la compra de material y equipo, así como la renta de maquinaria, necesarios para el desarrollo de esta etapa del proyecto. Esta actividad influye de forma directa en el sector económico al activar la economía de la localidad donde serán adquiridos.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al activar la economía y producir fuentes de ingresos mercantiles.

Intensidad (In) Moderado (2). De los \$16'636,480.00 de inversión que se tiene estimada para el proyecto, se destinarán \$2'000,000.00 (son dos millones de pesos M.N. 00/100) para llevar a término al etapa de preparación del sitio, por lo que se considera un impacto bajo en comparación con otras etapas del proyecto.

Extensión (Ex) Extenso (3). El material, equipo y maquinaria que se requiere para el cambio de uso del suelo, podrá ser adquirido en los comercios locales, que sin embargo, se encuentran fuera de los límites de la superficie de CUSTF pero dentro del sistema ambiental; no obstante, el beneficio económico y social por la inversión del proyecto, podrá verse reflejado a nivel Estatal, de tal manera que rebasa los límites del sistema ambiental.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin la inversión inicial, así como la compra de material y equipo, y la renta de maquinaria para llevar a cabo el cambio de uso del suelo, resulta imposible la ejecución del proyecto en sus etapas iniciales.

Momento (Mo) Largo plazo (3). La inversión que se hará en esta etapa, se verá reflejada hasta finalizar la ejecución de la misma, que se estima, será en 4 años, ya que se realizará por etapas y en forma gradual.

Persistencia (Pe) Temporal (2). La inversión que se hará en esta etapa, se verá reflejada hasta finalizar la ejecución de la misma, sin embargo, al cesar los trabajos también cesará la inversión.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). La inversión que se hará en esta etapa, se realizará en forma paulatina conforme se requiera, sin embargo, al cesar los trabajos también cesará la inversión, por lo que no será continua.

Reversibilidad (Rv) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Recuperabilidad (Rc) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = + (3(2) + 2(3) + 2 + 3 + 2 + 2 + 0 + 0)$$

$$VIM = +21$$

- *Impacto ambiental identificado: Perturbación del hábitat*

Elementos del medio que serán impactados: Biótico (fauna)

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, todos los trabajos que se realizarán en las zonas de aprovechamiento, tendrán una interacción

directa con la fauna del sitio. Al realizarse dichos trabajos, se estarán produciendo factores de perturbación del hábitat, además que se prevé que en esta fase del proyecto se realizará el rescate selectivo de fauna silvestre.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Los trabajos a realizar en las áreas de aprovechamiento, y las actividades de rescate de fauna, al ser actividades de tipo antrópica, producirá un elemento de alteración (perturbación) en el hábitat de la fauna en sentido negativo.

Intensidad (In) Baja (1). Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración estimado de 4 años, ya que se realizarán en forma gradual, y por etapas, por lo que se considera que su intensidad no alcanzará niveles altos, pues se considera aprovechar el 100% de la superficie de aprovechamiento proyectada, aunado a que esta se ubica en forma colindante con otras instalaciones del aeropuerto, actualmente en operación.

Extensión (Ex) Puntual (1). Las actividades referidas se llevarán a cabo en forma puntual, por lo que se prevé que el efecto del impacto se limitará a la superficie de cambio de uso del suelo.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Las actividades a realizar en las áreas de aprovechamiento causantes de perturbación, forman parte directa del cambio de uso del suelo.

Momento (Mo) Corto plazo (1). La perturbación del hábitat ocurrirá en forma inmediata cuando se den inicio los trabajos, puesto que involucran la presencia humana en el medio desde su comienzo.

Persistencia (Pe) Temporal (2). Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración equivalente al plazo programado para la ejecución de esta etapa, por lo que a su término cesará el impacto.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración equivalente al plazo programado para la ejecución de esta etapa, y se realizará en forma gradual, por lo que a su término cesará el impacto.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). Al cesar las actividades programadas en las áreas de aprovechamiento, las condiciones de estabilidad en el hábitat para la fauna no se podrán restablecer en forma natural, ya que requiere medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se mantendrán áreas verdes dentro del predio concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún, que albergarán especies nativas producto del rescate de vegetación, y que en su caso, servirán como zona de refugio o hábitat para las especies de fauna que serán desplazadas; Así mismo, se llevará a cabo el rescate y reubicación de la fauna que se encuentre en riesgo por las

actividades involucradas en la etapa de preparación del sitio; sin embargo, estas medidas sólo reducen el efecto del impacto, en magnitud.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2)$$

$$VIM = -16$$

- *Impacto ambiental identificado: Reducción de la cobertura vegetal*

Elementos del medio que serán impactados: Biótico (flora y fauna); Servicios ambientales (protección del suelo, protección de la biodiversidad, regulación climática, amortiguamiento de fenómenos naturales, generación de oxígeno, captura de carbono); y Suelo.

Descripción del impacto ambiental: El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante la preparación del sitio, ya que dicha actividad implica la remoción de vegetación natural dentro en las zonas de aprovechamiento propuestas para el proyecto, lo que también trae como consecuencia el desplazamiento de la fauna, la pérdida de la cobertura vegetal que a su vez es una protección natural para el suelo, así como de las poblaciones de flora silvestre existentes; y la modificación del entorno natural, alterando también el medio perceptual.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). El impacto ocasiona la pérdida del recurso.

Intensidad (In) Media (2). Se aprovechará el 100 % de los polígonos de aprovechamiento propuestos para el proyecto.

Extensión (Ex) Puntual (1). Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Esta etapa del proyecto implica la remoción de vegetación forestal (desmonte).

Momento (Mo) Largo plazo (3). El desmonte se llevará a cabo en forma gradual, con un tiempo de duración de 4 años; por lo tanto, el efecto del impacto en toda su magnitud o intensidad, se verá reflejado hasta el último año.

Persistencia (Pe) Permanente (3). La pérdida de la vegetación, el desplazamiento de la fauna y la alteración del paisaje, serán permanentes durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). Se considera periódico, ya que el desmonte se realizará de manera paulatina durante el plazo establecido en el calendario de actividades, pero será permanente durante toda la vida útil del proyecto.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). En caso de cesar la actividad, la vegetación removida no puede recuperar su estado original por medios propios, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se llevará a cabo un rescate de vegetación y fauna, así como la reubicación de las especies rescatadas, dirigido a recuperar un porcentaje de su población; contribuyendo con ello a salvaguardar su germoplasma, en especial de aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; así mismo, se realizará el rescate del suelo.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2)$$

$$VIM = -23$$

- *Impacto ambiental identificado: Reducción y pérdida del hábitat*

Elementos del medio que serán impactados: Biótico (flora y fauna); y Servicios ambientales (protección de la biodiversidad).

Descripción del impacto ambiental: El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante la preparación del sitio, ya que dicha actividad implica remover la vegetación natural dentro de las zonas propuestas para el aprovechamiento y desarrollo del proyecto (pérdida del hábitat); superficies que actualmente funcionan como hábitat para la flora y la fauna asociada, el cual se verá reducido en superficie.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). El impacto ocasiona la pérdida del recurso.

Intensidad (In) Baja (1). Se perderá el hábitat en el 100% de la superficie de aprovechamiento, pero se seguirán manteniendo áreas con vegetación natural dentro del predio concesionado; así mismo, dentro del sistema ambiental se conserva una superficie de 22,050.31 hectáreas con vegetación en estado natural, la cual podrá funcionar como hábitat para la flora y la fauna.

Extensión (Ex) Puntual (1). Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Esta atapa del proyecto implica la remoción de la vegetación, que se relaciona en forma directa con la pérdida del hábitat.

Momento (Mo) Largo plazo (3). El desmonte corresponde a la etapa del proyecto donde se perderá el hábitat. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término de dicha actividad, es decir, hasta los 4 años de iniciado el proyecto, considerando que el desmonte se realizará en forma gradual.

Persistencia (Pe) Permanente (3). La pérdida del hábitat será permanente durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). La pérdida del hábitat será continua durante toda la vida útil del proyecto.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). El hábitat para la flora y la fauna no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Dentro del sistema ambiental se conserva una superficie de 22,050.31 hectáreas con vegetación en estado natural, la cual podrá fungir como hábitat para la flora y la fauna.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(1) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2)$$

$$VIM = -20$$

- *Impacto ambiental identificado: Pérdida del suelo*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (suelo)

Descripción del impacto ambiental: Éste impacto será producido durante los trabajos de preparación del sitio, cuando se realicen las actividades de despalme, ya que ello implica la remoción del suelo dentro de la zona de aprovechamiento.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). El impacto ocasiona la pérdida del recurso.

Intensidad (In) Alta (3). La pérdida del suelo ocurrirá en el 100% de la superficie de aprovechamiento.

Extensión (Ex) Puntual (1). Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). La pérdida del suelo ocurrirá durante el despalme, por lo que se relaciona en forma directa con esta atapa del proyecto.

Momento (Mo) Largo plazo (2). El despalme corresponde a la etapa del proyecto donde se removerá el suelo. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término de dicha actividad, es decir, hasta los 4 años de iniciado el proyecto, considerando que se realizará en forma gradual y a la par del desmonte.

Persistencia (Pe) Permanente (3). El suelo será removido de su sitio natural en forma permanente.

Periodicidad (Pr).....Continuo (2). El suelo será removido de su sitio natural en forma permanente, por lo que el impacto se manifestará en forma continua a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). El suelo no podrá restablecerse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). La tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) será rescatada y reincorporada en las áreas que se conserven con vegetación natural dentro del predio concesionado, y una mínima fracción se utilizará para el rescate de las plantas y su mantenimiento en vivero. La capa de suelo sin materia orgánica, será utilizada en para la nivelación del terreno en la etapa constructiva, por lo que será aprovechado en el mismo sitio.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(3) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2)$$

$$VIM= -25$$

- *Impacto ambiental identificado: Suspensión de sedimentos*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (Aire)

Descripción del impacto ambiental: Durante el desmonte, despalme y triturado del material vegetal, se prevé la generación de sedimentos y partículas que podrían quedar suspendidas en el aire debido a la acción del viento, lo que en su caso, podría ocasionar afectaciones al medio circundante.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Se considera un impacto negativo, debido a la afectación que podría ocasionar la suspensión de sedimentos y partículas sobre el medio circundante.

Intensidad (In) Media (2). El volumen de sedimentos que podrían generarse es considerable, tomando en cuenta que la remoción total de la vegetación, se llevará a cabo en el 100% de la superficie de aprovechamiento.

Extensión (Ex) Puntual (1). La acción del viento podría aislar las partículas y sedimentos suspendidos y transportarlas a zonas lejanas a la superficie de aprovechamiento, considerando que en las inmediaciones la cobertura vegetal es escasa y aislada; sin embargo las partículas suspendidas pueden ser retenidas por los elementos naturales que aún se conservarían dentro del predio concesionado, evitando que se extiendan más allá de los límites del sistema ambiental, por lo tanto, el efecto del impacto podrá ocurrir fuera de la superficie de aprovechamiento del proyecto pero dentro de la zona de influencia.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). El desmonte, despalme y triturado del material vegetal, forman parte de las fases de desarrollo de la etapa de preparación del sitio.

Momento (Mo) Corto plazo (1). El desmonte, despalme y triturado del material vegetal, ocurrirán en forma inmediata cuando se inicié con el cambio de uso de suelo.

Persistencia (Pe) Temporal (2). Los trabajos de desmonte, despalme y triturado, tendrán un tiempo de duración equivalente al tiempo que dure la etapa de preparación del sitio, puesto que se llevarán a cabo en forma paralela; sin embargo, al término de estas actividades, también cesará el impacto.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). El desmonte, despalme y excavaciones, se llevarán a cabo en forma gradual, por lo tanto, la suspensión de sedimentos también ocurrirá en forma gradual, es decir, el impacto se manifestará en forma periódica.

Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Las partículas suspendidas en el aire, debido a su peso molecular, podrán precipitarse al suelo, cuando cese la acción del viento, o en su caso pueden llegar a precipitarse por la acción de la lluvia, o ser retenidos en el follaje de la vegetación circundante, por lo que éste impacto puede ser revertido.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se aplicarán acciones específicas encaminadas a reducir el efecto del impacto, con la finalidad de evitar la alteración del medio por suspensión de sedimentos.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2)$$

$$VIM = -20$$

- ▮ *Impacto ambiental identificado: Reducción de la calidad visual del paisaje*

Elementos del medio que serán impactados: Servicios ambientales (Paisaje)

Descripción del impacto ambiental: Durante los distintos trabajos involucrados en la etapa de preparación del sitio, y principalmente durante la remoción de la vegetación, así como la presencia de trabajadores, se agregarán elementos de perturbación en el paisaje, lo que reducirá su calidad visual.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Se considera un impacto negativo, debido a que produce una alteración del medio (perturbación), que reduce la calidad visual del paisaje.

Intensidad (In) baja (1). La remoción de vegetación total se llevará a cabo en el 100% de la superficie de aprovechamiento; y el número de trabajadores que serán empleados, es bajo; no obstante, la intensidad del impacto se considera baja, puesto que el proyecto colindará con otras obras del aeropuerto actualmente en operación, aunado a que aún se conservan áreas verdes ajardinadas.

Extensión (Ex) Parcial (2). La alteración de la calidad visual del paisaje se extenderá hasta los límites del área de influencia del proyecto, pero dentro del sistema ambiental.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). El impacto está directamente relacionado con la percepción que tenga el observador en relación a las unidades que integran el paisaje, que en su caso, se podría ver afectada por la presencia de los trabajadores y la eliminación de la vegetación, por lo que se trata de un impacto ambiental que se generará por el proyecto mismo.

Momento (Mo) Mediano plazo (2). La contaminación visual ocurrirá desde el inicio de los trabajos implicados en el cambio de uso del suelo. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término de dicha actividad, es decir, hasta los 4 años de iniciado el proyecto, considerando que la remoción de la vegetación (principal factor que da origen al impacto), se llevará a cabo en ese lapso de tiempo.

Persistencia (Pe) Permanente (3). Al término de la etapa de preparación del sitio, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). Al término de la etapa de preparación del sitio, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose.

Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Al cesar esta etapa del proyecto, el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno en forma predominante, por lo que dichos elementos pasarán de ser factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental.

Recuperabilidad (Rc) Recuperable (1). Al cesar esta etapa del proyecto, el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno en forma predominante, por lo que dichos elementos pasarán de ser

factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(1) + 2(2) + 2 + 2 + 3 + 3 + 1 + 1)$$

$$VIM = -19$$

- *Impacto ambiental identificado: Contaminación del medio*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (suelo e hidrología subterránea)

Descripción del impacto ambiental: Un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante esta etapa del proyecto, podría traducirse en la contaminación del suelo y del acuífero subterráneo, principalmente por la generación de aguas residuales que podrían filtrarse al subsuelo y contaminar el agua subterránea.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Ocasiona la contaminación del recurso.

Intensidad (In) Baja (1). La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos.

Extensión (Ex) Extenso (3). La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante el cambio de uso de suelo, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido al flujo hidrológico subterráneo.

Causa-efecto (Ce) Indirecto (1). Los trabajos de preparación del sitio no serán los factores causantes de la contaminación del recurso, más bien se relaciona con un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen.

Momento (Mo) Mediano plazo (2). Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a tres meses, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.

Persistencia (Pe) Temporal (2). Un foco de contaminación originado por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos (aguas residuales), podría permanecer en el medio por períodos prolongados de tiempo, pero al cesar la fuente contaminante, podrían ser suprimidos del medio por elementos biológicos como las bacterias y plantas (productores primarios).

Periodicidad (Pr) Irregular (1). Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.

Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Los agentes contaminantes podrían llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.

Recuperabilidad (Rc) Preventivo (0). Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto de manifieste.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(1) + 2(3) + 1 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0)$$

$$VIM = -16$$

- *Impacto ambiental identificado: Reducción de los servicios ambientales*

Elementos del medio que serán impactados: Servicios ambientales (regulación climática, captura de carbono, protección del suelo, generación de oxígeno, protección de la biodiversidad).

Descripción del impacto ambiental: La eliminación de la cobertura vegetal del predio en el 100% de la superficie de aprovechamiento, ocasionará una reducción considerable de los servicios ambientales que presta actualmente el ecosistema que se verá afectado.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Ocasiona la pérdida del recurso.

Intensidad (In) Baja (1). La reducción de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio, ocurrirá en el 100% de la superficie de aprovechamiento; sin embargo, aún se conservarían 22,050.31 hectáreas con vegetación en estado natural dentro del sistema ambiental, las cuales seguirán prestando dichos servicios.

Extensión (Ex) Parcial (2). La reducción de los servicios ambientales se verá reflejada más allá del predio, pues se trata de recursos cuya influencia no es de carácter puntual; sin embargo, aún se conservarían 22,050.31 hectáreas con vegetación en estado natural dentro del sistema ambiental, las cuales seguirán prestando dichos servicios por lo que dicho impacto no rebasará los límites establecidos del SA.

Causa-efecto (Ce) Indirecto (1). La reducción de los servicios ambientales está directamente relacionada con las actividades que se llevarán durante esta etapa del proyecto, principalmente por el desmonte.

Momento (Mo) Corto plazo (1). El impacto se manifestará desde el inicio de la primera etapa del proyecto, por lo que se espera que ocurra en el corto tiempo; sin embargo, la magnitud total en la reducción de los servicios ambientales se manifestará al término del desmonte, es decir, hasta los 4 años de iniciado el proyecto, considerando que dicha actividad se realizará en forma gradual.

Persistencia (Pe) Permanente (3). La reducción de los servicios ambientales será permanente durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). La reducción de los servicios ambientales será permanente durante toda la vida útil del proyecto, por lo que el impacto seguirá manifestándose en forma continua a lo largo del tiempo.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). Los servicios ambientales no podrán recuperarse por medios propios en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). La tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) será rescatada y reincorporada al predio concesionado en las áreas verdes, y una mínima fracción se utilizará para el rescate de las plantas y su mantenimiento en vivero. La capa de suelo sin materia orgánica, será utilizada en trabajos futuros para la nivelación del terreno. Se llevará a cabo el rescate de la flora y la fauna. Se mantendrá el 40% del predio como área permeable, entre otras medidas que se implementarán para mitigar el efecto del impacto sobre los servicios ambientales del ecosistema que será afectado.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = - (3(1) + 2(2) + 1 + 1 + 3 + 3 + 2 + 2)$$

$$VIM = -19$$

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

- *Impacto ambiental identificado: Generación de empleos*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector social).

Descripción del impacto ambiental: Según la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con la construcción de las obras, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo de carácter temporal.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos.

Intensidad (In) Media (2). La cantidad de personal requerido para el desarrollo de esta etapa es moderada en comparación con otras etapas, ya que se requieren 51 trabajadores para llevarlo a término.

Extensión (Ex) Parcial (2). El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación

de empleos, se ubicará fuera de la superficie de aprovechamiento, pero dentro los límites del sistema ambiental.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución de esta etapa del proyecto.

Momento (Mo) Corto plazo (1). La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio con la construcción de las obras que integran el proyecto.

Persistencia (Pe) Temporal (2). Al finalizar la etapa constructiva, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados en esta etapa del proyecto.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). Los trabajadores se mantendrán empleados mientras tanto no finalice la etapa constructiva, por lo que su empleo será constante a lo largo del proceso; sin embargo, al finalizar esta etapa, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados, por lo que no será continuo.

Reversibilidad (Rv) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Recuperabilidad (Rc) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = + (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 0 + 0)$$

$$VIM = +17$$

- *Impacto ambiental identificado: Activación de la economía local*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector económico)

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el proceso constructivo, será la compra de material y equipo, así como la renta de maquinaria, necesarios para el desarrollo de esta etapa del proyecto. Esta actividad influye de forma directa en el sector económico al activar la economía de la localidad donde serán adquiridos.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al activar la economía y producir fuentes de ingresos mercantiles.

Intensidad (In) Alta (3). La inversión que se tiene estimada para la ejecución del cambio de uso de suelo, en su etapa constructiva es \$14'636,480.00 (son catorce millones, doscientos setenta y siete mil, setecientos veintiún pesos 00/100 M.N.) de la inversión total, por lo que se considera un impacto alto.

Extensión (Ex) Extenso (3). El material, equipo y maquinaria que se requiere para la construcción de las obras, podrá ser adquirido en los comercios locales, que sin embargo, se encuentran fuera de los límites de la superficie de CUSTF pero dentro del sistema ambiental; no obstante, el beneficio económico y social por la inversión del proyecto, podrá verse reflejado a nivel Estatal, de tal manera que rebasa los límites del sistema ambiental.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin la inversión inicial, así como la compra de material y equipo, y la renta de maquinaria para llevar a cabo el proceso constructivo, resulta imposible la ejecución del proyecto en sus etapas iniciales.

Momento (Mo) Largo plazo (3). La inversión total del proyecto se verá reflejada hasta finalizar la ejecución de la etapa constructiva, que se estima, será en 4 años.

Persistencia (Pe) Temporal (2). La inversión del proyecto se verá reflejada a lo largo de los 4 años que se requieren para su ejecución, pero dejará de manifestarse al término de la etapa constructiva.

Periodicidad (Pr) Periódico (2). La inversión del proyecto se verá reflejada a lo largo de los 4 años que se requieren para su ejecución, pero dejará de manifestarse al término de la etapa constructiva.

Reversibilidad (Rv) No aplica (0)

Consultar apartado 5.4.1.

Recuperabilidad (Rc) No aplica (0)

Consultar apartado 5.4.1.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = + (3(3) + 2(3) + 2 + 3 + 2 + 2 + 0 + 0)$$

$$VIM = +24$$

- *Impacto ambiental identificado: Sellado del suelo*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (suelo); Servicios ambientales (protección del suelo).

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se llevará a cabo la construcción de edificaciones, planchas de concreto y superficies con asfalto, lo que ocasionará la pérdida del suelo por sellado.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (-). Ocasiona la pérdida del recurso.

Intensidad (In) Baja (1). Se producirá el sellado del suelo en el 60% de la superficie total de aprovechamiento, aproximadamente, pero sólo representa el 0.34% en comparación con la totalidad de la superficie permeable con la que cuenta el predio concesionado.

Extensión (Ex) Puntual (1). El impacto se manifestará sólo dentro de la superficie de aprovechamiento.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). El sellado del suelo está directamente relacionado con la construcción de las obras mencionadas; por lo que el impacto es generado por el proyecto mismo.

Momento (Mo) Largo plazo (3). El sellado del suelo en su totalidad, ocurrirá hasta la conclusión de los trabajos constructivos, por lo tanto el impacto alcanzará su magnitud total al cesar dichas actividades.

Persistencia (Pe) Permanente (3). El sellado del suelo será permanente durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). El sellado del suelo será permanente durante toda la vida útil del proyecto, por lo que éste impacto se manifestará a lo largo del tiempo.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). El suelo no podrá recobrar sus condiciones naturales por medios propios, ya que para ello se requiere la intervención del hombre a través de la aplicación de medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se llevará a cabo el rescate de la capa fértil del suelo (suelo con materia orgánica), y a su vez, aquel sustrato que carezca de materia orgánica, se utilizará en la nivelación del terreno, por lo que permanecerá in situ.

Cálculo del valor de importancia:

$$\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$$

$$\text{VIM} = + (3(1) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2)$$

$$\text{VIM} = -20$$

- *Impacto ambiental identificado: Reducción de la superficie permeable*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (hidrología subterránea); Servicios ambientales (provisión de agua en cantidad).

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se llevará a cabo la construcción de edificaciones; así como plataformas cubiertas con carpeta asfáltica, concreto sólido y edificaciones, lo que ocasionará una reducción de la superficie permeable, afectando la provisión de agua en cantidad.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (-). Ocasiona la pérdida de las propiedades naturales del recurso.

Intensidad (In) Baja (1). La reducción de la superficie permeable del suelo ocurrirá en el 60% de la superficie total de aprovechamiento, aproximadamente; sin embargo, aún se conservaría el 70% del predio concesionado, como área permeable.

Extensión (Ex) Puntual (1). El impacto se manifestará sólo dentro de la superficie de aprovechamiento.

Causa-efecto (Ce) Directo (2). La pérdida de la permeabilidad está directamente relacionado con la construcción de los cimientos y plataformas; por lo que el impacto es generado por el proyecto mismo en su etapa constructiva.

Momento (Mo) Largo plazo (3). La pérdida de la permeabilidad ocurrirá hasta la conclusión de los trabajos constructivos de las plataformas, que será en un período de 4 años, por lo tanto, el impacto alcanzará su magnitud total al cesar dichas actividades.

Persistencia (Pe) Permanente (3). La pérdida de la permeabilidad será permanente durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr) Continuo (3). La pérdida de la permeabilidad será permanente durante toda la vida útil del proyecto, por lo que éste impacto se manifestará a lo largo del tiempo.

Reversibilidad (Rv) Irreversible (2). La permeabilidad no podrá recobrase por medios naturales, ya que para ello se requiere la intervención del hombre a través de la aplicación de medidas de restauración.

Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se conservará el 70% del predio concesionado al Aeropuerto, como área permeable; además que se conformarán áreas verdes ajardinadas dentro en el 40% de los polígonos de aprovechamiento, las cuales serán permeables en todo momento.

Cálculo del valor de importancia:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

$$VIM = + (3(1) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2)$$

$$VIM = -20$$

- *Impacto ambiental identificado: Contaminación del medio*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (suelo e hidrología subterránea).

Descripción del impacto ambiental: Un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante esta etapa del proyecto, podría traducirse en la contaminación del suelo y del acuífero subterráneo, principalmente por la generación de aguas residuales que podrían filtrarse al subsuelo y contaminar el agua subterránea.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Ocasiona la contaminación del recurso.
Intensidad (In) Baja (1). La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos.
Extensión (Ex) Extenso (3). La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante el proceso constructivo, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido al flujo hidrológico subterráneo.
Causa-efecto (Ce) Directo (2). Los trabajos constructivos podrían constituirse como factores causantes de la contaminación del recurso, así como un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen.
Momento (Mo) Mediano plazo (2). Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a tres meses, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.
Persistencia (Pe) Temporal (2). Un foco de contaminación originado por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos (aguas residuales), podría permanecer en el medio por períodos prolongados de tiempo, pero al cesar la fuente contaminante, podrían ser suprimidos del medio por elementos biológicos como las bacterias y plantas.
Periodicidad (Pr) Irregular (1). Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.
Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Los agentes contaminantes podrían llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.
Recuperabilidad (Rc) Preventivo (0). Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto de manifieste.
Cálculo del valor de importancia: $\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$ $\text{VIM} = - (3(1) + 2(3) + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0)$ VIM= -17

ETAPA DE OPERACIÓN:

- *Impacto ambiental identificado: Generación de empleos*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector social).

Descripción del impacto ambiental: Según la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con la operación del proyecto, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos

involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo de carácter temporal.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos.
Intensidad (In) Alta (3). La cantidad de personal requerido para el desarrollo de esta etapa es alta en comparación con la etapa constructiva y la etapa de preparación del sitio, ya que se generarán 74 empleos directos y permanentes.
Extensión (Ex) Parcial (2). El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación de empleos, se ubicará fuera de la superficie de aprovechamiento, pero dentro los límites del sistema ambiental.
Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución de esta etapa del proyecto.
Momento (Mo) Corto plazo (1). La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio con la operación del proyecto.
Persistencia (Pe) Permanente (3). La oferta de empleo para la operación del proyecto, será permanente durante toda su vida útil.
Periodicidad (Pr) Continuo (3). La oferta de empleo para la operación del proyecto, será permanente durante toda su vida útil, por lo que el impacto se manifestará en forma continua a lo largo del tiempo.
Reversibilidad (Rv) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.
Recuperabilidad (Rc) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.
Cálculo del valor de importancia:
$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$ $VIM = + (3(3) + 2(2) + 2 + 1 + 3 + 3 + 0 + 0)$ $VIM = +22$

- *Impacto ambiental identificado: Activación de la economía local*

Elementos del medio que serán impactados: Socioeconómico (sector económico)

Descripción del impacto ambiental: De acuerdo con la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, será una inversión inicial para operar las obras. Esta inversión influye de forma directa en el sector económico ya que se permeará a distintos sectores involucrados en la administración de recursos económicos del orden público y privado.

Análisis del impacto ambiental:

<p>Carácter (+/-) Positivo (+). El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al activar la economía y producir fuentes de ingresos mercantiles.</p>
<p>Intensidad (In) Baja (1). La inversión que se tiene estimada para la compra de insumos para la operación del proyecto, es baja en comparación con la inversión que se tendrá en las otras etapas de desarrollo, ya que asciende a la cantidad de \$1'000,000.00 (son un millón de pesos 00/100 M. N.) de la inversión total estimada.</p>
<p>Extensión (Ex) Extenso (3). La inversión que se realizará para las operación del proyecto permearán a distintos sectores del orden público y privado, incluso más allá de los límites del sistema ambiental.</p>
<p>Causa-efecto (Ce) Directo (2). Sin una inversión inicial resulta imposible la operación del proyecto en sus etapas iniciales.</p>
<p>Momento (Mo) Corto plazo (1). La inversión inicial para la operación del proyecto, será inmediata, ya que sin ello no se podrán dar inicio a los trabajos involucrados.</p>
<p>Persistencia (Pe) Permanente (3). La inversión inicial para la operación del proyecto, se llevará a cabo en un solo momento, por lo que se anticipa que el efecto del impacto será breve; sin embargo, el beneficio económico que generará será permanente a lo largo de toda su vida útil.</p>
<p>Periodicidad (Pr) Continuo (3). La inversión inicial para la operación del proyecto, se llevará a cabo en un solo momento, por lo que se anticipa que el efecto del impacto será breve; sin embargo, el beneficio económico que generará será permanente a lo largo de toda su vida útil.</p>
<p>Reversibilidad (Rv) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.</p>
<p>Recuperabilidad (Rc) No aplica (0). Consultar apartado 5.4.1.</p>
<p style="text-align: center;">Cálculo del valor de importancia:</p> $VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$ $VIM = + (3(1) + 2(3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 0 + 0)$ <p style="text-align: center;">VIM= +20</p>

- *Impacto ambiental identificado: Contaminación del medio*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (suelo e hidrología subterránea); Servicios ambientales (provisión del agua en calidad).

Descripción del impacto ambiental: Un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante la operación de las obras, podría traducirse en la contaminación del acuífero subterráneo y del suelo, principalmente por algún derrame accidental que pudiera filtrarse al subsuelo y contaminar el agua subterránea.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Ocasiona la contaminación del recurso.
Intensidad (In) Alta (3). La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos; sin embargo puede tener efectos acumulativos, considerando que la vida útil del proyecto, será de 30 años, que corresponde a la etapa operativa.
Extensión (Ex) Extenso (3). La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor al desplante de las obras, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido al flujo hidrológico subterráneo.
Causa-efecto (Ce) Directo (2). La operación del proyecto podría constituirse como el factor causante de la contaminación del recurso, debido principalmente al riesgo que existe de un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen.
Momento (Mo) Mediano plazo (2). Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a tres meses, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.
Persistencia (Pe) Temporal (2). Un foco de contaminación originado por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos, podría permanecer en el medio por períodos prolongados de tiempo, pero al cesar la fuente contaminante, podrían ser suprimidos del medio por elementos biológicos.
Periodicidad (Pr) Irregular (1). Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.
Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Los agentes contaminantes podrían llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.
Recuperabilidad (Rc) Preventivo (0). Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto de manifieste como la ejecución de un plan de manejo de residuos, la instalación de contenedores, entre otros.
Cálculo del valor de importancia: $\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$ $\text{VIM} = - (3(3) + 2(3) + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0)$ VIM= -23

- *Impacto ambiental identificado: Emisión de gases a la atmósfera*

Elementos del medio que serán impactados: Abiótico (aire); Servicios ambientales (captura de carbono).

Descripción del impacto ambiental: El tráfico de por la operación de las arrendadoras, será una fuente constante de emisión de gases contaminantes; lo que contribuirá a la emisión de carbono hacia la atmósfera.

Análisis del impacto ambiental:

Carácter (+/-) Negativo (-). Ocasiona la contaminación del recurso.
Intensidad (In) Alta (3). La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50% de los mismos. El volumen de gases emitidos será bajo en comparación con los procesos industriales, aunado a que el tráfico vehicular no será constante, pues se limitará a la jornada operativa de las arrendadoras; sin embargo, se prevé efectos acumulativos, considerando que la operación del proyecto será de 30 años.
Extensión (Ex) Extenso (3). La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será aprovechada, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido a que los gases pueden ser dispersados por la acción del viento en la atmósfera.
Causa-efecto (Ce) Directo (2). La operación del proyecto, dada su naturaleza y considerando las actividades que se pretenden realizar, será el factor causante de la contaminación del recurso.
Momento (Mo) Corto plazo (1). La emisión de gases contaminantes ocurrirá desde el primer día de operaciones del proyecto.
Persistencia (Pe) Temporal (2). Los gases contaminantes pueden permanecer por períodos prolongados de tiempo en la atmósfera; sin embargo, estos pueden precipitarse o ser captados por la cobertura vegetal existente en el sistema ambiental; lo que otorga una persistencia temporal al impacto.
Periodicidad (Pr) Irregular (1). Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.
Reversibilidad (Rv) Reversible (1). Los agentes contaminantes podrían llegar a ser suprimidos de la atmósfera con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser eliminados del medio.
Recuperabilidad (Rc) Mitigable (2). Se aplicarán medidas para reducir la cantidad de gases que serán emitidos hacia la atmósfera, con la finalidad de reducir su volumen.
Cálculo del valor de importancia: $\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$ $\text{VIM} = - (3(3) + 2(3) + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 2)$ VIM= -24

5.5. JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez hecha la identificación y descripción de los impactos ambientales por cada etapa del proyecto, así como la valoración tanto cualitativa como cuantitativa de los mismos; como paso final en la evaluación de los impactos ambientales, se procede a realizar la jerarquización de todos y cada uno de ellos.

La jerarquización se realizará con base en los resultados obtenidos de la aplicación del algoritmo propuesto por Gómez Orea durante la valoración cuantitativa de cada impacto ambiental identificado. Con base en dichos resultados, cada impacto ambiental será jerarquizado o ponderado con base en tres categorías: 1) **significativo o relevante**, 2) **moderado** y 3) **bajo o nulo**, las cuales se describen a continuación.

Impacto significativo o relevante.- Es importante precisar que el rango más alto en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto significativo o relevante, será para los impactos ambientales cuya intensidad se traduzca en una destrucción casi total del factor ambiental (intensidad alta) en el caso de aquellos negativos, o en un beneficio máximo cuando sean de carácter positivo; y que además tengan un efecto inmediato sobre el medio ambiente (directo); afectando un espacio muy amplio (extenso), mucho tiempo después de ocurrida la acción (largo plazo); provocando una alteración indefinida (permanente) y continua en el tiempo. Asimismo, al desaparecer la acción que provoca dicho impacto, no será posible el retorno del componente ambiental a su estado original de manera natural, ni por medios o acciones correctoras por parte del ser humano (irreversible e irrecuperable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$V_{im} = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + R_c)$$

$$V_{im} = +/- (3(3) + 2(3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$V_{im} = +/- 31$$

Con base en lo anterior, se tiene que un impacto significativo o relevante será aquel que obtenga un valor de importancia igual a +/-31.

Impacto moderado.- Como un rango intermedio entre el impacto significativo o relevante y el impacto bajo o nulo, se ubica la categoría de impacto moderado, es decir, aquellos impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación media (intensidad media) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter

positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto), afectando un espacio intermedio (parcial), al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (puntual y extenso); su efecto ocurrirá después de sucedida la acción en un nivel intermedio (mediano plazo) al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (corto y largo plazo), con una duración transitoria (temporal) y en forma regular pero intermitente en el tiempo (periódico). Asimismo, cuando al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano (reversible y recuperable o mitigable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia:

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (2) + 2 (2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2)$$

$$Vim = +/- 20$$

Con base en lo anterior, un impacto moderado será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 20, pero menor que +/- 31.

Impacto bajo o nulo.- Por otra parte, el rango mínimo considerado en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto bajo o nulo, será para los impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación mínima (intensidad baja) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto); afectando un espacio muy localizado (puntual), inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción (corto plazo), cuya duración es muy breve (fugaz) y en forma discontinua e impredecible en el tiempo (irregular). Asimismo, al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano, que en todo caso impiden la manifestación del impacto (reversible y preventivo). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (1) + 2 (1) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)$$

$$Vim = +/- 10$$

Con base en lo anterior, un impacto bajo o nulo será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 10, pero menor que +/- 20.

Expuesto lo anterior y para fines del presente estudio, se consideró un valor de importancia igual a +/- 31 para los impactos significativos o relevantes; un valor de +/- 20 a +/- 30 para los impactos moderados; y un valor de +/- 10 a +/- 19 para los impactos bajos o nulos. En la siguiente tabla se presenta los valores asignados por cada categoría del impacto.

TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	VALOR
Bajo o nulo	de 10 a 19
Moderado	de 20 a 30
Significativo o relevante	= ó > 31

Cada categoría utilizada en la jerarquización de los impactos ambientales, se describe como sigue:

Significativo o relevante.- Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Moderado.- Es aquel impacto negativo que ocasiona un daño sobre algún elemento del ambiente, pero sin producir un desequilibrio ecológico o un daño grave al ecosistema, o bien, aquel impacto de carácter positivo que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, propiciando la preservación del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. En ambos casos, los impactos modifican la condición original del componente ambiental de que se trate.

Bajo o nulo.- Es aquel impacto negativo que ocasiona una variación sobre algún elemento del ambiente; o bien, aquel impacto de carácter positivo apenas perceptible, que representa un beneficio para algún elemento del ambiente. En ambos casos, los impactos ocurren modificando la condición original del componente ambiental de que se trate en forma casi imperceptible.

Una vez definidas las categorías jerárquicas, en las siguientes tablas se presenta la clasificación de cada impacto ambiental identificado de acuerdo con dichas categorías, por componente ambiental y por etapa del proyecto.

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
1	Generación de empleos	Socioeconómico	+14	Bajo
2	Activación de la economía local	Socioeconómico	+21	Moderado
3	Perturbación del hábitat	Biótico	-16	Bajo
4	Reducción de la cobertura vegetal	Biótico Servicios ambientales	-23	Moderado
5	Reducción y pérdida del hábitat	Biótico Servicios ambientales	-20	Moderado
6	Pérdida del suelo	Abiótico	-25	Moderado
7	Suspensión de sedimentos	Abiótico	-20	Moderado
8	Reducción de la calidad visual del paisaje	Servicios ambientales	-19	Bajo
9	Contaminación del medio	Abiótico	-16	Bajo
10	Reducción de los servicios ambientales	Servicios ambientales	-19	Bajo

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
1	Generación de empleos	Socioeconómico	+17	Bajo
2	Activación de la economía local	Socioeconómico	+24	Moderado
3	Sellado del suelo	Abiótico Servicios ambientales	-20	Moderado
4	Reducción de la superficie permeable	Abiótico Servicios ambientales	-20	Moderado
5	Contaminación del medio	Abiótico	-17	Bajo

ETAPA DE OPERACIÓN				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
1	Generación de empleos	Socioeconómico	+22	Moderado
2	Activación de la economía local	Socioeconómico	+20	Moderado
3	Contaminación del medio	Abiótico Servicios ambientales	-23	Moderado
4	Emisión de gases a la atmósfera	Abiótico Servicios ambientales	-24	Moderado

5.6. CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto sobre los componentes del medio que integran el sistema ambiental, se concluye que en total se generarán 19 impactos ambientales, de los cuales 13 serán negativos (8 con categoría media o moderados y 5 de categoría baja o nula); así mismo, se prevé la generación de 6 impactos positivos (4 con categoría media o moderados y 2 de categoría baja o nula).

De los impactos generados, 10 se producirán en la etapa de preparación del sitio; 5 en la etapa constructiva; y 4 en la etapa operativa.

De este modo, y en términos ambientales, el proyecto se puede considerar como viable de acuerdo con lo siguiente:

- ▶ A partir de la evaluación realizada para los impactos ambientales que serán generados por el desarrollo del proyecto, se puede concluir categóricamente que el cambio de uso del suelo no producirá impactos ambientales significativos o relevantes, es decir, no provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, ni obstaculizará la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
- ▶ No representa riesgos a poblaciones de especies protegidas, puesto que se llevará a cabo el rescate de un porcentaje de la población de las especies incluidas en alguna categoría de riesgo que fueron registradas en el predio, los cuales serán reubicados en áreas mejor conservadas.
- ▶ No implica aislar un ecosistema, puesto que este ya se encuentra aislado en la actualidad, por el desarrollo y ampliación de las instalaciones del Aeropuerto.
- ▶ Asimismo, se advierte que no se afectan ni se interfiere en procesos biológicos de especies de difícil regeneración, es decir aquellas que son vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.
- ▶ Aunado a lo anterior, es importante mencionar que el proyecto no se considera causal de desequilibrio ecológico, ya que no se prevé que genere alguna alteración significativa de las condiciones ambientales, que deriven en impactos acumulativos, sinérgicos o residuales, que en su caso ocasionen la destrucción o aislamiento de los ecosistemas.

CAPÍTULO 6: SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO

Los servicios ambientales son los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros;

Este apartado tiene el propósito de realizar una descripción y análisis de los impactos que ocasionará el cambio de uso de suelo propuesto en correlación con cada uno de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema donde se ubicada el área sujeta a cambio de uso de suelo.

En principio se presenta una descripción detallada de los servicios ambientales y luego un análisis de su importancia en el contexto del sistema ambiental o área de influencia del proyecto. Posteriormente se analizará, explicará y justificará porque se considera que no se pone en riesgo cada uno de los servicios ambientales, y se indicarán las medidas de prevención y mitigación que según sea el caso corresponda; y finalmente se definirá si el grado de afectación es a nivel del área de influencia del proyecto o del sistema ambiental.

6.1. CAPTURA DE CARBONO

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO₂ por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO₂ y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el CO₂ liberado como producto de este proceso lo hace a través de las hojas, ramas, fuste o raíces. Otra parte de los carbohidratos son consumidos por los animales, que también respiran y liberan CO₂. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por macro y microorganismos, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Schimel 1995 y Smith et al.1993). La fijación de carbono por

bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de bióxido de carbono, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

Para estimar la cantidad de Carbono almacenado en la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, se utilizó la expresión matemática propuesta por Ricardo O, Russo (2009)²², según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

Para el cálculo, primero se determinó el área basal de cada uno de los árboles con DAP (área del tronco a 1,30 m de altura) que fueron registrados durante el inventario forestal a nivel de los estrato arbóreo y arbustivo, considerando que el área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales de todos los árboles con un diámetro normal existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha).

Luego se determina su altura total. El producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) es el volumen total árbol.

Luego, a partir del volumen se determina el contenido de carbono, que es el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (%MS, para este estudio se consideró 50%) y por el contenido de Carbono (C) en la MS (%C= 50% aceptado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés),

A esta cantidad de C se le aplica el Factor de Extensión de la Biomasa (FEB) igual a 1,6 considerando un 60% adicional contenido en ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con rango entre el 60% y el 90%); al final el resultado obtenido se multiplica por la superficie de cambio de uso de suelo.

El Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces. Es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque. Antes de aplicar dichos FEB, el volumen maderable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido

²² <http://es.scribd.com/doc/29369907/Guia-Practica-de-Medicion-de-Carbono-en-la-Biomasa-Forestal>

como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

- Vol. total árbol (arbóreo y arbustivo): 71.09 arbóreo + 11.39 arbustivo= 82.48 m³/ha
- Contenido de materia seca (50%): 0.5 ton/ha
- Contenido de carbono (50%): 0.5 ton/ha
- Coeficiente de expansión: 1.6 ton/ha

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (82.48 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 20.62 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (20.62 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 32.99 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (32.99 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie de CUSTF} = 4.41 \text{ ha})$$

$$C = 145.49 \text{ ton}/\text{ha}$$

Por otra parte, si consideramos que el Sistema Ambiental posee una superficie de 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal (19,748 hectáreas en la UGA 21 y 35.86 hectáreas en la UGA 23, de acuerdo con las fichas técnicas contenidas en el POEL BJ vigente), entonces podemos inferir que en dicha superficie la captura de carbono es de 652,669.54 ton/ha al año, de acuerdo con la aplicación de la fórmula antes descrita, como se indica a continuación

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (82.48 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 20.62 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (20.62 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 32.99 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (32.99 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del SA con cobertura vegetal} = 19,783.86 \text{ ha})$$

$$C = 652,669.54 \text{ ton}/\text{ha}$$

Entonces si comparamos la captura de carbono que provee la superficie de cambio de uso de suelo, con la cantidad de carbono que captura el sistema ambiental, obtenemos que la pérdida anual de captura de carbono al eliminar la vegetación por la implementación del proyecto, sólo representa el 0.022% ($145.49 \times 100 / 652,669.54$), de la captura total estimada para el sistema ambiental; por lo tanto, se puede asumir categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo el servicio

ambiental a nivel del sistema ambiental; de igual forma, podemos concluir que la cobertura vegetal que subsiste en el sistema ambiental, es más importante que aquella que se desarrolla en el predio del proyecto, en lo que a captura de carbono se refiere.

6.2. PROVISIÓN DE AGUA EN CANTIDAD

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en cantidad, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que puede ser captada en el predio testigo del sistema ambiental.

6.2.1. Cantidad de agua captada en la superficie de cambio de uso de suelo

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$
$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).
 Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).
 Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, considerando que el predio se ubica dentro de una zona con posibilidades altas de funcionar como acuífero (según la carta de hidrología subterránea del INEGI), entonces asumimos que los suelos son tipo A (suelos permeables).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,100 mm y el valor de **K** es de 0.17, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona donde los suelos son de tipo A; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 82.48 m³/ha (cobertura del 25-50%), como se indica en el siguiente cuadro.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$Ce = (0.17) (1,100 - 250) / 2000 + (0.17-0.15) / 1.5$$

$$Ce = (0.17) (850 / 2000) + (0.02 / 1.5)$$

$$Ce = (0.17) (0.425 + 0.0133)$$

$$Ce = (0.17) (0.4383)$$

$$Ce = 0.0745$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal del 25-50%, es decir, sin el proyecto, es de 0.075.

Luego entonces, para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Ve = P * At * Ce$$

Donde:

Ve = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,100 litros equivalen a 1.1 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1.1 \text{ m}^3 * 44,116.69 \text{ m}^2 * 0.075$$

$$Ve = 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - Ve$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.1 \text{ m}^3) (44,116.69 \text{ m}^2) - 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$I = 48,528.36 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$I = 44,888.73 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 44,888.73 m³/m², y se pierden 3,639.63 m³/m anuales por escurrimiento.

6.2.2. Cantidad de agua captada en el sistema ambiental

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, el cual posee una precipitación media anual de 1,100 mm, se consideraron los datos presentados en las fichas técnicas de las UGAS 21 y 23 del POEL de Benito Juárez (modificación 2014), definidas como el sistema ambiental del proyecto, las cuales indican que dichas UGAS poseen una superficie total de 34,975.23 hectáreas; y una cobertura vegetal actual de 19,783.86 hectáreas (56.57% del total); por lo tanto se trata de un sistema con 50-75% de cobertura. En ese sentido el valor de **K** es de 0.12, considerando que el predio testigo se ubica en una zona donde los suelos son permeables (según la carta de hidrología subterránea del INEGI).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ (ya que el valor de K es menor a 0.15)}$$

$$C_e = (0.12) (1,100 - 500) / 200$$

$$C_e = (0.12) (600 / 200)$$

$$C_e = (0.12) (3)$$

$$C_e = (0.36)$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en el sistema ambiental es de 0.36.

Una vez calculado el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, conforme a lo siguiente

Volumen de escurrimiento anual:

$$V_e = P * A_t \text{ (superficie del SA con cobertura vegetal)} * C_e$$

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.1 \text{ m}^3 * 197'838,600 \text{ m}^2 * 0.36$$

$$V_e = 78'344,085.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Volumen de infiltración anual: $I = P - V_e$

$$I = P - V_e$$

$$I = (1.1 \text{ m}^3) (197'838,600 \text{ m}^2) - 78'344,085.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 257'190,180 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 41'150,428.8 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 217'622,460 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del sistema ambiental, se capta un volumen de 217'622,460 m³/m² anuales, y se pierden 78'344,085.6 m³/m² anuales por escurrimiento.

6.2.3. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (44,888.73 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (217'622,460 m³/m²), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo

propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.02% de la captación total que ocurre en el sistema ambiental. Y si a esto le sumamos que el predio concesionado al Aeropuerto, conserva el 70% de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el SA, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad, es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

6.3. PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.
- **Medida 2.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 20 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.
- **Medida 3.** Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.
- Las aguas residuales producidas en la etapa operativa, serán conducidas a las plantas de tratamiento de aguas residuales con las que cuenta actualmente el Aeropuerto.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo 8, se se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente

contaminantes para el acuífero; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

6.4. GENERACIÓN DE OXÍGENO

La fotosíntesis en las plantas, a partir del dióxido de carbono y el agua, y usando energía, produce sustancia orgánica y oxígeno.

dióxido de carbono + agua + energía = sustancia orgánica y oxígeno

Inversamente, la respiración en las plantas usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.

sustancia orgánica + oxígeno = dióxido de carbono + agua + energía

Durante el día, la fotosíntesis es más intensa que la respiración. Por eso, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen. El oxígeno producido es utilizado por los animales para respirar. Estos devuelven dióxido de carbono, que es reciclado nuevamente por las plantas. Durante la noche, como no hay luz solar, no hay fotosíntesis y las plantas sólo respiran (FAO).

Se estima que un kilómetro cuadrado de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año, sin embargo, no se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuanto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en el sistema ambiental, aún se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal que seguirán prestando dicho servicio, y dado que el proyecto contempla el 40% de los polígonos de aprovechamiento como áreas verdes, entonces se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental por generación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del sistema ambiental, pues la superficie de cobertura vegetal que se perdería a nivel del predio, representa sólo el 0.22% de la superficie que aún se conservaría prestando el servicio ambiental en comento.

6.5. AMORTIGUAMIENTO DE IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES

Como se mencionó en el capítulo 5 del presente estudio, los fenómenos naturales más recurrentes en la zona donde se ubica el predio del proyecto, son los huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrearán fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240 km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad.

La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez y Herrera (1990) y Sánchez e Islebe (1999) con el paso del huracán Gilberto en 1988 y por lo dicho en este trabajo.

Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el ambiente²³.

Es un hecho que la eliminación de la cobertura vegetal en una Selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno natural como los huracanes y tormentas tropicales; sin embargo, resulta relevante señalar que se mantendrá el 40% de los polígonos de aprovechamiento como áreas verdes, y se conservaría una superficie de 7'57,968.217 m² con vegetación en estado natural dentro del predio concesionado del Aeropuerto, la cual podrán continuar prestando este servicio ambiental; así mismo, es importante mencionar que las obras que se pretenden construir, por su estructura están diseñadas para soportar el embate de fenómenos meteorológicos como tormentas y huracanes, y en tal sentido, la prestación del servicio ambiental de la cobertura vegetal como barrera protectora, queda en segundo término para el proyecto en particular.

Considerado lo señalado en el párrafo que antecede, podemos afirmar que éste servicio ambiental no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, pues a pesar de la eliminación de la cobertura vegetal del predio, aun se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal dentro del sistema ambiental, las cuales continuarán prestando el servicio ambiental como barrera de amortiguamiento, lo que resulta más

²³ Odilón Sánchez Sánchez, Lilia del C. Mendizábal Hernández, Sophie Calmé Recuperación foliar en un acahual después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica el Eden, Quintana Roo Foresta Veracruzana, Vol. 8, Núm. 1, 2006, PP. 37-42, Recursos Genéticos Forestales México.

significativo e importante que la cobertura vegetal que se desarrolla en el predio del proyecto.

6.6. MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA

La pérdida de bosques y selvas en México es una de las fuentes más importantes de emisiones de CO₂, principal gas de efecto invernadero (GEI) que genera el cambio climático. Es decir, deforestación es igual a cambio climático.

México se encuentra entre los 20 países que más contribuyen al cambio climático y uno de los motivos es la pérdida de los ecosistemas forestales. La deforestación implica pérdida de riqueza biológica, desabasto de agua y acelera el cambio climático, ya que al remover la cobertura vegetal se libera el bióxido de carbono (CO₂) almacenado. Se estima que el 20 por ciento de las emisiones de GEI a nivel mundial provienen de la pérdida de los ecosistemas forestales, los cuales desaparecen a un ritmo de 13 millones de hectáreas cada año. De esas 13 millones, por lo menos 500 mil corresponden a México.

Los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales²⁴.

La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades (Irma Rosas P., *et al*)²⁵.

Algunos climatólogos urbanos apuntan que el origen del problema del cambio climático, está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera, lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con

²⁴<http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Que-relacion-tienen-los-bosques-y-el-cambio-climatico/>

²⁵ <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P., *et al*).

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente (Irma Rosas P., *et al*).

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental, puesto que en el sistema ambiental aún se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal, así como una superficie de 7'57,968.217 m² con vegetación en estado natural dentro del predio concesionado del Aeropuerto; por lo que dichas superficies resultan más significativas para la regulación o modulación climática, que la superficie de CUSTF,

6.7. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Este apartado se analiza en el capítulo 7 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad.

6.8. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELO

Este apartado se analiza en el capítulo 7 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no provocará la erosión de los suelos.

CAPÍTULO 7: JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

De acuerdo con el Artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, esta Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo.

Considerando lo señalado en el párrafo que antecede, a continuación se presenta una justificación técnica, económica y social que dan sustento a la congruencia del proyecto con respecto a los supuestos de excepción que señala el Artículo 117, de la citada Ley.

7.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

7.1.1. No se compromete la Biodiversidad

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929 -), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “Biodiversidad”.

Los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y “domesticado” por medio de la selección artificial a varias especies; al hacerlo hemos creado una multitud de razas de maíces, frijoles, calabazas, chiles, caballos, vacas, borregos y de muchas

otras especies. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la biodiversidad cultural.

En cada uno de los niveles, desde genes hasta paisaje o región, podemos reconocer tres atributos de la biodiversidad: **composición, estructura y función**.

La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.)²⁶

Tomando en consideración lo antes mencionado, a continuación se demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad, para lo cual se consideró un análisis de los tres atributos de la biodiversidad: la composición de especies y la estructura del ecosistema; la función de las especies, no fue considerada en el análisis, dado que no existe suficiente información para determinar la importancia de todas las especies, tanto de flora como de fauna, que fueron registradas.

a) **Composición de especies**

Para el análisis de este atributo de la Biodiversidad se consideraron los datos obtenidos del inventario forestal para el predio del proyecto y el predio testigo a nivel del sistema ambiental, y posteriormente se presenta un análisis por estrato de la vegetación comparando ambos sistemas. Así mismo, se consideraron los datos del inventario faunístico realizado en las dos unidades de análisis, tanto a nivel global, como por grupo faunístico. En ambos casos se tomó en cuenta el índice de valor de importancia (**IVI**) obtenido por las especies registradas. No obstante se debe considerar que el tamaño y estructura de las diferentes poblaciones es el resultado de las exigencias de las especies y de las características del ambiente. La estructura observada en cada situación particular es la mejor respuesta del ecosistema a sus propias características (Valerio, 1997). De igual forma las especies con dominancia relativamente alta, probablemente son las que mejor se adaptan a las condiciones físicas del hábitat (Daubenmire, 1968, citado por Costa Neto, 1990), además de ser los principales organismos que contribuyen a la estructura horizontal que se observa.

²⁶http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html

a).1. Flora silvestre

De acuerdo con el inventario forestal realizado en la superficie de aprovechamiento proyectada, se obtuvo el registro de 65 especies vegetales, distribuidas en 26 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 15 registros; seguida de las familias Euphorbiaceae y Sapotaceae con 5 registros cada una; y finalmente destacan las familias Sapindaceae, Myrtaceae y Moraceae con 4 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 3 o menos especies. Así mismo, en esta unidad de análisis se reporta la existencia de 2 especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*).

A nivel del predio testigo tenemos que la vegetación, de acuerdo con el inventario forestal realizado, se encuentra compuesta por un total de 67 especies de flora silvestre, distribuidas dentro de 33 familias, de las cuales las más importantes son las familias Fabaceae con 13 registros, Euphorbiaceae, Moraceae y Sapotaceae. De las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 también se reportan *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*.

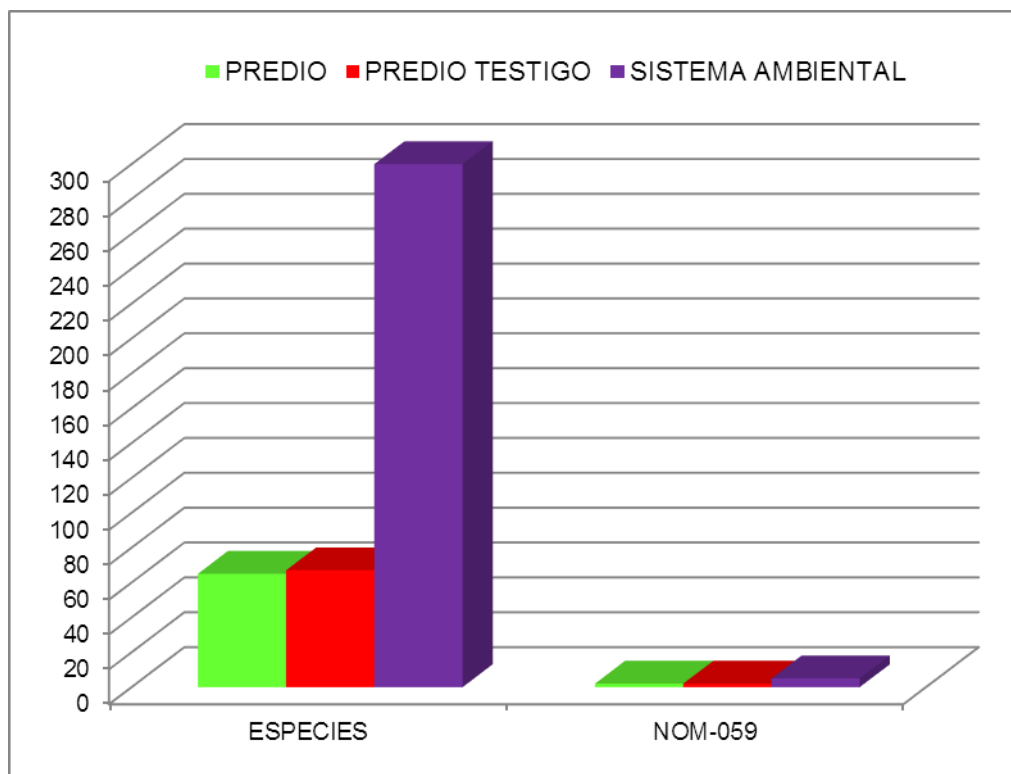
Así mismo, tenemos que para el sistema ambiental se tiene reportada la existencia de 300 especies de flora en Selva mediana subperennifolia²⁷ y 5 especies protegidas⁽²⁸⁾, incluyendo a las especies *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*.

Entonces si consideramos los datos referidos en los párrafos anteriores, concluimos que el número de especies reportadas para el predio proyecto, tan sólo representa el 47.10% del total de especies que es posible encontrar en un ecosistema de Selva mediana subperennifolia maduro dentro del sistema ambiental; y el 97% de las especies dentro del predio testigo; así mismo, concluimos que en el predio del proyecto sólo existe el 40% del total de especies protegidas que existen en dicho ecosistema a nivel del sistema ambiental; y el 100% a nivel del predio testigo.

Lo mencionado en el párrafo que antecede, se puede observar gráficamente en la siguiente imagen.

²⁷ <http://www.ecosur-qroo.mx/jardin.htm>

²⁸ <http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

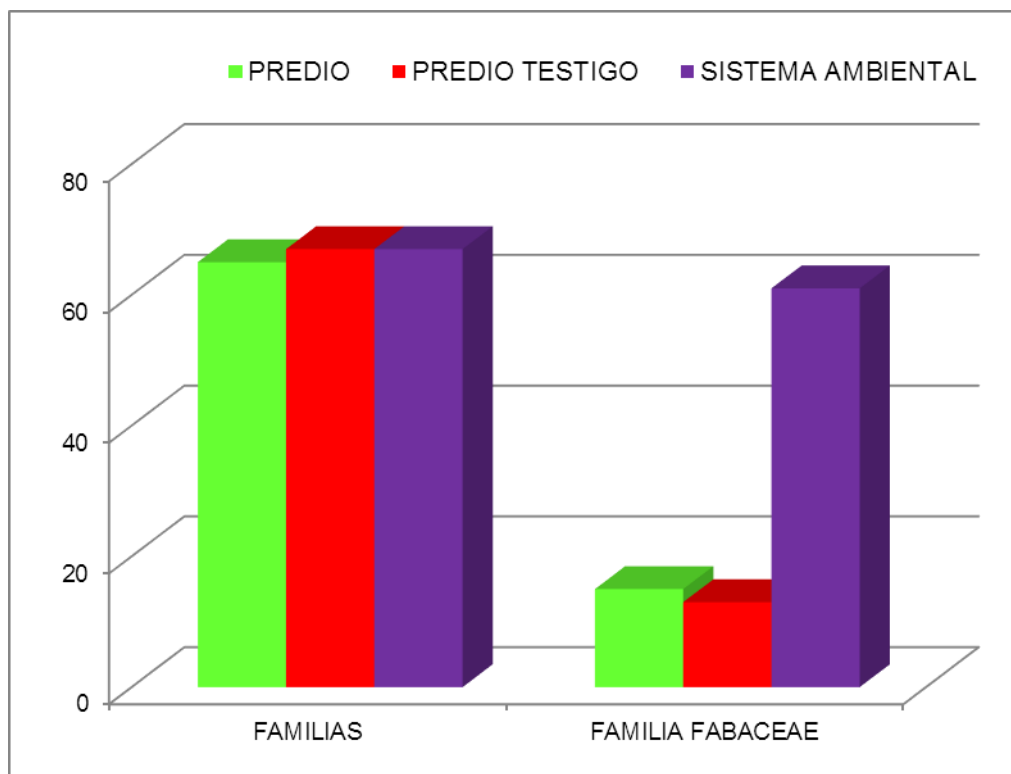


Como podemos apreciar en el gráfico que antecede, el predio testigo y el predio del proyecto presentan una composición similar en cuanto a número de especies se refiere; sin embargo, ambas unidades de análisis difieren del número de especies encontradas en todo el sistema ambiental, incluyendo las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Otro dato importante a destacar, es que las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas a nivel del predio del proyecto, también se encuentran presentes dentro del predio testigo y a nivel del sistema ambiental.

A nivel de familias botánicas, tenemos que en el predio del proyecto se reportan 26 familias de las cuales la más importante es la Fabaceae con 15 especies; mientras que a nivel del predio testigo se reportan 33 familias, donde la más importante también es la Fabaceae con 13 especies; y finalmente a nivel del sistema ambiental se reporta la existencia de 115 familias donde la más importante es la Fabaceae con 61 especies²⁹. Esto se puede observar gráficamente en la siguiente imagen.

²⁹ Arellano-Rodríguez, J.A., J.S. Flores Guido, J. Tun Garrido y M.M. Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense* 20: 1–815.



Por otro lado tenemos que para los ecosistemas maduros de Selva mediana subperennifolia (según Miranda y Hernández, 1963), las especies dominantes en el dosel son *Manilkara zapota* (zapote), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Talisia olivaeformis* (huaya de monte), *Pouteria reticulata* (zapotillo) y *Gymnanthes lucida* (yayte)^(30 y 31); lo cual ocurre a nivel del predio testigo dentro del sistema ambiental, y a nivel del predio del proyecto, donde la especie más importante a nivel del dosel o estrato arbóreo fue *Manilkara zapota* (zapote) con un **IVI de 50.27 (predio testigo) y 57.02 (predio del proyecto)**.

Así mismo, dichos autores señalan que las especies más abundantes en los estados secundarios de dicho ecosistema son *Buerera simaruba* (chacah), *Metopium brownei* (Chechen), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) y *Dendropanax arboreus* (sac chacah)⁽³²⁾; lo cual se acentúa a nivel del predio del proyecto donde una de las especies más importante a nivel del estrato arbóreo fue *Metopium brownei* (chechen) con un **IVI de 29.20**. Esto también lo confirma Ramos y Porter (2002)³³.

³⁰<http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

³¹ <http://www.ecosur-qroo.mx/jardin.htm>

³²<http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

³³ Dr. José M. Ramos Prado y Luciana Porter Bolland. 2002. Manual de identificación y enriquecimiento de plantas de la vegetación secundaria de la Reserva Ecológica El Edén A. C. CONACYT-CONAFOR 2002-C01-5488

En el estrato arbustivo sobresalen por su abundancia el ekulub (*Drypetes lateriflora*), yaite (*Gymnanthes lucida*), y las palmas chit (*Thrinax radiata*) y nacax (*Coccothrinax readii*) dentro del sistema ambiental³⁴. Esto no es posible observarlo a nivel del predio testigo y a nivel del predio del proyecto.

Finalmente señalan que en el sotobosque o estrato herbáceo abundan las palmas *Chamaedora sifrizii* (xyaat), *Thrinax radiata* (chit) y *Coccothrinax readii* (nacax)⁽³⁵⁾; lo cual se hace importante a nivel del predio testigo, donde la especie más importante a nivel del estrato herbáceo fue *Thrinax radiata* (chit) con un **IVI de 97.58**; mientras que a nivel del predio del proyecto la especie *Malvaviscus arboreus* (tulipancillo) con un **IVI de 28.10** fue la más importante, mientras que *T. radiata* ocupa el sexto lugar en orden de importancia con un **IVI de 14.72**, lo que indica que no se trata de una especie dominante.

Considerando lo antes mencionado podemos determinar que la vegetación de Selva mediana subperennifolia, que se desarrolla a nivel del predio testigo es similar a la que se desarrolla en el predio del proyecto, toda vez que presentan similitud de condiciones en cuanto al número de familias y especies que la componen; así mismo, registran las mismas especies protegidas; y la especie *Manilkara zapota* es la más importante a nivel del estrato arbóreo. También destaca la familia fabaceae como la más importante en ambas unidades de análisis, con similar número de especies.

a).2. Fauna silvestre

El inventario faunístico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo, arroja la existencia de un total de 21 especies de fauna silvestre pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 12 especies distribuidas en 4 órdenes y 8 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies distribuidas en 3 órdenes y 3 familias; y finalmente los mamíferos por 4 especies distribuidas en 4 órdenes y 4 familias. No se tuvieron registros de anfibios

Por otra parte, el sistema ambiental alberga una riqueza faunística considerable, ya que se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de las especies. Asimismo, es sobresaliente que 123 especies (21%) se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, trece de las cuales son consideradas endémicas para la

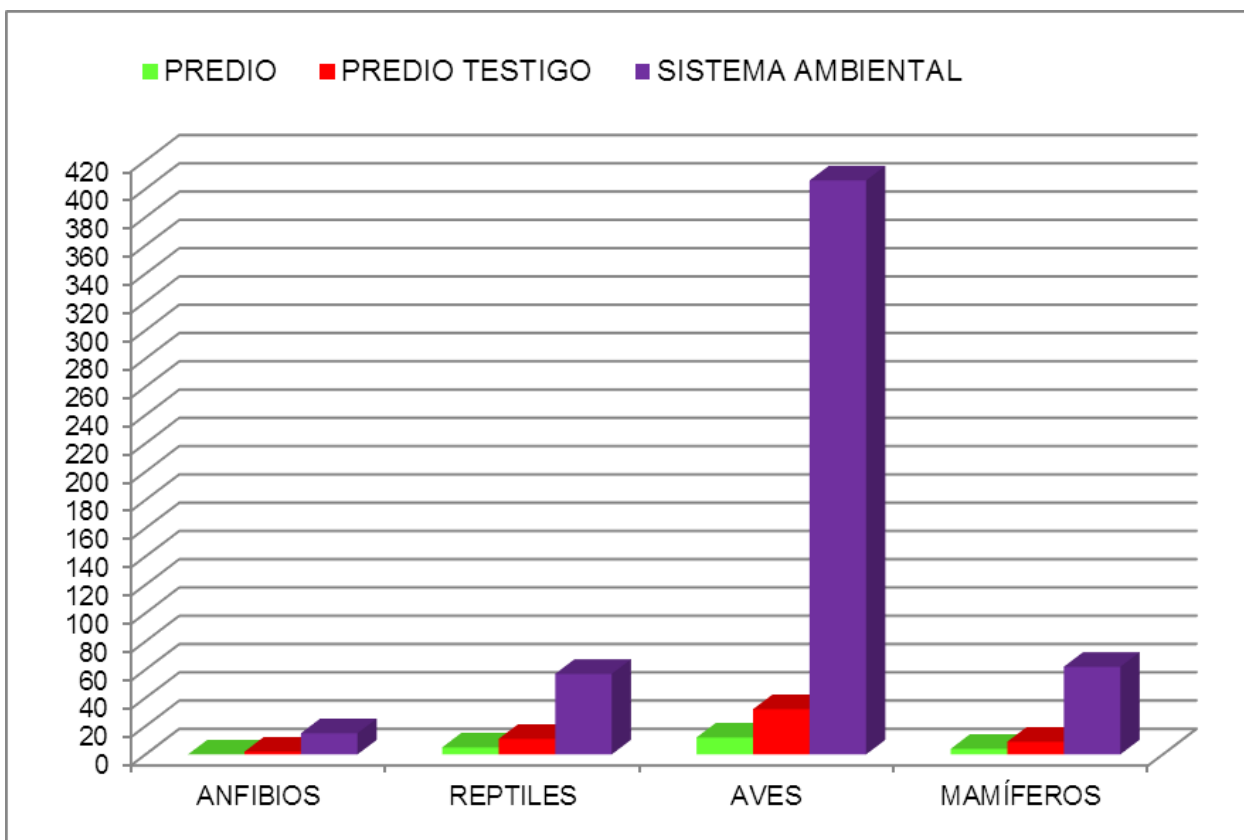
³⁴ <http://www.ecosur-qroo.mx/jardin.htm>

³⁵ <http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

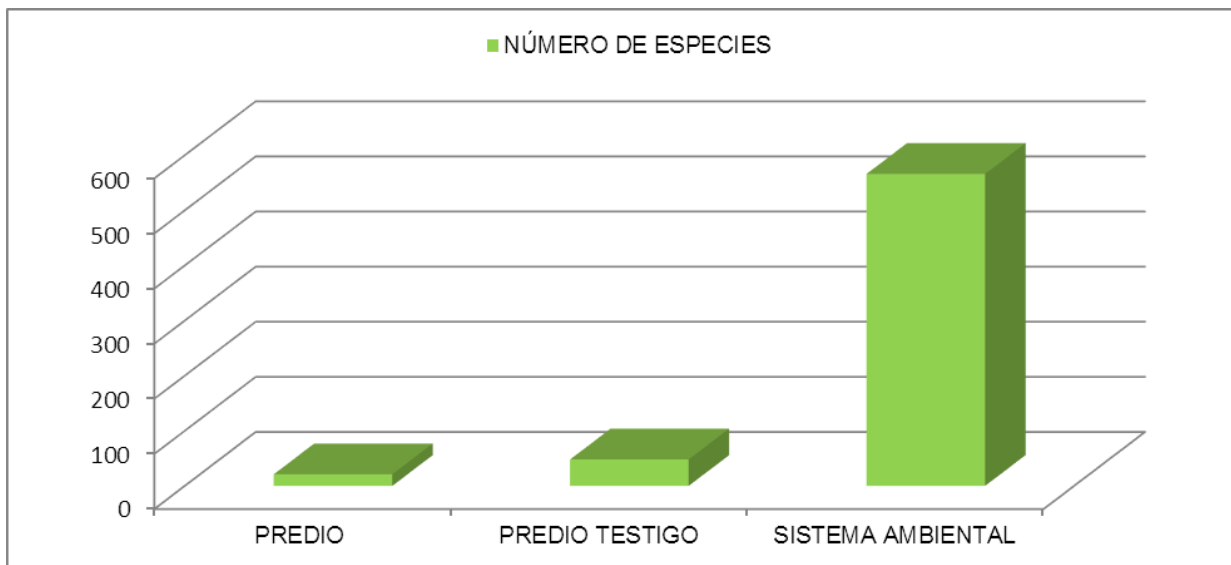
Península de Yucatán. De este gran total se reportan 15 especies de anfibios con 1 endemismo; 57 especies de reptiles con 1 endemismo; 406 especies de aves con 6 endemismos; y finalmente 62 especies de mamíferos con 3 endemismos (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)³⁶.

Sumado a lo anterior, tenemos que durante el inventario faunístico llevado a cabo en el predio testigo, se registró un total de 48 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 32 especies; seguido en orden de importancia por el grupo de los reptiles representados por 11 especies; los mamíferos con 9 especies; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies registradas.

Haciendo un análisis gráfico de estos datos obtenidos en las unidades de estudio, obtenemos los siguientes resultados:



³⁶ Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.



De acuerdo con los gráficos presentados, podemos concluir que la fauna a nivel del predio testigo y a nivel del sistema ambiental, es más importante que la fauna registrada dentro del predio del proyecto, toda vez que el número de especies es mayor en el primer caso, aunque también es posible observar que el número de especies es similar entre el predio del proyecto y el predio testigo; tal como se resume en la siguiente tabla:

ÁREA DE ESTUDIO	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS	TOTAL
Predio	0	5	12	4	21
Predio testigo	2	11	32	9	48
Sistema ambiental	15	57	406	62	566

En lo que concierne a las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; tenemos que a nivel del sistema ambiental se registra un total de 123; para el predio testigo 8; y finalmente para el predio del proyecto 1 especie; lo que reafirma que la fauna a nivel del sistema ambiental es más importante que aquella que se encuentra presente dentro del predio del proyecto.

b) Estructura del ecosistema

Se entiende por estructura de un bosque y/o selva a las relaciones morfológicas y espaciales que existen entre los elementos bióticos y abióticos que la componen (Burne et al., 2003).

El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente, este aspecto puede

ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia (Acosta *et al.*, 2006) que conjuntamente se unen dichos índices formando el índice de valor de importancia, el cual fue estimado para el predio y la cuenca (sitio piloto).

El crecimiento de las plantas, las alteraciones de origen natural, la migración de especies, los cambios climáticos y otros procesos, modifican constantemente la estructura y la composición de las especies de los bosques y/o selvas situaciones observadas en el sistema ambiental en donde se encuentra el predio del proyecto Residencial Turquesa. Los estudios indican que los bosques son agrupaciones de especies donde cada una se comporta de acuerdo con sus propias necesidades, según su fisiología, morfología, demografía, conducta y capacidad de dispersión. Debido a la modificación constante de las condiciones ecológicas, ocurre una renovación continua de especies en las comunidades, en las que en un momento dado aparecen nuevas especies porque los procesos dan lugar a una estructura determinada y en otro momento desaparecen porque la estructura se convierte en un factor desfavorable (Acosta *et al.*, 2006).

Para poder estudiar la estructura del ecosistema que se desarrolla en ambas unidades de análisis, se procede a realizar un análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del índice de diversidad de Shannon – Wiener, descritos en el capítulo 4 del presente estudio, el cual está basado en la abundancia relativa de las especies registradas durante los inventarios florísticos y faunísticos.

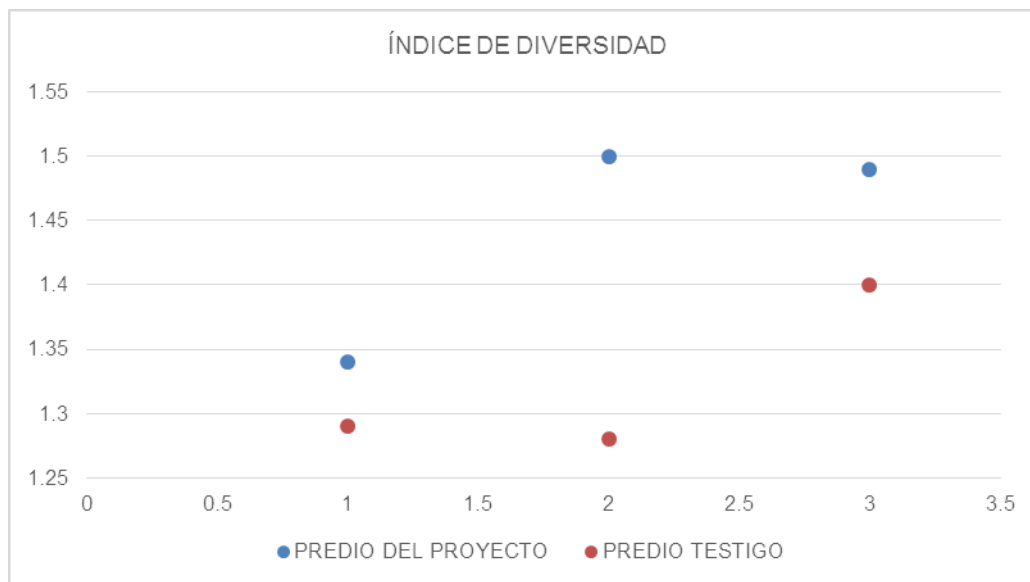
b).1. Flora silvestre

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los valores obtenidos en el análisis de los índices de diversidad para los distintos estratos que componen la vegetación tanto a nivel del predio del proyecto como en el predio testigo del sistema ambiental:

PREDIO TESTIGO		PREDIO DEL PROYECTO	
ESTRATO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ESTRATOS
ARBÓREO	H'=1.34 decits/ind	H'=1.29 decits/ind	ARBÓREO
ARBUSTIVO	H'=1.50 decits/ind	H'=1.28 decits/ind	ARBUSTIVO
HERBÁCEO	H'=1.49 decits/ind	H'=1.40 decits/ind	HERBÁCEO

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, son casi idénticos en ambos sistemas, considerando los tres estratos, ya que se obtienen valores promedio de **1.44 decits/ind** para el predio testigo y de **1.32 decits/ind** para el predio del proyecto; sin embargo se observa que los valores obtenidos en el predio

testigo, por estrato, son ligeramente superiores a los valores obtenidos a nivel del predio del proyecto, lo cual se puede observar en el siguiente gráfico de dispersión.



De acuerdo con el análisis a nivel de cada estrato de la vegetación, observamos que los índices obtenidos son distantes entre ambos sistemas tanto a nivel del dosel como a nivel del mesobosque y sotobosque, ya que existe una diferencia de **0.05 decits/ind** entre a nivel del estrato arbóreo; de **0.22 decits/ind** a nivel del estrato arbustivo; y de **0.09 decits/ind** a nivel del estrato herbáceo. Aunque son diferencias poco significativas, podemos considerar que son concluyentes para determinar la importancia de la vegetación dentro de las unidades de análisis, ya que al ser mayor los índices en el predio testigo, asumimos que la vegetación es más homogénea y diversa, pues cualquier incremento en el valor del índice, nos indica mayor diversidad, aun cuando este sea mínimo.

Cabe señalar que los resultados obtenidos provienen de áreas muestreadas con superficie distinta, puesto que el sistema ambiental propuesto como predio testigo, presenta una superficie de 38 has, en el cual se instauraron 15 sitios de muestreo distribuidos al azar, estableciendo cuadrantes anidados de distintas dimensiones para el levantamiento de los datos florísticos por estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo), por otra parte para el predio del presente proyecto se realizó un levantamiento de datos florísticos, a través de un muestreo sistemático que consistió en el establecimiento de 7 sitios de muestreo empleando el método de cuadrantes anidados; con base en esta metodología cada sitio o parcela de muestreo se dividió en tres cuadrantes sobrepuestos

cubriendo una superficie de 900 m² encada sitio, sin embargo el predio del proyecto presenta una superficie de 4.41 has aproximadamente, la cual es inferior al predio testigo. Esta diferencia en la metodología del inventario forestal realizado en ambos predios, obedece a la superficie que presenta cada unidad de análisis, ya que a mayor superficie se requiere mayor intensidad de muestreo.

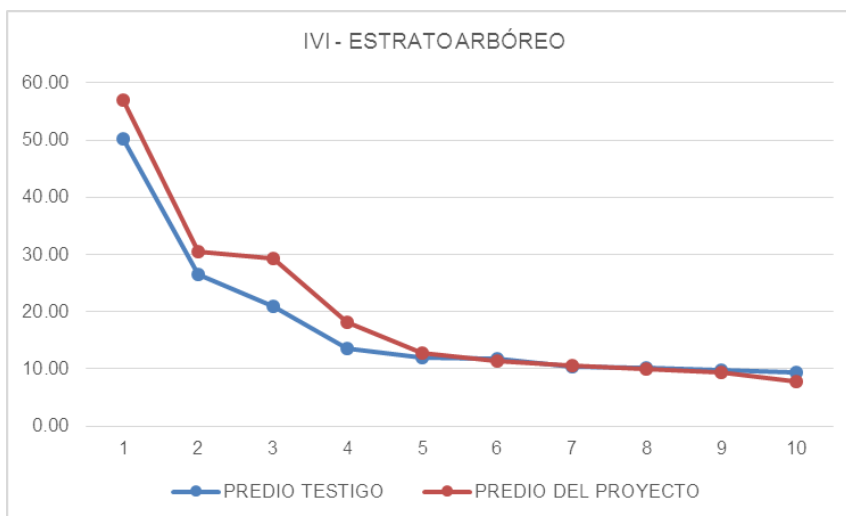
Considerando la homogeneidad o equidad en la distribución de las especies, tenemos un análisis de los valores obtenidos en la aplicación del índice de equidad de Pielou, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

ANÁLISIS DE EQUIDAD						
ÍNDICE	ESTRATOS					
	ARBÓREO		ARBUSTIVO		HERBÁCEO	
	PT	PP	PT	PP	PT	PP
H' (\log_{10})	1.34	1.29	1.50	1.28	1.49	1.40
H_{max} (\log_{10})	2.98	1.67	2.58	1.45	2.95	1.49
$Pielou (J')$	0.45	0.77	0.58	0.88	0.50	0.94

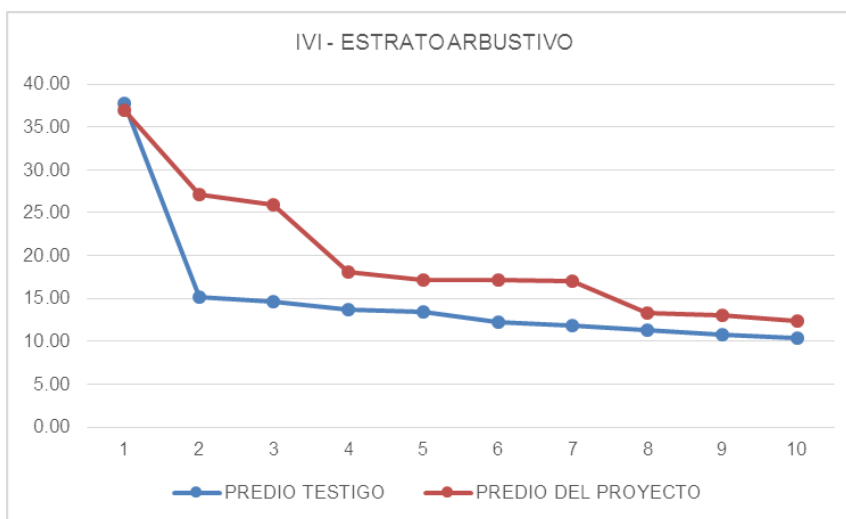
PT: predio testigo; PP: predio del proyecto.

Podemos observar de acuerdo con los resultados del índice de Pielou, que la vegetación dentro del predio del proyecto presenta mayor equidad, es decir, que las especies presentan una distribución más homogénea; a diferencia de la vegetación a nivel del predio testigo, donde los valores obtenidos indican una distribución moderadamente homogénea, lo cual se puede deber a que la vegetación en el predio testigo tiende a un estado primario maduro, en donde las especies primarias han alcanzaron su papel como especies predominantes; mientras que en el caso del predio del proyecto, las especies se encuentran en proceso de sucesión ecológica, pues la vegetación es de tipo secundaria con tendencia a la madurez, en donde las especies primarias no son dominantes, pues se pueden observar asociaciones de especies que no son típicas de los estados maduros.

Finalmente podemos considerar los valores de importancia obtenidos de las primeras 10 especies que conforman la estructura vertical de la vegetación en ambos sistemas, y a nivel de cada estrato, conforme a los siguientes gráficos.

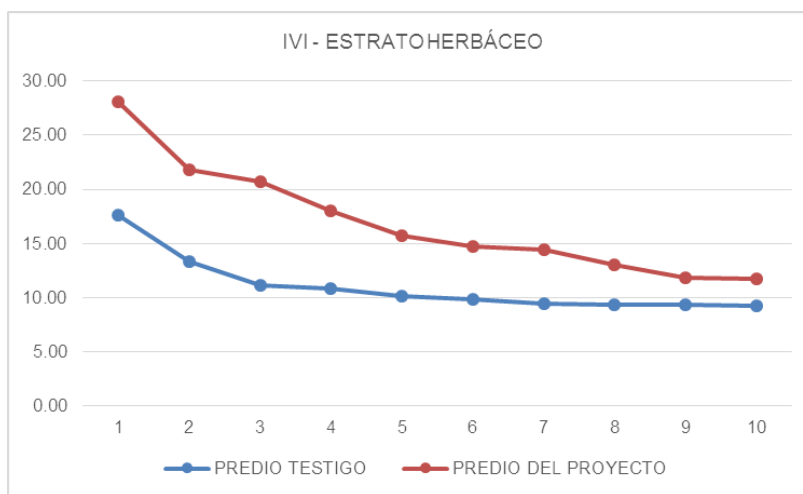


De acuerdo con el gráfico que antecede, podemos determinar que las primeras 10 especies más importantes a nivel del estrato arbóreo, considerando su abundancia, frecuencia y dominancia (conforme al índice de valor de importancia), se distribuyen en forma similar en la estructura vertical de la vegetación; pues podemos observar que la especie más importante (*Manilkara zapota*) en ambas unidades de análisis, alcanza un IVI casi idéntico; así mismo, observamos que las especies de la 5 a la 10 en orden de importancia, también presentan valores de IVI similares.



A nivel del estrato arbustivo, de acuerdo con el gráfico que antecede, podemos determinar que 7 de las 10 especies más importantes, se distribuyen en forma similar en la estructura vertical de la vegetación (especies de la 5 a la 10); así mismo, podemos observar que las especies más importantes en ambas unidades de análisis, alcanza un

IVI idéntico; esto nos permite asumir que la estructura vertical a nivel del estrato arbustivo en ambos sistemas es similar; sin embargo, a nivel del predio testigo 1 especie es la que predomina sobre las otras (*Manilkara zapota*); mientras que a nivel del predio del proyecto, son tres especies las que predominan, por lo que conforman una asociación a nivel del estrato arbustivo.



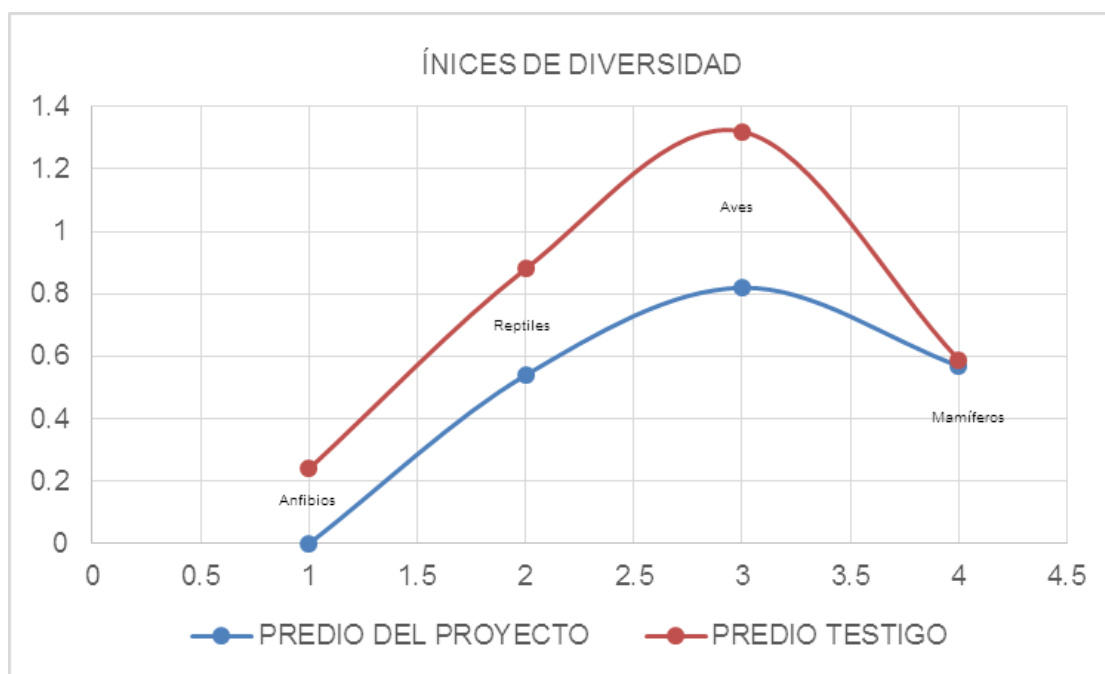
Finalmente a nivel del estrato herbáceo, de acuerdo con el gráfico que antecede, tenemos que las últimas 2 especies más importantes, se distribuyen en forma similar en la estructura vertical de la vegetación (especies 9 y 10); sin embargo, observamos que el resto de las especies alcanzan un valor de importancia discrepante entre un sistema a otro; esto nos permite asumir que la estructura vertical a nivel del estrato herbáceo es distinta; pero a diferencia de lo que ocurre en los estratos superiores, observamos que no destacan especies predominantes, ni asociaciones entre especies, por lo que concluimos que a nivel de este estrato la regeneración natural del ecosistema es similar.

b).2. Fauna silvestre

Por otra parte, haciendo un análisis comparativo por cada grupo faunístico entre ambos sistemas, obtenemos lo siguiente:

PREDIO TESTIGO		PREDIO DEL PROYECTO	
GRUPO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	GRUPO
ANFIBIOS	H'=0.24 decits/ind	H'=0.00 decits/ind	ANFIBIOS
REPTILES	H'=0.88 decits/ind	H'=0.54 decits/ind	REPTILES
AVES	H'=1.32 decits/ind	H'=0.82 decits/ind	AVES
MAMÍFEROS	H'=0.59 decits/ind	H'=0.57 decits/ind	MAMÍFEROS

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos para la fauna mediante la aplicación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, son distintos entre ambos sistemas considerando los cuatro grupos taxonómicos estudiados, ya que se obtienen valores promedio de **0.76 decits/ind** para el predio testigo y de **0.48 decits/ind** a nivel del predio del proyecto; una ligera diferencia de **0.28 decits/ind**, lo que permite asumir que las especies presentan una distribución más homogénea dentro del predio testigo que en el predio del proyecto; Así mismo, en un análisis a nivel de cada grupo faunístico, observamos que los índices obtenidos son distantes en ambos sistemas, ya que existe una diferencia de **0.24 decits/ind** entre el grupo de los anfibios; de **0.34 decits/ind** con respecto al grupo de los reptiles; de **0.50 decits/ind** en lo que respecta a las aves; y de **0.02 decits/ind** para los mamíferos. Esto se puede observar en el siguiente gráfico de dispersión.



De acuerdo con el análisis a nivel de cada grupo faunístico, observamos que los índices obtenidos son distantes entre ambos sistemas en el grupo de los anfibios, reptiles y aves; sin embargo, observamos un índice casi idéntico a nivel del grupo de los mamíferos. Aunque son diferencias poco significativas, podemos considerar que son concluyentes para determinar la importancia de la fauna dentro de las unidades de análisis, ya que al ser mayor los índices en el predio testigo, asumimos que la fauna es más homogénea y diversa, pues cualquier incremento en el valor del índice, nos indica mayor diversidad. Así mismo, tenemos que el grupo de los anfibios destaca dentro del predio testigo del

sistema ambiental, ya que alcanzó un valor de **0.24 decits/ind**; mientras que en el predio del proyecto el valor es de **0.00 decits/ind**, el valor más bajo registrado para todos los grupos taxonómicos estudiados.

Considerando la homogeneidad o equidad en la distribución de las especies, tenemos un análisis de los valores obtenidos en la aplicación del índice de equidad de Pielou, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

ANÁLISIS DE EQUIDAD								
ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICO							
	ANFIBIOS		REPTILES		AVES		MAMÍFEROS	
	PT	PP	PT	PP	PT	PP	PT	PP
H' (\log_{10})	0.24	0.00	0.88	0.59	1.32	0.86	0.59	0.57
H_{max} (\log_{10})	0.60	0.00	2.14	0.70	2.47	1.08	2.03	1.08
Pielou (J')	0.40	0.00	0.41	0.84	0.53	0.80	0.29	0.53

PT: predio testigo; PP: predio del proyecto.

Podemos observar de acuerdo con los resultados del índice de Pielou, que la FAUNA dentro del predio del proyecto presenta mayor equidad, es decir, que las especies presentan una distribución más homogénea; a diferencia de la fauna a nivel del predio testigo, donde los valores obtenidos indican una distribución moderadamente homogénea, lo cual se puede deber a que la fauna en el predio testigo se encuentra sometida en forma constante a los factores de perturbación que imperan en la zona, pues esta unidad de análisis se encuentra inmersa dentro de un área urbanizada.

c) Conclusiones

c).1. No se compromete la biodiversidad de la flora silvestre

Tenemos que la especie *Manilkara zapota* (zapote) se encuentra presente a nivel de los tres estratos de la vegetación dentro del predio testigo, lo cual resulta importante toda vez que se trata de una especie primaria y codominante del dosel³⁷. También observamos que la especie *Metopium brownei* (chechen) es la especie más importante a nivel del estrato arbustivo, lo cual coincide con la información disponible de la CONABIO³⁸, misma que refiere que esta especie es primaria en el estrato medio y

³⁷http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/64-sapot4m.pdf

³⁸http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/reforestacion/pdf/2_anaca3.pdf

superior. Finalmente podemos señalar que la especie más importante a nivel del estrato herbáceo (*Thrinax radiata*) es una especie importante a nivel ecológico, toda vez que el tronco y el follaje brindan refugio a diversas especies de fauna silvestre; sus frutos son consumidos principalmente por mamíferos y varias especies de aves, quienes dispersan sus semillas, como la chachalaca (*Ortalis vetula*), tucan (*Ramphastos sulfuratus*), hocofaisan (*Crax rubra*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), pecari de labios blancos (*Pecari tajacu*), mono araña (*Atelles geoffroyi*), éste último, además del consumir el fruto, también se alimenta de las hojas tiernas para obtener el agua durante la estación seca. Otra interacción biológica ocurre con la Tuza (*Orthogeomys spp.*) que consume las raíces y al parecer puede causar la muerte de la palma el tronco de los vástagos (Calvo-Irabién y Soberanis, 2008; Pérez y Rebollar, 2008.)³⁹.

Considerando lo anterior, podemos observar que las especies más importantes a nivel de los distintos estratos que integran la vegetación en el predio testigo, presentan una importancia ecológica sobresaliente, aunado a que demuestran que el ecosistema se encuentra en estado primario o maduro.

No obstante lo anterior, podemos asumir que el proyecto no compromete la biodiversidad de la flora silvestre asociada al ecosistema, toda vez que las características en la estructura vertical y en la composición de especies, es similar entre el predio del proyecto y el predio testigo; pero la flora resulta más importante a nivel del sistema ambiental, ya que el número de especies y familias, así como especies protegidas, es más importante que estas dos unidades de análisis.

Finalmente si se considera que en el sistema ambiental, actualmente existe una superficie total de 17,591.11 hectáreas de vegetación de Selva mediana subperennifolia conforme al POEL de Benito Juárez (actualización 2014); y que a nivel Municipal se reporta una superficie de 734,672.21 hectáreas que presentan este tipo de vegetación (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)⁴⁰; entonces podemos asumir que por la implementación del proyecto no se compromete la biodiversidad, pues tan sólo se pretende aprovechar una superficie de 4.41 hectáreas del mismo tipo de vegetación, que representa el 0.025% del ecosistema de selva mediana subperennifolia presente en todo el sistema ambiental, y el 0.00059% de dicho ecosistema a nivel Municipal; lo que

³⁹ Plan de manejo tipo para palma chit (*Thrinax radiata*)

⁴⁰ Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

demuestra que el impacto sobre la biodiversidad sería casi nulo de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo propuesto.

c).2. No se compromete la biodiversidad de la fauna silvestre

Considerando los datos presentados en los párrafos que anteceden, podemos asumir que la fauna en el sistema ambiental es más importante que aquella que se encuentra presente dentro de la superficie de aprovechamiento, puesto que dos de los grupos indicadores del buen estado de salud de los ecosistemas siendo estos, las aves⁴¹ y los anfibios⁴², son más diversos en el predio testigo.

Así mismo, tenemos que el número de especies por grupo faunístico dentro del sistema ambiental y el predio testigo, es superior, al número de especies reportadas para el predio del proyecto; así mismo, tenemos que a nivel del SA existe un mayor número de especies protegidas que a nivel del predio del proyecto, en donde sólo se obtuvo un registro.

Finalmente podemos asumir que la diversidad de la fauna no se verá comprometida con el desarrollo del presente proyecto, ya que el predio se ubica en zonas de crecimiento con uso exclusivo para el aeropuerto de acuerdo al PDU que regula la zona, así mismo, se aplicarán medidas específicas para prevenir o reducir los impactos ambientales sobre este recurso, tales como la conformación de áreas verdes, enriquecimiento de dichas áreas con la implementación de los residuos vegetales, además de implementar reforestación en las mismas cuando sea necesario, lo que ofrecerá refugio para la fauna; además de la implementación de un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, poniendo énfasis en aquellas especies consideradas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de importancia ecológica, lo que permite asegurar que las especies registradas se mantengan con poblaciones estables.

7.1.2. No se provocará la erosión de los suelos

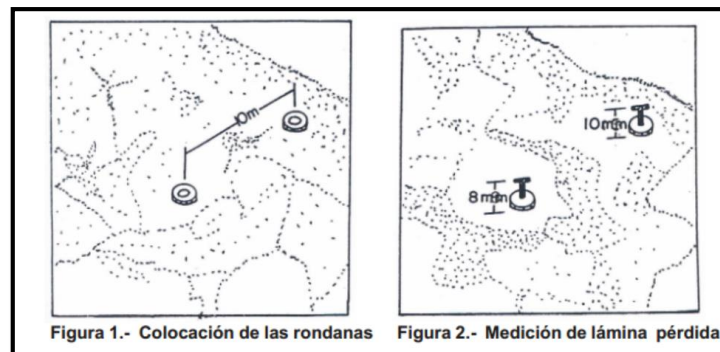
a) Estimación de la pérdida actual de suelo a nivel del pedio

a).1. Descripción del método utilizado

⁴¹<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33982/1/cabanascondeanabel.pdf>

⁴²http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/Anfibios_GuaInformativaGlobal.pdf

Para evaluar la pérdida actual del suelo que ocurre a nivel del predio, se utilizó el método de “clavos y rondanas”, dado que se trata de un método sencillo, práctico y de bajos costos. El método consiste en utilizar clavos con rondanas, colocados a lo largo de un transecto a intervalos regulares (Fig. 1). La rondana se coloca de manera que descansa sobre la superficie del suelo, tocando ligeramente la cabeza del clavo. El propósito de la rondana es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido (Fig. 2).



a).2. Materiales y equipo utilizado en el muestreo

Para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5 pulgadas, y rondanas planas de acero inoxidable de 2 pulgadas (figuras 1 y 2).

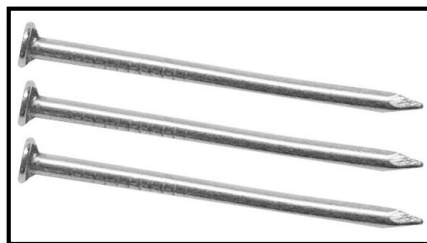


Fig. 1.- Clavos



Fig. 2.- Rondanas

Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó un GPS de la marca Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte. Por otro lado, se utilizó cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; y una cámara fotográfica para el registro de las actividades en campo.

Así mismo, se utilizó un tubo de PVC de 4 cm de altura y 5.08 cm o 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de 81 cm^3 ($V=\pi*r^2*h$), por cada muestra tomada del suelo utilizada para el cálculo de la densidad aparente (figuras 3).

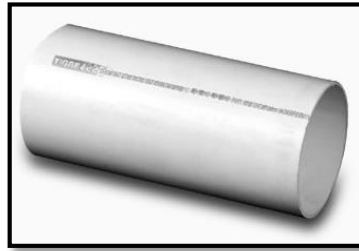


Fig. 3.- Tubo de PVC

a).3. Diseño del muestreo

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo por parcelas, utilizando los sitios de muestreo del inventario forestal a nivel del estrato arbustivo, muestreando una parcela por sitio del inventario, lo que nos dio un total de 7 parcelas de muestreo para el suelo en estudio.

Es importante mencionar que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte o altere las mediciones en campo. Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio, en un período de 29 días y al día 30, se llevó a cabo la toma de datos en campo.

a).4. Registro de datos en campo

Para la toma de datos se utilizó una cinta métrica extensible o flexómetro, graduado en centímetros y milímetros, por medio de la cual se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo.

Con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm^3 por cada muestra), el cual se enterró en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la hojarasca que había en el sitio de la muestra. Posteriormente con ayuda de una pala se sacó el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas en una estufa con horno a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta obtener un peso constante. Para cada sitio o punto de muestreo, se tomaron cinco repeticiones; una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a 2 metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

a).5. Pérdida y deposición de suelo

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada sitio de muestreo, considerando el período de 15 días en el que permanecieron “in situ”.

REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO								Σ
PARÁMETRO	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO							
	1	2	3	4	5	6	7	
Pérdida (mm)	0	0	0	0	0	0	0	-0.00 mm
Deposición (mm)	0	0	+1	0	0	0	+2	+0.43 mm

a).6. Densidad aparente

Para la estimación de la densidad aparente del suelo, se utilizó el método denominado “determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada”, para lo cual fueron útiles los cilindros o tubos de PVC.

Extraída la muestra de suelo con los cilindros extractores y cubiertos con las tapas para evitar pérdidas de material, se colocó en una estufa con horno a 105-110 °C hasta peso constante (aproximadamente 12 hrs). La densidad aparente (kg/m^3) se determinó con base en la siguiente fórmula:

$$DA (\text{kg/m}^3) = (A - B) / V$$

Donde:

A= peso seco del suelo

B= tara del cilindro (10 gr)

V= volumen de la muestra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente, para cada muestra obtenida en los sitios de muestreo.

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOL. DE SUELO (cm^3)
1	545	10	405
2	457	10	405
3	609	10	405
4	454	10	405
5	416	10	405

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOL. DE SUELO (cm ³)
6	359	10	405
7	495	10	405
Acumulación (Σ)	3,335 gr	70 gr	2,835 cm ³
Acumulación (Σ)	3.3 kg	0.07 kg	0.0028 m ³
DENSIDAD APARENTE = (3.3 kg - 0.07 kg) / 0.0028 m ³ DENSIDAD APARENTE = 3.23 kg / 0.0028 m ³ DENSIDAD APARENTE = 1,153.57 kg/m ³			

Los resultados obtenidos expresados en kilogramos por metro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m³), lo que nos arroja un resultado de 1.15 Ton/m³ para la unidad edáfica.

a).7. Cuantificación de pérdidas

- **Tasa media de erosión.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente fórmula (Pizarro y Cuitiño, 2002):

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X= pérdida de suelo o suelo erosionado

Y= altura media de suelo erosionado (mm)

Da= densidad aparente (Ton/m³)

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.0 * 1.15 * 10$$

$$P = 0.00 \text{ Ton/ha/año}$$

- **Tasa media de deposición.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la misma fórmula citada anteriormente (Pizarro y Cuitiño, 2002), pero considerando los valores de deposición obtenidos en campo, de tal manera que la variable "Y" ahora corresponde al valor de deposición promedio del suelo, quedando de la siguiente manera:

$$X = Y * Da * 10$$
$$P = 0.43 * 1.5 * 10$$
$$P = 6.45 \text{ Ton/ha/año}$$

- **Erosión neta.** Se denomina como erosión neta (En) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999). Se expresa como:

$$En = E - S$$

Donde:

En = Erosión neta (ton/ha).

E = Erosión media del estrato (ton/ha).

S = Sedimentación media del estrato (ton/ha).

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$En = 0.00 \text{ Ton/ha/año} - 6.45 \text{ Ton/ha/año}$$
$$En = -6.45 \text{ Ton/ha/año}$$

De acuerdo con el resultado anterior, tenemos una erosión neta para el predio del proyecto de **-6.45 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo y a favor de la deposición de suelo) una lámina de suelo de 0.645 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005); y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

b) Estimación de la pérdida del suelo con el custf

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta con el desarrollo del proyecto, y considerando que se trata de un caso hipotético con fines de predicción (erosión potencial), se optó por utilizar la siguiente ecuación (Martínez, M., 2005):

$$Ep = R * K * LS$$

Donde:

Ep = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

R = Erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr).

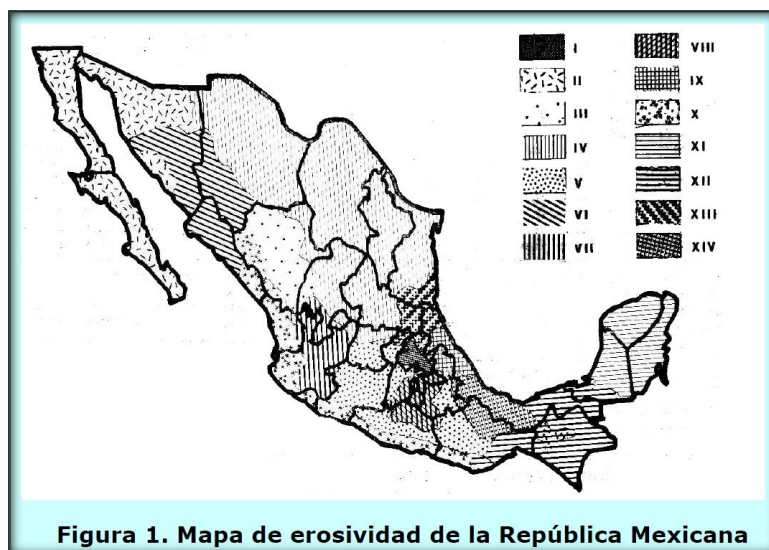
K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

La metodología simplificada y adecuada para utilizarse dicha ecuación en nuestro país, también se puede encontrar en Martínez, M. (2005), como se describe a continuación:

b).1. La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 1). La región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el **valor de R** (Cuadro 1).



Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país .

Región	Ecuación	R ²
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

De acuerdo con los datos de la figura 1 y el cuadro 1, se tiene que el predio del proyecto se ubica dentro de la Región XI y por lo tanto, le aplica la ecuación: $R = 3.7745P + 0.004540P^2$. Así mismo, considerando que la precipitación media anual de la zona en la que se ubica el predio, y por ende la superficie de cambio de uso de suelo es de 1,100 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

$$R = 3.7745P + 0.004540P^2$$

$$R = 3.7745 (1,100) + 0.004540 (1,100)^2$$

$$R = 4,151.95 + 0.004540 (1'210,000)$$

$$R = 4,151.95 + 5,493.4$$

$$R = 9,645.35 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

b).2. Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 - .029		

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 del INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos clasificados de acuerdo con las descripciones de

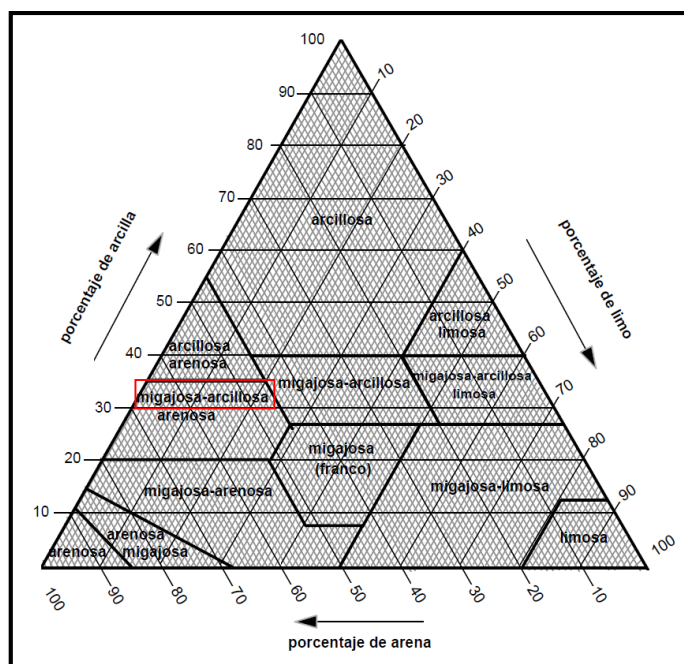
unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio se encuentran dentro de la siguiente unidad edafológica:

- **E+I/2/L.** Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.

El tipo de suelo citado anteriormente, presenta una clase textural media y distinto contenido de materia orgánica. De acuerdo con el INEGI (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), las clases texturales del suelo indican cuál de las partículas de suelo (arena, limo o arcilla) domina en los 30 cm superficiales del suelo, a saber:

- Textura gruesa. Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Textura media. Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
- Textura fina. Más del 35% de arcilla.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo presenta una clase textural media, es decir, menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena, entonces tenemos que se trata de suelo con textura migajosa arcillosa, de acuerdo con el “Diagrama de texturas según el Departamento de Agricultura de los EUA”, utilizado en el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI, con adecuación de términos (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), el cual se muestra en la siguiente imagen.



En cuanto a la materia orgánica en los suelos predominantes, tenemos que la **Rendzina** es predominante por ser la unidad edáfica primaria, y son ricos en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%); mientras que el **Litosol** se presenta como suelo secundario, pero también es rico en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%).

Entonces tenemos que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo es de textura migajón arcilloso y el contenido de materia orgánica de más del 2.0%, por lo tanto el valor de K sería 0.021 de acuerdo con los datos del cuadro 2 presentado anteriormente.

b).3. Longitud y Grado de pendiente (LS)

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).

Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

De acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo:

- La altura de la parte alta del terreno es de 1.80 msnm;
- La altura de la parte baja del terreno es de 1.10 msnm; y
- La longitud del terreno analizada de 500 m

Entonces la pendiente sería de:

$$S = 1.80 - 1.10 / 500$$

$$S = 0.7 / 500$$

$$S = 0.0014 (100)$$

$$S = 0.14\%$$

Al conocer la pendiente y la longitud de la pendiente, entonces el factor **LS** se calcula como:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

- ▶ Longitud de la pendiente de 500 m
- ▶ Pendiente media del terreno 0.14%
- ▶ Valor constante de “m” = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (500)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.14) + 0.00138 (0.14)^2]$$

$$LS = (22.36) [0.0138 + 0.001351 + (0.00138) (0.0196)]$$

$$LS = (22.36) (0.01515 + 0.000027)$$

$$LS = (22.36) (0.0152)$$

$$LS = 0.34$$

b).4. Finalmente calculamos la **Erosión Potencial** como:

$$Ep = R * K * LS$$

$$E = (9,645.35) (0.021) (0.34)$$

$$E = 68.74 \text{ t/ha/año}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 68.74 t/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo con la eliminación de la vegetación, pero sin medidas preventivas, de mitigación o de conservación de suelos; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 6.87 mm (0.69 cm), si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Entonces tenemos que si la capa de suelo que se estima existe en la superficie de CUSTF, es de 17.5 cm (menor a 25 cm para las rendzinas como suelo primario y menor a 10 cm para los litosoles como suelo secundario, INEGI)⁴³, entonces, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 25.36 años, si consideramos que se estima una pérdida de 0.69 cm anuales (según los

⁴³ <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>

resultados obtenidos del cálculo de erosión potencial), lo cual se considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee suelos susceptibles a la erosión. Estas cifras también nos permiten anticipar que la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación que se pretenden ejecutar para la protección de los suelos, permitiría suprimir la pérdida de los 0.69 cm anuales que se estima como pérdida de erosión potencial, pues dichas medidas se aplicarán en forma casi inmediata, lo que impediría que transcurra un ciclo anual de erosión del suelo.

c) Factor de protección de la vegetación “C”.

El factor de protección C se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con cubierta vegetal y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad, y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo, el valor de C se reduce, y puede alcanzar valores similares a 0 por ejemplo cuando existe una selva con una cobertura vegetal alta.

Los valores de C que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en el siguiente cuadro:

TABLA DE VALORES DE C			
CONCEPTO	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD		
	ALTO	MODERADO	BAJO
Cultivo			
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48	-	-
Soya después de maíz con rastrojo	0.18	-	-
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	-
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	-
Maíz - sorgo, Mijo	0.4 a 0.9	-	-
Arroz	0.1 a 0.2	-	-
Algodón, tabaco	0.5 a 0.7	-	-
Cacahuete	0.4 a 0.8	-	-
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3	-	-
Piña	0.1 a 0.3	-	-

TABLA DE VALORES DE C			
CONCEPTO	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD		
	ALTO	MODERADO	BAJO
Bosques área cubierta del 100 al 75%	0,003 – 0.011	-	-
Bosques área cubierta del 75 al 45 %	0.010 – 0.040	-	-
Bosques área cubierta del 25 al 45% con residuos	0.41	-	-
Bosques área cubierta del 25 al 45% sin residuos	0.84	-	-

Para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno existe un bosque natural cubierto 100 al 75 %, de acuerdo con lo descrito en el apartado 6.1 del presente estudio, entonces el valor de C que se está tomando en cuenta es el de 0.011, por lo cual la fórmula sería:

$$E=R*K*LS*C$$

$$E = (9,645.35) (0.021) (0.34) (0.011)$$

$$E = 2.23 \text{ t/ha año}$$

d) Conclusiones finales

El valor del factor de erosión estimado, con el factor de cobertura C, es de 2.23 toneladas/ha/año mismo que se encuentra por debajo de la media permisible que es de 10 t/ha/año, considerado como el valor el máximo para México. Por consiguiente, la erosión estimada considerando el desarrollo del proyecto, será escasamente significativa y por lo tanto el proyecto es factible, ya que no se está sobrepasando el límite establecido.

Aunado a lo anterior, es importante considerar que la regeneración natural de un ecosistema de Selva mediana subperennifolia a nivel del sotobosque, generalmente ocurre en un plazo estimado de 1 a 2 años; lo cual resulta relevante toda vez que se trata de la primera capa cobertora a favor de la protección de los suelos; entonces se considera corto el tiempo que transcurriría para que se restablezca nuevamente el factor de protección del suelo que ha sido eliminado hipotéticamente, es decir, la cobertura vegetal; y en consecuencia, no se alcanzaría el plazo de los 25.36 años que se requieren para que se erosione por completo la capa de tierra que se estima, existe en la superficie de CUSTF.

En sentido de lo anterior, tenemos que el proyecto de acuerdo con su naturaleza, no provocará la erosión de los suelos.

Cabe señalar que la degradación de suelos se reconocen dos procesos: 1) el que implica el desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica y la eólica y 2) el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo, tal como la degradación química y la biológica (física) y sus características son las siguientes:

Erosión Hídrica: Es el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial.

Erosión eólica: Corresponde a la provocada por el viento.

Erosión Química: Está muy asociada a la intensificación de la agricultura, ésta se debe a la reducción de su fertilidad por pérdida de nutrientes.

Erosión Física: Se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua, esto ocurre cuando el suelo se compacta, se endurece o es recubierto.

De acuerdo a los planos elaborados por la SEMARNAT y el Colegio de posgraduados (2003), para el estado de Quintana Roo la degradación de los suelos por causas hídricas o eólicas corresponde a cero, es decir, no existe erosión.

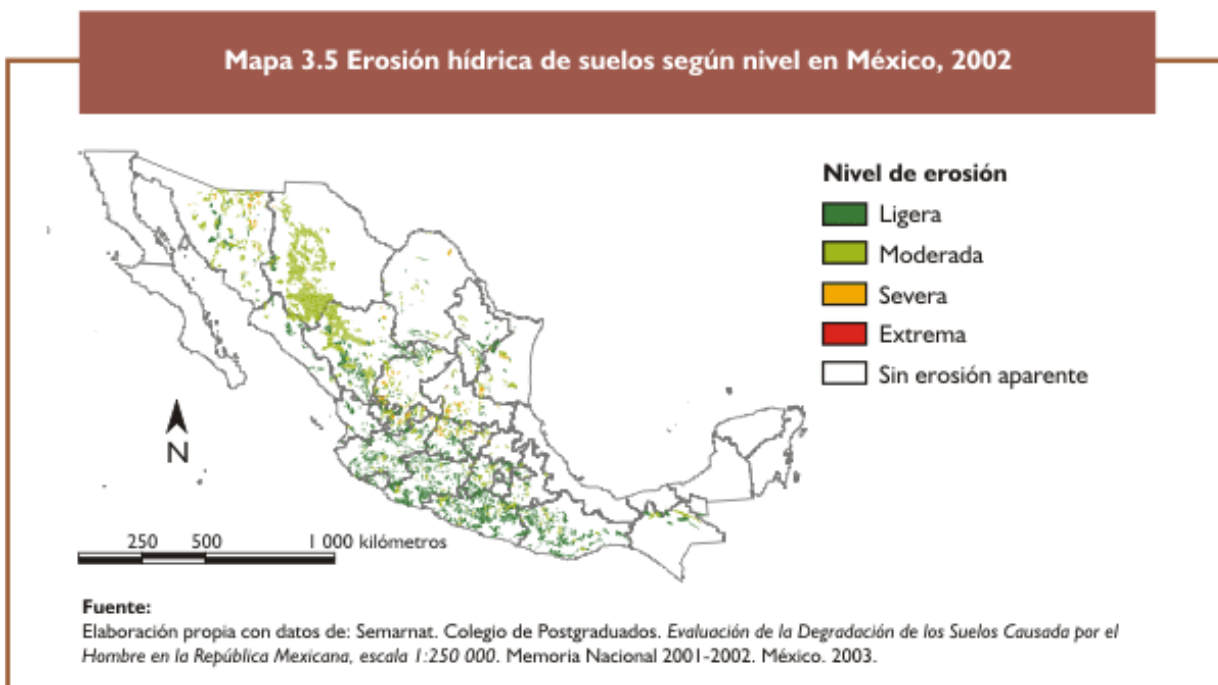


Imagen de los Niveles de erosión hídrica en México

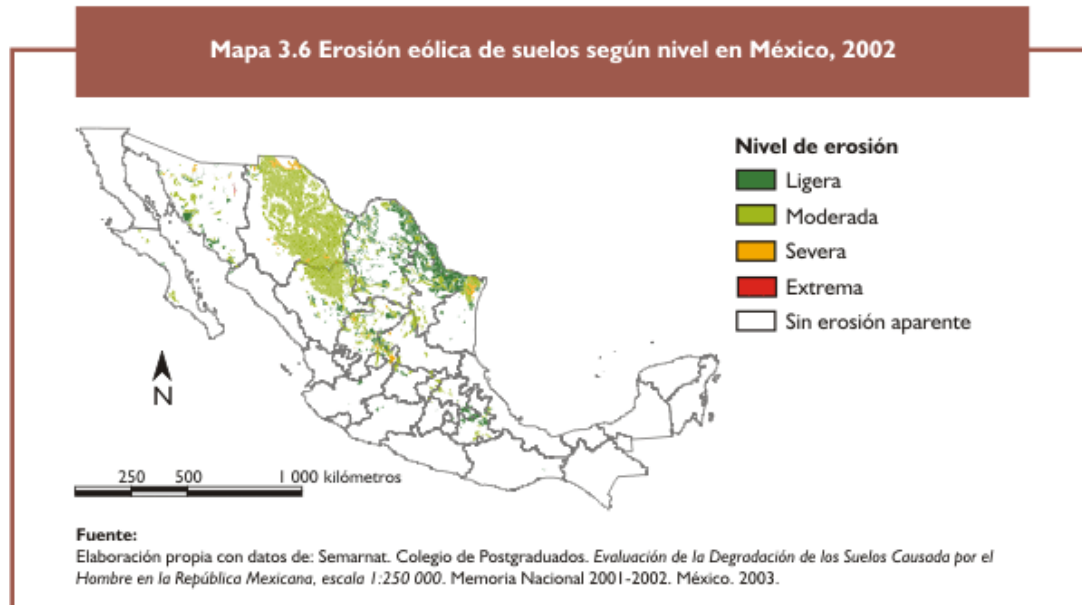


Imagen de los Niveles de erosión eólica en México

Así mismo se observa que la degradación química en la península de Yucatán, se da en el estado de Yucatán y en el estado de Quintana Roo solo en las zonas agropecuarias de la parte centro sur del estado, no así en la parte Norte que es donde se ubica el predio del proyecto.

José Ibáñez (2006), establecen que la degradación física de los suelos viene propiciada por la pérdida de materia orgánica y/o el efecto del tránsito de la maquinaria pesada, y/o por eliminar la cobertura vegetal y permitir que el suelo quede desnudo frente al impacto de las gotas de lluvia. Obviamente la acción conjugada de los tres procesos genera que se refuercen unos a otros, afectando negativamente sus propiedades hidrológicas (disminución de la infiltración del agua en el suelo y promoviendo la escorrentía superficial), y como corolario favoreciendo los procesos de erosión.

Los efectos se acentúan cuando la estructura de los agregados del suelo es deficiente, por la ausencia de materia orgánica y/o por padecer de una textura descompensada (suelos muy arcillosos, pero especialmente en los que poseen sobreabundancia de limos). La estabilidad de los agregados y su resiliencia frente al impacto de las gotas de lluvia, resulta ser pues una propiedad de suma importancia.

7.1.3. No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

a) En cantidad

a).1. Cantidad de agua captada en la superficie de cambio de uso de suelo

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$
$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).
 Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).
 Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, considerando que el predio se ubica dentro de una zona con posibilidades altas de funcionar como acuífero (según la carta de hidrología subterránea del INEGI), entonces asumimos que los suelos son tipo A (suelos permeables).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,100 mm y el valor de **K** es de 0.17, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona donde los suelos son de tipo A; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 82.48 m³/ha (cobertura del 25-50%), como se indica en el siguiente cuadro.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$Ce = (0.17) (1,100 - 250) / 2000 + (0.17-0.15) / 1.5$$

$$Ce = (0.17) (850 / 2000) + (0.02 / 1.5)$$

$$Ce = (0.17) (0.425 + 0.0133)$$

$$Ce = (0.17) (0.4383)$$

$$Ce = 0.0745$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal del 25-50%, es decir, sin el proyecto, es de 0.075.

Luego entonces, para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Ve = P * At * Ce$$

Donde:

Ve = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,100 litros equivalen a 1.1 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1.1 \text{ m}^3 * 44,116.69 \text{ m}^2 * 0.075$$

$$Ve = 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - Ve$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.1 \text{ m}^3) (44,116.69 \text{ m}^2) - 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$I = 48,528.36 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 3,639.63 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$I = 44,888.73 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 44,888.73 m³/m², y se pierden 3,639.63 m³/m anuales por escurrimiento.

a).2. Cantidad de agua captada en el sistema ambiental

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, el cual posee una precipitación media anual de 1,100 mm, se consideraron los datos presentados en las fichas técnicas de las UGAS 21 y 23 del POEL de Benito Juárez (modificación 2014), definidas como el sistema ambiental del proyecto, las cuales indican que dichas UGAS poseen una superficie total de 34,975.23 hectáreas; y una cobertura vegetal actual de 19,783.86 hectáreas (56.57% del total); por lo tanto se trata de un sistema con 50-75% de cobertura. En ese sentido el valor de **K** es de 0.12, considerando que el predio testigo se ubica en una zona donde los suelos son permeables (según la carta de hidrología subterránea del INEGI).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ (ya que el valor de K es menor a 0.15)}$$

$$C_e = (0.12) (1,100 - 500) / 200$$

$$C_e = (0.12) (600 / 200)$$

$$C_e = (0.12) (3)$$

$$C_e = (0.36)$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en el sistema ambiental es de 0.36.

Una vez calculado el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, conforme a lo siguiente

Volumen de escurrimiento anual:

$$V_e = P * A_t \text{ (superficie del SA con cobertura vegetal)} * C_e$$

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.1 \text{ m}^3 * 197'838,600 \text{ m}^2 * 0.36$$

$$V_e = 78'344,085.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Volumen de infiltración anual: $I = P - V_e$

$$I = P - V_e$$

$$I = (1.1 \text{ m}^3) (197'838,600 \text{ m}^2) - 78'344,085.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 257'190,180 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 41'150,428.8 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 217'622,460 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del sistema ambiental, se capta un volumen de 217'622,460 m³/m² anuales, y se pierden 78'344,085.6 m³/m² anuales por escurrimiento.

a).3. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (44,888.73 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (217'622,460 m³/m²), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo

propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.02% de la captación total que ocurre en el sistema ambiental. Y si a esto le sumamos que el predio concesionado al Aeropuerto, conserva el 70% de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el SA, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad, es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

b) Provisión de agua en calidad

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.
- **Medida 2.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 20 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.
- **Medida 3.** Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.
- Las aguas residuales producidas en la etapa operativa, serán conducidas a las plantas de tratamiento de aguas residuales con las que cuenta actualmente el Aeropuerto.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo 8, se se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente

contaminantes para el acuífero; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

7.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En este apartado se demuestra que los usos alternativos del suelo que se proponen, son más productivos a largo plazo, que si se mantuviera el predio en sus condiciones originales.

De acuerdo con la información presentada en el capítulo 2 del presente estudio, la estimación del valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$2'274,597.15** (son dos millones, doscientos setenta y cuatro mil, quinientos noventa y siete pesos 15/100 M. N.) por un plazo de 30 años equivalente al tiempo de vida útil del proyecto.

Por otra parte, el monto de la inversión programada para la ejecución del proyecto incluyendo todas sus etapas es de **\$16'636,480.00** (son dieciséis millones, seiscientos treinta y seis mil, cuatrocientos ochenta de pesos 00/100 M.N.); los cuales permearan a distintos sectores de la sociedad, desde el gobierno Municipal, Estatal y Federal, hasta comercios locales y especializados, así como a la gente de la localidad a través de la contratación de mano de obra.

Considerando las cifras señaladas anteriormente, tenemos que el beneficio económico que generará el proyecto es superior al valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de CUSTF, ya que éste último tan sólo representa el 13.67% de la inversión total del proyecto; por lo tanto, se concluye categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto será más productivo a largo plazo (a un plazo estimado de 30 años), que si se mantuviera en sus condiciones originales el terreno forestal en estudio.

7.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El Aeropuerto Internacional de Cancún es el segundo en tamaño, y el que más tráfico internacional recibe en México. Recibió en 2004 a más de 10 millones de personas, en 2005 a 9 millones, en 2011 a 13 millones de personas y en 2013 atrajo a más de 15 millones de personas siendo el más transitado del Estado y el más importante para el grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR). Es la segunda mayor terminal aérea del país después del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en términos de número

de pasajeros y operaciones de aeronaves manejados. Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR) fue el primer grupo aeroportuario con participación de capital privado en México. Entre otras de las cosas más destacables del aeropuerto de Cancún es la recientemente creada terminal 3 con un diseño de clase mundial y con excelente servicio a los viajeros, esta terminal fue construida pensando en el ahorro de energía, esta terminal es junto con el aeropuerto de Guadalajara de los escasos lugares en México en donde un avión Airbus 380 puede aterrizar si es necesario, aunque la infraestructura aeroportuaria y de la ciudad no tendría capacidad todavía de recibir eficientemente a todos los viajeros de un avión así de una sola vez, asimismo, la nueva pista del Aeropuerto Internacional de Cancún fue creada inteligentemente de manera de aprovechar y maximizar la eficacia del aeropuerto que se espera siga aumentando su número de visitantes, la nueva pista cruza en un punto sobre la carretera que lleva de la ciudad de Cancún hacia el Aeropuerto de modo que es posible ver cruzar aviones en este puente especial por encima de la carretera al aeropuerto. El 27 de noviembre de 2013, el aeropuerto internacional de Cancún (CUN) se convierte en el primer aeropuerto mexicano en recibir al Airbus-A380, el avión de pasajeros más grande del mundo en el marco de la celebración de los 80 años de Air France y los 15 de ASUR.

El Aeropuerto Internacional de Cancún es la principal puerta de entrada al destino turístico más visitado de México. Cancún ha gozado de un acelerado crecimiento en las últimas dos décadas, como consecuencia de la decisión tomada por el gobierno de México de promover esta región como un destino turístico integralmente planeado.

Es el segundo aeropuerto más transitado de México, sólo después del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México en Ciudad de México, pero el más importante en México y Latinoamérica por pasajeros internacionales. En 2013, el aeropuerto manejó casi 16 millones de pasajeros, un incremento superior al 10% comparado con 2012.

El Aeropuerto presta servicio a una región con una población de más de 1'000,000 de habitantes. Cancún está en el estado de Quintana Roo, y es el destino más solicitado de México, Estados Unidos y Canadá principalmente. En 2009 fue el destino turístico más visitado por los estadounidenses, más aún que ciudades turísticas tradicionales como Londres o París.

El aeropuerto se ha remodelado y expandido para convertirse en el 2° aeropuerto con mayor tráfico del país y el que atiende a más pasajeros internacionales en el país. Cuenta con dos pistas de aterrizaje operativas a más de 1,500 m de separación lo que permite que se usen de manera simultánea y tres terminales comerciales. La Terminal 1 es usada por Vuelos chárter procedentes de América del Norte, incluyendo a las aerolíneas chárter

locales. La Terminal 2 es usada por algunas aerolíneas internacionales, así como por todas las aerolíneas nacionales y la nueva Terminal 3 se encarga de la mayoría de las operaciones internacionales de aerolíneas de América del Norte y Europa.

De acuerdo con el Plan Maestro de Desarrollo 2014-2018 del Aeropuerto de Cancún, así como resultado de un incremento del 10.66% de pasajeros en el Aeropuerto de Cancún (ASUR, 2013), se requiere del diseño ejecutivo para construir la Terminal 4, para satisfacer las actuales demandas de las operaciones del Aeropuerto.

Por el continuo aumento en las operaciones que se realizan en el aeropuerto de Cancún, se requiere un mayor número de autos en renta, esto nos lleva a tener una mayor demanda para este servicio y por ende una baja capacidad para cubrirla.

Basados en estos requerimientos, el Aeropuerto Internacional de Cancún ha adoptado la medida de incrementar la superficie de las arrendadoras de autos a fin de brindar los servicios de primer nivel que requieren sus usuarios.

Por último, no hay que dejar de mencionar la alta oferta de empleo que generará el proyecto, puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán un total de 137 empleos, de los cuales 74 serán permanentes y 63 temporales. Así mismo, 8 empleos se producirán en la etapa de preparación del sitio, 51 en la etapa constructiva y 74 en la etapa operativa.

Estas cifras permiten asumir, que el proyecto tendrá un alto impacto social, puesto que generará ingresos económicos para los trabajadores de la localidad que se dedican a la rama de la construcción y aeroportuaria, a través de la oferta de empleo que se estima generar.

CAPÍTULO 8: MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

8.1. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 5 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la biodiversidad son los siguientes:

- Perturbación del hábitat
- Reducción de la cobertura vegetal
- Reducción y pérdida del hábitat

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida de la biodiversidad, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos ambientales sobre dicho componente a fin de no ponerlo en riesgo.

8.1.1. Rescate de fauna silvestre

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar la pérdida de las micropoblaciones de los diferentes grupos faunísticos asociados al ecosistema que subsiste en el la superficie de aprovechamiento. Con esta acción se suprime la reducción y pérdida del hábitat, pues lo ejemplares rescatados serán reubicados a un sitio que posee las mismas características que el ecosistema que será afectado con el CUSTF.

Etapas de aplicación: De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Consiste en la ejecución de un programa de rescate enfocado a la protección de la fauna silvestre (se anexa a este capítulo), por lo tanto, en él se contemplarán acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies encontradas en cada uno de los procesos que implica el cambio de uso de suelo; además, también contempla el uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado de individuos que así lo requieran. Su ejecución consiste en la aplicación de diferentes técnicas y métodos de rescate, aplicados a un grupo faunístico

en particular, para evitar que el cambio de uso de suelo afecte en forma directa a la fauna asociada al predio. En todas las etapas del proyecto se prohibirá cualquier tipo de aprovechamiento o afectación a la fauna silvestre y se evitará el sacrificio de la fauna que quede expuesta durante los trabajos de construcción y/u operación.

Acción de la medida: Se rescatarán todos y cada uno de los ejemplares de fauna silvestre que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento y cuya integridad se encuentre en riesgo durante el cambio de uso de suelo, poniendo particular énfasis en las especies de lento desplazamiento. Posteriormente, las especies rescatadas serán reubicadas de acuerdo con lo propuesto en el programa anexo correspondiente.

Eficacia de la medida: El rescate de fauna es una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la fauna durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.

8.1.2. Rescate de flora silvestre

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Reducir la pérdida de las micropoblaciones de flora silvestre nativa que subsiste en el predio del proyecto. Con esta acción se reduce el impacto por la reducción de la cobertura vegetal, pues los ejemplares rescatados serán reubicados a un sitio que posee las mismas características que el ecosistema que será afectado con el CUSTF.

Etapas de aplicación: De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Consiste en la extracción, previo al inicio del desmonte, de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterios como son: capacidad de ornato, alimento potencial para la fauna, talla y estado de madurez, etc.; aplicando diferentes técnicas y métodos de rescate, para evitar que el proceso de cambio de uso de suelo, afecte en forma directa a la flora asociada al predio. El programa se encuentra anexo al final del presente capítulo.

Acción de la medida: Se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de sobrevivir al trasplante y reubicación, y que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento, poniendo particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Eficacia de la medida: El rescate de flora en una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la vegetación durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.

8.1.3. Instalación de letreros

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las áreas de aprovechamiento proyectadas; así como la contaminación del medio por manejo inadecuado de residuos.

Etapas de aplicación: De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Esta medida de carácter preventivo, consiste en la instalación de letreros alusivos a la protección de la flora y la fauna silvestre, así como al manejo adecuado de residuos, dirigidos al personal involucrado en el desarrollo del cambio de uso de suelo, a fin de evitar que sean un factor de perturbación o afectación a dichos recursos.

Acción de la medida: Se instalarán letreros alusivos a la protección de la flora y fauna; así como al manejo adecuado de residuos. Los letreros se colocarán estratégicamente para que puedan ser visualizados por cualquier persona y estarán dirigidos al personal responsable de llevar a cabo los trabajos implicados en el cambio de uso de suelo. Entre las leyendas principales que serán rotuladas en los letreros se citan las siguientes:

- Prohibido el paso.
- No alimentar, cazar o capturar fauna silvestre.
- No extraer flora silvestre.
- Respetar las áreas con vegetación que no están siendo intervenidas.

- Respetar la flora y la fauna.
- Depositar la basura en los contenedores.
- Prohibido tirar basura.
- Separa la basura usando los contenedores.

Eficacia de la medida: Constituyéndose como un medio de difusión de las acciones de conservación de la flora y la fauna que propone el proyecto; así como de las acciones para el manejo adecuado de los residuos; su sola instalación no resulta eficaz al 100%, ya que sólo implica la difusión de algún tipo de información, dirigida a un sector o público en específico, por lo que requiere ser reforzada con las pláticas ambientales para advertir su cumplimiento; y con los trabajos de supervisión por parte del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso del suelo.

8.1.4. Colocación de cinta precautoria

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Delimitar las áreas que no serán aprovechadas con el cambio de uso de suelo, a fin de evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las mismas. Con esta medida se suprime el impacto por la perturbación del hábitat.

Etapas de aplicación: De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, constituyéndose como un medio para suprimir el impacto por la perturbación del hábitat.

Descripción de la medida: Considerando que el cambio de uso de suelo, se realizará en forma gradual y por etapas, se procederá a la colocación de cinta precautoria con la leyenda "Prohibido el paso" en el perímetro de las zonas que no estén siendo intervenidas durante el desmonte y despalme, con la finalidad de que sean respetadas hasta el momento de su aprovechamiento.

Acción de la medida: Promover y hacer obligatorio el respeto, protección y conservación de la flora y la fauna dentro de las áreas que no serán aprovechadas; y establecer los límites de las áreas de aprovechamiento para que el desmonte no afecte superficies adicionales a las que en su momento autorice la SEMARNAT.

Eficacia de la medida: La eficacia de la medida depende del grado de disciplina y conciencia ambiental que tenga el personal al momento de llevar a cabo sus actividades; por lo que esta medida será reforzada con pláticas ambientales dirigidos al todo el personal que labore dentro del proyecto y con la permanencia de la cinta hasta finalizar el cambio de uso de suelo.

8.1.5. Instalación de tapiales

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Está enfocada a evitar afectaciones directas a la flora y la fauna fuera de la zona de aprovechamiento.

Etapas de aplicación: Durante los trabajos de delimitación de la zona de aprovechamiento.

Descripción de la medida: Consiste en la instalación temporal de un conjunto de paneles de madera en forma perimetral a la zona de aprovechamiento, conocidos en la industria de la construcción como “tapias de protección”.

Acción de la medida: estos paneles funcionarán como una barrera perimetral que impedirá que los residuos sólidos que se generen durante la construcción de la obra, así como los sedimentos en suspensión, sean dispersados fuera de la zona donde se realizarán los trabajos; conteniéndolos dentro de la zona de aprovechamiento, lo cual facilitará su manejo y posterior retiro. También impedirá que los trabajadores se introduzcan dentro de las áreas que no estén siendo intervenidas, evitando que se afecten los recursos naturales presentes en las mismas.

Eficacia de la medida: La colocación de tapias de protección, se ha destacado como una de las medidas más efectivas para contener y evitar la dispersión de residuos durante los trabajos constructivos; por lo tanto, se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida preventiva.

8.1.6. Áreas verdes ajardinadas

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Crear espacios adecuados para la reubicación de las plantas rescatadas; así como espacios verdes que sirvan de refugio para la fauna silvestre.

Etapa de aplicación: Al término de la etapa constructiva.

Descripción de la medida: Consiste en la creación de espacios ajardinados en el 40% de la superficie total de aprovechamiento.

Acción de la medida: Los espacios ajardinados servirán de refugio para la flora y fauna silvestre presente en la superficie de cambios de uso de suelo, reduciendo el impacto del proyecto por la pérdida del hábitat y la reducción de la cobertura vegetal.

Eficacia de la medida: La creación de espacios verdes ajardinados, son importantes como parte integral de cualquier proyecto, pues además que realza el paisaje, provee de espacios adecuados para el refugio de la fauna silvestre, además que permiten albergar especies de flora nativa, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

8.2. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 5 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la protección de los suelos son los siguientes:

- Reducción de la cobertura vegetal.
- Pérdida del suelo.
- Suspensión de sedimentos.
- Contaminación del medio.
- Sellado del suelo.

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida del recurso, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos ambientales sobre dicho componente a fin de no ponerlo en riesgo.

8.2.1. Humedecimiento de las áreas de aprovechamiento

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar que las partículas de polvo o aquellas que resulten del desmonte, sean dispersadas por el viento y afecten al suelo por erosión eólica. Con esta medida se suprime la erosión del suelo.

Etapas de aplicación: Durante el desmonte y despalme.

Descripción de la medida: Consiste en el humedecimiento de las zonas que serán desmontadas y despalmadas, con la finalidad de evitar la suspensión de sedimentos o partículas, y en su caso, la erosión del suelo por acción eólica.

Acción de la medida: Evitará que la acción del viento suspenda sedimentos y partículas del suelo durante las distintas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo.

Eficacia de la medida: El humedecimiento de las zonas de trabajo, son prácticas comunes dentro de la industria de la construcción, ya que se ha probado su máxima efectividad para evitar la suspensión de sedimentos, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

8.2.2. Rescate de la capa fértil del suelo

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Evitar que el proyecto ocasione la pérdida de la capa fértil del suelo (sustrato con materia orgánica). Con esta medida se reduce el efecto del impacto por la pérdida del suelo.

Etapas de aplicación: Durante el despalme.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en el retiro de la capa de suelo fértil (sustrato con materia orgánica) durante el despalme; y su posterior resguardo dentro del vivero provisional.

Acción de la medida: La capa de suelo fértil (tierra vegetal), proporcionará un sustrato rico en nutrientes que beneficiará a la vegetación que aún se conserve en estado natural dentro del predio concesionado y de aquella que será rescatada, favoreciendo también el proceso de regeneración natural del ecosistema.

Eficacia de la medida: La cantidad de materia orgánica en una comunidad vegetal, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material dentro del mismo sitio, se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, al enriquecer las áreas que se mantendrán con vegetación nativa, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida.

8.2.3. Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada durante la ejecución del cambio de uso de suelo, suprimiendo de esta manera, el impacto al suelo por contaminación del medio.

Etapas de aplicación: Durante el desmonte y despalle.

Descripción de la medida: Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, llevado a cabo en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales.

Acción de la medida: Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales.

Eficacia de la medida: Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad.

8.2.4. Plan de manejo de residuos

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar la contaminación del suelo durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera el impacto a dicho recurso por contaminación.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en la aplicación de un Plan de manejo de residuos, el cual se anexa al final del presente capítulo.

Acción de la medida: Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para realizar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo.

Eficacia de la medida: El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos que se generen, acorde al Plan de manejo propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado.

8.2.5. Aprovechamiento del material triturado

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Aprovechar el material vegetal producto del desmonte, para la elaboración de composta que reducirá el efecto de los impactos relacionados con la pérdida y sellado del suelo.

Etapas de aplicación: Durante la operación del proyecto.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en el uso del material vegetal triturado producto del desmonte, para ser utilizado en la elaboración de composta, obteniendo un sustrato rico en nutrientes que será utilizado para el enriquecimiento de las áreas verdes del proyecto.

Acción de la medida: La composta que se formará con el material vegetal triturado, será suficiente para proveer de un sustrato orgánico rico en nutrientes para el mantenimiento de las áreas verdes del proyecto.

Eficacia de la medida: La cantidad de materia orgánica en una selva, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material en forma de

composta, se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida.

8.2.6. Equipo de atención a derrames

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Estará enfocada a la remediación por derrames accidentales de sustancias potencialmente contaminantes al medio, que pudieran ocurrir durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto. Está enfocada a evitar que el impacto ambiental identificado como contaminación del medio se manifieste.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas del proyecto.

Descripción de la medida: Para atender la necesidad de controlar algún derrame accidental que pudiera ocasionar la contaminación del medio, se contará con material y equipo especializado tipo barrera absorbente, para retirar las sustancias vertidas. Dada la particular característica de estos productos, que absorben líquidos no polares, están especialmente diseñados para el control de derrames. El equipo estará disponible durante todas etapas del proyecto.

Acción de la medida: En caso de que ocurra algún derrame accidental durante la construcción de la obra, se seguirá un plan de acción (descrito en el plan de manejo de residuos) utilizando productos de la marca Crunch Oil® o similar, específicamente el Loose Fiber® o similar.

El Loose Fiber está confeccionado con fibras orgánicas naturales Biodegradables que actúan sobre cualquier tipo de Hidrocarburo o aceite vegetal. Es una nueva forma de contener los hidrocarburos, 100% natural y orgánico. Producto biodegradable no tóxico e inerte que tiene la capacidad de absorber y encapsular todo tipo de hidrocarburos y aceites derramados (cualquiera sea su volumen) mucho más rápido que la mayoría de los productos que existen hoy en el mercado, tanto sea sobre superficies de tierra o agua. Después de absorber y de encapsular, tiene la capacidad de biodegradar los hidrocarburos mediante un proceso con bacterias, luego de un período de tiempo que dependerá del hidrocarburo absorbido.

Eficacia de la medida: Siguiendo el plan de acción ante la ocurrencia de un derrame de sustancias líquidas, descrito en el plan de manejo de residuos, se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida.

8.2.7. Áreas verdes ajardinadas

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Crear espacios adecuados para la el desarrollo de vegetación nativas, lo que a su vez permite la conservación y protección del recurso suelo.

Etapas de aplicación: Al término de la etapa constructiva.

Descripción de la medida: Consiste en la creación de espacios ajardinados en el 40% de la superficie total de aprovechamiento.

Acción de la medida: Los espacios ajardinados servirán como zona de conservación y protección de los suelos, toda vez que la cobertura vegetal es el principal elemento que impide que la acción del viento y de la lluvia, actúen como factores erosivos.

Eficacia de la medida: La creación de espacios verdes ajardinados, son importantes como parte integral de cualquier proyecto, pues además que realza el paisaje, provee de espacios adecuados para la protección y conservación del suelo, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

8.3. MEDIDAS EN BENEFICIO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA EN CANTIDAD Y CALIDAD

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 5 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la captación del agua en calidad y cantidad, son los siguientes:

- Reducción de la cobertura vegetal
- Contaminación del medio
- Reducción de la superficie permeables
- Sellado del suelo

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la afectación a la captación de agua en calidad, y en su caso, medidas de mitigación para minimizar la reducción en la captación del agua en cantidad.

8.3.1. Áreas permeables

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Garantizar como mínimo el 40% de la superficie del predio concesionado al aeropuerto como área permeable, a fin de favorecer la captación de agua al subsuelo. Con esta medida se reduce la afectación a la captación de agua en cantidad derivado de la reducción de la cobertura vegetal del predio.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en garantizar la conservación del 40% del predio concesionado al aeropuerto como área permeable.

Acción de la medida: La superficie destinada como área permeable (40%), permitirá la captación de agua hacia el subsuelo alimentando los mantos acuíferos, lo que beneficia la captación de agua en calidad, máxime si consideramos que la zona en la que se ubica el predio se clasifica como material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero.

Eficacia de la medida: Las áreas permeables que propone el proyecto, serán respetadas como tales, incluso durante la operación del proyecto, por lo que se garantiza que el 40% del predio será permeable.

8.3.2. Instalación de sanitarios móviles

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema.

Etapas de aplicación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Descripción de la medida: Previo a cualquier actividad implicada en el cambio de uso de suelo, se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 15 trabajadores.

Acción de la medida: Evitará la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de aguas residuales al medio. Con la medida se evitará que dichos residuos penetren al subsuelo y alcancen el acuífero; por lo que se evitará el deterioro de la calidad del agua pluvial que será captada.

Eficacia de la medida: El uso de sanitarios móviles dentro de las obras, es una práctica común en el desarrollo de cualquier proyecto, y el uso adecuado de los mismos permite alcanzar el 100% de efectividad de la medida; sin embargo, ello depende del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, por lo que será reforzada con capacitación a través de pláticas ambientales y reglamentos que indiquen la restricción y sanciones de quienes incumplan con la medida aquí citada.

8.3.3. Instalación de contenedores para residuos

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Se instalarán contenedores debidamente rotulados para el acopio de basura para cada tipo de residuo que se genere (residuos orgánicos, inorgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo con su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables.

Acción de la medida: Los contenedores servirán de reservorios temporales para la basura (residuos sólidos) que se genere durante las distintas etapas del proyecto, y dado el grado de hermeticidad que tendrán, impedirán que dichos residuos sean dispersados por el viento y otros factores, evitando también que sean arrojados directamente al medio, impidiendo que se conviertan en residuos potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo.

Eficacia de la medida: El grado de eficacia de la medida depende de la cultura ambiental que tengan los trabajadores que serán contratados; ya que será necesario que los obreros hagan un uso adecuado de los contenedores, para que estos puedan cumplir su

función como reservorios temporales de residuos; por lo que esta medida requiere de otras adicionales como la capacitación constante en materia de manejo de residuos, así como el establecimiento de un reglamento de obra que incluya puntos específicos sobre el manejo de residuos generados, sin dejar de fuera las sanciones a que se harán acreedores los que lo incumplan; lo anterior a efecto de poder alcanzar el 100% de éxito en su aplicación.

8.3.4. Plan de manejo de residuos

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar la contaminación del suelo durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera el impacto a dicho recurso por contaminación.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en la aplicación de un Plan de manejo de residuos, el cual se anexa al final del presente capítulo.

Acción de la medida: Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo.

Eficacia de la medida: El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos que se generen, acorde al Plan de manejo propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado.

8.3.5. Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada durante la ejecución del cambio de uso de suelo, suprimiendo de esta manera, el impacto por contaminación del medio para no comprometer la calidad del agua que es captada en el sistema.

Etapas de aplicación: Durante el desmonte y despalme.

Descripción de la medida: Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, llevado a cabo en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales.

Acción de la medida: Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales.

Eficacia de la medida: Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad.

8.3.6. Equipo de atención a derrames

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Estará enfocada a la remediación por derrames accidentales de sustancias potencialmente contaminantes al medio, que pudieran ocurrir durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto. Está enfocada a evitar que el impacto ambiental identificado como contaminación del medio se manifieste.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas del proyecto.

Descripción de la medida: Para atender la necesidad de controlar algún derrame accidental que pudiera ocasionar la contaminación del suelo que pueda filtrarse al subsuelo y contaminar el acuífero, se contará con material y equipo especializado tipo barrera absorbente, para retirar las sustancias vertidas. Dada la particular característica de estos productos, que absorben líquidos no polares, están especialmente diseñados para el control de derrames. El equipo estará disponible durante todas etapas del proyecto.

Acción de la medida: En caso de que ocurra algún derrame accidental durante la construcción de la obra, se seguirá un plan de acción (descrito en el plan de manejo de residuos) utilizando productos de la marca Crunch Oil® o similar, específicamente el Loose Fiber® o similar.

El Loose Fiber está confeccionado con fibras orgánicas naturales Biodegradables que actúan sobre cualquier tipo de Hidrocarburo o aceite vegetal. Es una nueva forma de contener los hidrocarburos, 100% natural y orgánico. Producto biodegradable no tóxico e inerte que tiene la capacidad de absorber y encapsular todo tipo de hidrocarburos y aceites derramados (cualquiera sea su volumen) mucho más rápido que la mayoría de los productos que existen hoy en el mercado, tanto sea sobre superficies de tierra o agua. Después de absorber y de encapsular, tiene la capacidad de biodegradar los hidrocarburos mediante un proceso con bacterias, luego de un período de tiempo que dependerá del hidrocarburo absorbido.

8.4. MEDIDAS PARA NO PONER EN RIESGO LOS SERVICIOS AMBIENTALES

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 5 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre los servicios ambientales que presta el ecosistema, son los siguientes:

- Reducción de la cobertura vegetal
- Reducción y pérdida del hábitat
- Pérdida del suelo
- Sellado del suelo
- Reducción de la superficie permeable
- Reducción de la calidad visual del paisaje
- Contaminación del medio
- Reducción de los servicios ambientales

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida de los servicios ambientales, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos sobre dichos recursos a fin de no ponerlos en riesgo.

8.4.1. Desmote gradual

Tipo de medida: Mitigación

Objetivo de la medida: Reducir la magnitud de los impactos sobre la protección de los suelos y la protección de la biodiversidad.

Etapas de aplicación: Durante el desmote.

Descripción de la medida: Esta medida es de carácter mitigante, y consiste en realizar el desmote de manera paulatina para evitar que la acción del viento o de la lluvia afecte las zonas de aprovechamiento y en su caso, origine la erosión del suelo; así como evitar la pérdida de especies de flora y fauna debido a un avance descontrolado del desmote.

Acción de la medida: Consiste en la remoción de la vegetación de tal manera que se brinde el tiempo necesario para que la acción del viento y de la lluvia no afecte las zonas de aprovechamiento, mientras se aplican las medidas de conservación de suelos; así como el tiempo necesario para llevar a cabo las acciones de rescate de flora y fauna que se proponen en el presente estudio.

Eficacia de la medida: El desmote gradual de la vegetación permite que no queden expuestas a las condiciones del medio (viento o lluvia), grandes extensiones de terreno, lo que en su caso podría ocasionar la erosión del suelo. Así mismo, permite llevar a cabo todas las acciones en los tiempos previstos, incluyendo el rescate de la flora y la fauna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida.

8.4.2. Pláticas ambientales

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad.

Etapas de aplicación: Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas a todas y cada una de las personas que estén directamente relacionadas con el proyecto en sus diferentes etapas. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal, hacer del conocimiento al personal involucrado en el cambio de uso de suelo, los términos y condiciones bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento. De igual forma las pláticas ambientales serán indispensables en la aplicación del programa integral de manejo de residuos.

Acción de la medida: La ejecución de las pláticas ambientales se llevará a cabo en una sola fase que consistirá en una plática ambiental dirigida al personal involucrado en el cambio de uso de suelo; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como en los diferentes programas que lo complementan.

Eficacia de la medida: El grado de eficacia de la medida depende de la calidad de las pláticas ambientales, el grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado. Esta medida refuerza la colocación y uso de letreros, contenedores de residuos, sanitarios móviles y programas diversos.

8.4.3. Supervisión del cambio de uso de suelo

Tipo de medida: Preventiva

Objetivo de la medida: Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad, así como aquellos que comprometan la captación de agua en calidad y cantidad.

Etapas de aplicación: Durante todas las etapas implicadas en el cambio de uso de suelo.

Descripción de la medida: Se contratarán los servicios de un Ingeniero Forestal que cuente con Registro Forestal Nacional, para que lleve a cabo labores de vigilancia y supervisión durante todas las etapas de desarrollo del cambio de uso de suelo, con la finalidad de prevenir o advertir sobre alguna eventualidad que ponga en riesgo los recursos forestales del sitio; y en su caso, proponer medidas adicionales a las ya

descritas para subsanar las irregularidades que se presenten. Así mismo, tendrá la función de supervisar el cumplimiento de cada una de las medidas propuestas en el presente capítulo, así como de aquellas que sean establecidas por esta H. Secretaría, en caso de considerar viable la realización del presente proyecto.

Acción de la medida: El Ingeniero Forestal realizará recorridos en el sitio del proyecto y vigilará que el proceso de cambio de uso del suelo, se realice en apego al programa de vigilancia y seguimiento ambiental que se anexa al final del presente capítulo; y en su caso, indicará aquellas actividades que se encuentren fuera de la Norma para que sean subsanadas en forma inmediata. Así mismo, se encargará de elaborar informes sobre el cumplimiento de los términos y condicionantes bajo los cuales se haya autorizado el proyecto, de ser el caso. Estas acciones se fundamentan en un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, el cual se anexa al final del presente capítulo.

Eficacia de la medida: La supervisión es una de las medidas más adoptadas en todo proyecto que implique el cambio de uso de suelo, ya que permite prever alguna eventualidad que ponga en riesgo su desarrollo y propone medidas adicionales para subsanar afectaciones no previstas. Así mismo, asegura la correcta aplicación de las medidas propuestas en éste capítulo, y que las mismas se lleven a cabo sin omisión alguna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de la medida.

8.5. PROGRAMAS ANEXOS

8.5.1. Programa de rescate de flora silvestre

8.5.2. Programa de rescate de fauna silvestre

8.5.3. Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos

8.5.4. Programa de vigilancia y seguimiento ambiental

A continuación se presenta el contenido de los programas que se propusieron en este capítulo como medidas preventivas y de mitigación ante los impactos ambientales que ocasionará el proyecto.

.....

PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

I. INTRODUCCIÓN

El presente programa incluye información suficiente, así como la forma de obtenerla, interpretarla y almacenarla, para la realización del conjunto de análisis, toma de datos y comprobaciones, que permitan revisar la evolución de los valores que toman los parámetros ambientales y de los que se admitieron para la implementación del proyecto, durante la fase de cambio de uso de suelo.

Este programa va dirigido a todas las instancias que participen en las actividades de cambio de uso de| suelo: contratista, director de obras, organismo medioambiental competente y otros organismos encargados de la gestión ambiental del proyecto.

La vigilancia ambiental tendrá dos ámbitos de aplicación:

- a) El control de la calidad de la obra, es decir, la supervisión de que se ejecute según lo proyectado en lo relativo a la superficie de cambio de uso del suelo o área de aprovechamiento programada; y
- b) El control de la calidad de los componentes del entorno, a través de la medición o del cálculo de sus parámetros partiendo del estado cero, para poder corroborar o predecir su evolución de acuerdo con lo previsto.

Durante el plazo de garantía de la obra, hasta su recepción definitiva, la redacción de los informes y el control de la calidad ambiental correrá a cargo del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo que será contratado, quien determinará el alcance y la metodología de los estudios y controles.

II. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Ing. Reynaldo Martínez López

III. OBJETIVO

El PVSA (Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental) tiene como finalidad principal llevar a buen término las medidas preventivas y de mitigación propuestas, destinadas a la minimización o desaparición de las afecciones ambientales. Además que permitirá el seguimiento de la cuantía de ciertos impactos de difícil predicción, así como la posible

articulación de medidas correctoras *in situ*, en caso de que las planificadas se demuestren insuficientes; o en su caso, la detección de posibles impactos no previstos, y la estimación de la incidencia real de aquellas afecciones que se valoraron potencialmente en su momento.

Para la obtención de los objetivos antes señalados la empresa promovente del proyecto, contratará para la obra los servicios de una Asistencia Técnica Medioambiental (ATM) que posea los conocimientos adecuados para llevar a buen término presente programa.

Las tareas fundamentales de dicha ATM consistirán en:

- Conocer el Documento Técnico Unificado y el resto de las condiciones ambientales señaladas en la autorización.
- Asistencia a la reunión de replanteo y realización de una visita semanal a las obras.
- Identificar e informar sobre las posibles variaciones ambientales relacionadas con el proyecto, por impactos no contemplados o que no hayan sido lo suficientemente estudiados.
- Supervisar, controlar los materiales, condiciones de ejecución, almacenamiento y unidades de obra relacionadas con el acabado formal de las superficies de aprovechamiento.
- Coordinar la aplicación de medidas correctoras.
- Vigilar que el proyecto se acote correctamente al desplante propuesto, fuera del cual no deberán ejecutarse actuaciones de ningún tipo.
- Evaluar y aprobar la referida acotación, así como la sistemática y el plan de obra adoptados por la Dirección de Obra.
- Al final de la vigilancia se realizará un Informe Técnico que recoja los sucesos acaecidos durante el desarrollo de las obras, los problemas planteados y las correspondientes soluciones aplicadas, así como el control de la aplicación de las medidas correctoras.

IV. COMPONENTE: VIGILANCIA AMBIENTAL

Éste componente del PVSA resulta ser el más importante, ya que en él se establecen los procedimientos que se seguirán para garantizar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, señalando de forma clara y precisa los procedimientos de supervisión para verificar el cumplimiento de cada una de ellas; además que se establecen los procedimientos para hacer las correcciones y ajustes necesarios.

IV.1. Subcomponente: protección de los elementos bióticos y abióticos

Tras la reunión de replanteo, y en un plazo de un mes, se emitirá un informe sobre las condiciones generales de la obra, dirigido a la Dirección de Obra. Este informe incluirá un Manual de Buenas Prácticas Ambientales en obra definido por el supervisor ambiental, así como el plan de rutas y accesos sobre los cuales se verificará el cumplimiento del criterio de “afectar el área más reducida posible”.

El Manual de Buenas Prácticas Ambientales será aprobado por el Director de Obra y puesto en conocimiento de todo el personal, e incluirá:

- Desmante y movimientos de tierras-
- Control de residuos y basura: aceites usados, envases, envoltura de materiales, plásticos, cartón, madera, metales, etc.
- Actuaciones prohibidas: vertidos de aceites usados, micción y defecación al aire libre, escombros, basuras, etc.
- Prácticas de conducción incluyendo velocidades máximas, maquinaria de bajo consumo, y obligatoriedad de circulación por los caminos estipulados en el plan de obras y replanteos.
- Prácticas para reducir impactos a la vegetación y fauna no sujeta a su aprovechamiento.
- Establecimiento de un régimen sancionador.
- Otros diversos.

Por otra parte, tomando como principio la prevención de la contaminación, la actividad se desarrollará, en la medida de lo posible, mediante el empleo de las mejores técnicas disponibles, como las que se describen a continuación.

IV.1.1. Delimitación de la zona de actuación

Como primera actividad a realizar para garantizar que no se afecten superficies adicionales a las que en su momento sean autorizadas por la SEMARNAT, se llevará a cabo la delimitación de la zona de actuación, acatando las siguientes medidas de control.

Las actuaciones relacionadas con la superficie de cambio de uso de suelo, así como las zonas destinadas al acopio de materiales, almacenamiento temporal de residuos procedentes de la obra y movimiento de tierras, así como el material vegetal resultante del desmonte, se ubicarán en el interior de la superficie de aprovechamiento, sin afectar otras áreas ajenas a los usos previstos, para lo cual se colocarán elementos indicativos como letreros y cinta precautoria para establecer mayor precisión en la ubicación de dichas zonas.

En caso de generarse alguna afección medioambiental de carácter accidental fuera del ámbito señalado, se aplicará medidas correctoras y de restitución adecuadas. Se redactará un informe por parte de la Asistencia Técnica Medioambiental contratada por la Dirección de Obra, en el cual se reflejarán dichas actuaciones.

IV.1.2. Protección de la calidad atmosférica

Durante el tiempo que dure la obra se llevará a cabo un control estricto de las labores de limpieza en las zonas de paso de vehículos, tanto en el entorno afectado por las obras, como en las áreas de acceso a éstas.

A la salida de las zonas de obra se dispondrá de dispositivos de limpieza de vehículos para evitar el arrastre de tierra a la vía pública.

El aumento de los sonidos puede crear malestar e incluso alterar el bienestar fisiológico o psicológico de los seres vivos. Es necesario eliminar o mitigar las fuentes de ruido siempre que sea posible y medir el ruido global de la obra a través de sonómetros para establecer acciones correctoras cuando se sobrepasen los valores admisibles; es por ello que durante la fase de ejecución del cambio de uso de suelo, se aplicarán las medidas descritas en el Documento Técnico Unificado, en cuanto a las condiciones que debe cumplir la maquinaria, horarios de trabajo y reducción en origen del ruido. Así mismo, se contemplarán una serie de pautas de obligado cumplimiento para mitigar y/o reducir el nivel de ruido, tales como:

- Mantener la maquinaria en perfecto estado.

- Utilizar la maquinaria en horario diurno.
- No acelerar la maquinaria injustificadamente.
- Realizar las descargas especialmente ruidosas en horario diurno.

IV.1.3. Protección y conservación de los suelos y generación de residuos

Se prohibirán las labores de mantenimiento y reparación de la maquinaria en el entorno de la obra. Las reparaciones deberán hacerse preferentemente en talleres o lugares acondicionados al efecto, incluyendo aquellas habituales e imprescindibles para el buen funcionamiento de la maquinaria.

Se tendrá especial atención en evitar verter aceites y otros contaminantes en los sistemas de alcantarillado o evacuación de las aguas residuales y/o pluviales.

Los diferentes residuos generados durante el cambio de uso del suelo, incluidos los procedentes del desmonte y despalme, los resultantes de las operaciones de preparación de los diferentes tajos, embalajes, materias primas de rechazo y de la campaña de limpieza, se gestionarán de acuerdo con lo previsto por la Autoridad Municipal competente.

Todos los residuos generados cuya valorización resulte técnica y económicamente viable serán remitidos a un valorizador de residuos debidamente autorizado. Los residuos únicamente se destinarán a eliminación si previamente queda justificado que su valorización no resulta técnica, económica o ambientalmente viable.

Los materiales no reutilizados o valorizados con destino a vertedero, serán gestionados ante la autoridad Municipal competente.

La gestión de los aceites usados u otras sustancias potencialmente contaminantes, se realizará de acuerdo con los instrumentos normativos aplicables, y en su caso, se contratará a una empresa privada para su manejo, retiro y disposición final. El almacenamiento temporal de los aceites usados y resto de residuos peligrosos hasta el momento de su recogida por el gestor autorizado, se realizará en depósitos contenidos en cubeta o sistema de seguridad, con objeto de evitar la posible dispersión de aceites por rotura o pérdida de estanqueidad del depósito principal.

IV.1.4. Protección del Medio Biótico

Se reflejará cualquier incidencia relacionada con la flora y la fauna, y si se han adoptado las medidas preventivas o correctoras propuestas en el DTU-A, principalmente los programas de rescate correspondientes.

IV.2. Subcomponente: control ambiental en fase de ejecución del proyecto

Una vez que al proyecto se le haya otorgado la autorización por parte de la autoridad competente, en este caso la SEMARNAT, el promovente estará obligado a realizar la vigilancia ambiental del proyecto, para lo cual se realizarán las siguientes acciones preliminares:

IV.2.1. Coordinación del control

Verificación del inicio del proyecto, obra o actividad. Se puede llevar un control del inicio del proyecto o actividad de que se trate, de dos maneras:

- Mediante oficio en donde el promovente del proyecto informa a la autoridad ambiental competente sobre el inicio del proyecto o actividad que se haya autorizado; y
- Existencia de informes de cumplimiento y/o actos administrativos referentes al seguimiento ambiental del proyecto.

IV.2.2. Revisión de antecedentes técnicos y jurídicos del proyecto

La intención de éste paso es considerar y estudiar todas las referencias técnicas y jurídicas del proyecto, obra o actividad de que se trate, y de su área de influencia.

Algunos antecedentes como el estudio ambiental y los Informes de Cumplimiento Ambiental, herramientas esenciales para realizar el proceso de seguimiento, a menudo suministran y utilizan enormes cantidades de información que a veces divergen y pueden desviar los resultados del seguimiento.

IV.3. Subcomponente: vigilancia ambiental en fase de ejecución del proyecto

La vigilancia ambiental proporciona elementos de juicio que permiten verificar el cumplimiento de las tareas ambientales y la veracidad de la información consignada en los Informes de Cumplimiento Ambiental; por lo que éste subcomponente consta de visitas rutinarias que se llevarán a cabo para vigilar el cumplimiento de todas las medidas

propuestas, así como de aquellas que se dicten en la autorización en materia forestal; las cuales se describen a continuación:

IV.3.1. Visita ordinaria total

El objetivo de esta visita es que el supervisor ambiental o asesor técnico ambiental, verifique en el sitio el cumplimiento de todas las tareas ambientales que debe ejecutar el promovente, en todos los componentes y actividades que forman parte del proyecto, y corroborar la información reportada en los Informes de Cumplimiento Ambiental. Las tareas que verificará el supervisor son las que se muestran a continuación:

- Ejecución de los programas propuestos en el ETJ (rescate de flora y fauna, y manejo de residuos).
- Cumplimiento de los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales para el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales.
- Cumplimiento de los requerimientos establecidos en los actos administrativos.
- Análisis de las tendencias de calidad del medio en que se desarrolla el proyecto.
- Análisis de la efectividad de los programas que conforman el Plan de Manejo Ambiental, de los requeridos en los actos administrativos, y de las propuestas de actualización.

IV.3.2. Visita ordinaria parcial

La visita ordinaria parcial se efectuará cuando el área de supervisión ambiental tenga un interés especial en alguna de las actividades del proyecto y/o en alguna área geográfica que se encuentran en la zona de influencia. Este interés está dado por la importancia de los impactos de ciertas actividades y/o por el grado de sensibilidad ambiental de una o varias áreas o ecosistemas que puedan ser afectados por la ejecución del proyecto.

En una visita ordinaria parcial, el supervisor ambiental verificará el cumplimiento de las mismas tareas ambientales de una visita ordinaria total, pero sólo de aquellas relacionadas con las actividades del proyecto o con las áreas en las que se tenga interés. Por ejemplo, verificar que se haya realizado el desmonte en la superficie de aprovechamiento solicitada, en donde el supervisor puede decidir si realiza una visita ordinaria parcial cada cierto tiempo para inspeccionar la calidad del medio ambiente en cuanto al recurso flora solamente, sin tener en cuenta agua, suelos, fauna y demás, ya que conoce que la afectación a estos otros recursos no es significativa. Es por ello que

una visita parcial sólo se puede llevar a cabo cuando el supervisor ambiental tiene plena certeza de un buen manejo ambiental en el resto de las actividades del proyecto, o que los impactos al medio ambiente o a los recursos naturales asociados a éstos son bajos.

IV.3.3. Visitas extraordinarias

Se realizarán cuando ocurra o puedan ocurrir eventos que generen impactos ambientales relevantes. Esta visita es definida por el área de gestión ambiental, en caso de existir quejas de la comunidad o de entidades públicas o privadas, o cuando han ocurrido o pueden presentarse impactos ambientales significativos por el incumplimiento de las actividades que estén a cargo del promovente, o cuando se presenten impactos no previstos en el estudio ambiental (esto último se determina a través de los informes periódicos de cumplimiento ambiental). Si las condiciones están dadas, se puede extender esta visita extraordinaria hasta lograr una ordinaria.

Mediante la visita extraordinaria, el supervisor ambiental verificará el cumplimiento de las tareas ambientales relacionadas con los impactos ambientales que ocurrieron o que van a ocurrir; verificará también la veracidad de la información incluida en el Informe de Cumplimiento Ambiental, y evaluará el impacto ambiental. Lo anterior, mediante la ejecución de las mismas actividades generales explicadas para las visitas ordinarias (revisión de documentos, inspección visual, entrevistas y mediciones, entre otras).

Todos los resultados obtenidos de las distintas visitas realizadas, quedarán debidamente asentadas en la bitácora ambiental del proyecto, la cual se describe en el siguiente apartado.

V. COMPONENTE: SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Para llevar a cabo el seguimiento ambiental del proyecto, será necesaria la implementación de una **bitácora ambiental** o libro de registro de eventualidades de la obra. En este documento se describirá el procedimiento a seguir para registrar todas aquellas eventualidades que se produzcan durante el cambio de uso del suelo dentro de la superficie de aprovechamiento proyectada.

El citado documento es de aplicación para todas las eventualidades con afección medioambiental que se produzcan con el desarrollo del proyecto. En el documento se recogerán todos aquellos eventos no previstos en el desarrollo normal de las obras y que puedan tener de una forma directa o indirecta, inmediata o futura, reversible o irreversible, permanente o temporal, una afección en el entorno.

El formato del citado libro de registro o bitácora ambiental será el siguiente:

- **Objeto:** Describir el procedimiento a seguir para registrar todas aquellas eventualidades que se produzcan durante las actividades implicadas en el cambio de uso del suelo, que puedan tener una afección directa o indirecta sobre la calidad ambiental.
- **Alcance:** Este procedimiento será de aplicación para todas las eventualidades con afección medioambiental que se produzcan en el desarrollo del multicitado proyecto.
- **Ejecución:** Se recogerán todos aquellos eventos no previstos en el desarrollo normal del proyecto, que puedan tener lugar de una forma directa o indirecta, inmediata o futura, reversible o irreversible, permanente o temporal, originando una afección sobre el ambiente biótico, abiótico o perceptual.

Las personas responsables de llevar los registros en la bitácora ambiental, serán el jefe de obra y encargados diversos y el supervisor ambiental o Asistente Técnico Medioambiental. Estas personas deberán conocer el mecanismo para el llenado de este libro y serán las encargadas de notificar a los responsables de las empresas subcontratadas la existencia del mismo y de la necesidad de su colaboración, de cara a cumplir con los objetivos planteados en este PVSA.

Se deberá redactar un modelo circular, que se remitirá a cada subcontratado con carácter previo al comienzo de sus actividades en la obra, ya que es indispensable establecer un control de las empresas subcontratadas.

A continuación se describen algunos de los acontecimientos que, en principio, serán motivo de inscripción en la bitácora ambiental:

- **Vertidos o derrames:** Se hace referencia con esto a aquellos vertidos o derrames líquidos o sólidos, que se produzcan intencionada o accidentalmente en la obra y que no se encontraban planteados en un principio.
- **Funcionamiento defectuoso:** Se hace referencia con esto a funcionamientos defectuosos de maquinaria de obra que puedan originar una posible afección al medio.
- **Accidentes:** Se refiere a aquellos episodios que puedan motivar vertidos, derrames o funcionamientos defectuosos, ya sea de forma inmediata o futura.

- **Intrusión de maquinaria:** Se refiere con esto a episodios accidentales o no, en virtud de los cuales la maquinaria pesada invada o atraviese zonas que no se encontraban previstas inicialmente.
- **Externalidades a la obra:** Se hace referencia a episodios que no sean producidos por el desarrollo de la obra, sino que provengan de elementos externos, que entrando en el recinto de la obra, afecten algún elemento que pueda resultar perjudicial para el medio ambiente.
- **Otros:** En este apartado se incluirán cualesquiera otros aspectos que no se encuentren englobados en los apartados anteriores.

V.1. Subcomponente: seguimiento de las emisiones de polvo

Para el seguimiento de las emisiones de polvo, producidas en su mayor parte por la maquinaria que trabajará durante el desmonte y despalme, se realizarán visitas periódicas a todas las zonas donde se localicen las fuentes emisoras. En esas visitas de observará si se cumplen las medidas adoptadas como son:

- Regar las superficies donde potencialmente puede haber una cantidad superior de polvo.
- Velocidad reducida de los camiones sobre el acceso central.
- Vigilancia de las operaciones de carga y descarga y transporte de material vegetal.
- Instalación de pantallas protectoras contra el viento.

La toma de datos se realizará mediante inspecciones visuales periódicas en las que se estimará el nivel de polvo existente en la atmósfera y la dirección predominante del viento estableciendo los lugares afectados.

Las inspecciones se realizarán una vez por semana, en las horas del día donde las emisiones de polvo se consideran altas. Como norma general, la primera inspección se realizará antes del comienzo de las actividades para tener un conocimiento de la situación previa o estado cero y poder realizar comparaciones posteriores.

V.2. Subcomponente: seguimiento de afecciones sobre los suelos

Las tareas que pueden afectar los suelos son, sobre todo, el desmonte y despalme de la superficie sujeta al cambio de uso del suelo; por lo que se realizarán visitas periódicas para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para

minimizar el impacto sobre el recurso, evitando que las operaciones se realicen fuera de las zonas señaladas para ello.

Durante las visitas se observará lo siguiente:

- La vigilancia en el desbroce inicial, desmontes y cualquier otro movimiento de tierra, para minimizar el fenómeno de la erosión y evitar la posible inestabilidad de los terrenos.
- Acopio de la tierra vegetal de tal forma que posteriormente se pueda utilizar para el mantenimiento de las plantas en vivero. Se prestará especial atención a que el acopio se realice en el lugar indicado y que corresponda a una zona menos sensible dentro del sitio. Se supervisará que los montículos de tierra no superen en ningún caso el metro y medio de altura, para evitar la pérdida de las características edáficas del sustrato.
- Se realizarán observaciones en las zonas limítrofes con las áreas que se mantendrán con vegetación natural, con el fin de detectar cambios o alteraciones no valoradas en el Estudio.

Los posibles cambios detectados en el entorno, se registrarán y analizarán para adoptar en cada caso las medidas correctoras necesarias. Se realizará un estudio detallado de las zonas afectadas, y en caso de detectar anomalías no previstas, se adoptarán nuevos diseños los cuales se ejecutarán en la mayor brevedad posible.

V.3. Subcomponente: seguimiento de las afecciones a la flora y la fauna

Se seguirá el control de las medidas elegidas para la minimización de los impactos a la flora y la fauna del lugar que se pudiera ver afectada con el desarrollo del proyecto.

Se llevarán a cabo revisiones periódicas dos veces por semana, a fin de determinar el grado de cumplimiento de las distintas medidas enfocadas a la protección de la flora y la fauna del sitio; en particular se observará lo siguiente:

- Que se lleve a cabo el rescate de vegetación de acuerdo con el programa de rescate anexo, poniendo especial atención a que se logre rescatar el número de individuos propuestos por especie, según las técnicas de rescate planteadas.

- Que se lleve a cabo el rescate de fauna de acuerdo con el programa de rescate anexo, poniendo especial atención a que se logre rescatar aquellos individuos propuestos por especie, según las técnicas de rescate planteadas.
- Que se instalen los letreros alusivos a la protección y conservación de la flora y la fauna del sitio.
- Realizar recorridos periódicos dentro de las áreas de aprovechamiento y en las áreas de conservación, a fin de corroborar que no se esté realizando la captura, caza, extracción o comercialización de alguna especie de flora o fauna silvestre.

En caso de detectarse el incumplimiento de alguna de las medidas propuestas, se procederá a notificar dicha situación al Director de obra, quien en su caso, tendrá la obligación de subsanar las omisiones que le sean indicadas por el supervisor ambiental. En caso de reincidir en el incumplimiento de la aplicación de las medidas, se reportará dicha situación en la bitácora ambiental y en el reporte técnico correspondiente.

Para detectar posibles bajas de fauna derivadas del cambio de uso del suelo, se realizará un seguimiento periódico en busca de posibles elementos faunísticos afectados, anotando los siguientes datos:

- Especie.
- Lugar exacto de la localización del cuerpo.
- Posible fuente causante del accidente.
- Fecha y momento del día.
- Condiciones meteorológicas existentes.
- Si se encontrase algún individuo siniestrado con vida, será trasladado urgentemente a un centro especial para su recuperación.

V.4. Subcomponente: seguimiento de manejo y disposición de residuos

Este subcomponente resulta importante puesto que de él depende que no se contamine el medio por un manejo inadecuado de residuos sólidos o líquidos que se generen durante el cambio de uso del suelo; y se basa fundamentalmente en el programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos anexo. En forma general implica las siguientes actividades, mismas que serán ejecutadas por el supervisor ambiental:

- Verificar la instalación de los letreros y los contenedores temporales para residuos, así como su debida rotulación (orgánica, inorgánica, etc.).

- Realizar recorridos periódicos en las inmediaciones del sitio del proyecto con el fin de detectar un posible manejo o disposición inadecuada de residuos sólidos o líquidos.
- Informar al Director de obra cuando se detecte algún manejo o disposición inadecuada de residuos sólidos o líquidos; y en su caso, promover una campaña de limpieza y separación de residuos para su correcto almacenamiento o posible reciclaje.
- Realizar recorridos de vigilancia dentro de las áreas que no estarán sujetas a su aprovechamiento, a fin de corroborar que no se esté realizando la micción o defecación al aire libre; y en caso contrario, reportárselo al Director de obra y promover una campaña de limpieza a fin de eliminar los elementos contaminantes del medio.
- Verificar la instalación de los sanitarios portátiles que estarán al servicio de los trabajadores, así como su correcto funcionamiento. También realizará un estudio acerca de la demanda del servicio en relación al número de trabajadores empleados en la obra, con la finalidad de determinar si el número de sanitarios instalados es suficiente, o en caso contrario, si se requiere instalar sanitarios adicionales.
- Verificar que la empresa arrendadora de los sanitarios móviles, realice la extracción y retiro de las aguas residuales generadas, de acuerdo con los plazos previstos en el contrato que se celebre con la misma.

VI. COMPONENTE: INFORMES TÉCNICOS

Para cada tipo de informe, se realizará una ficha que identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contemplan ejecutar; la forma, lugar y oportunidad de su ejecución; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente dicha obra o acción. También se elaborará otra ficha en la que se identificará, para cada fase del proyecto o actividad, la normativa de carácter ambiental aplicable, incluidos los permisos ambientales sectoriales; el componente ambiental involucrado; la forma en la que se dio cumplimiento a las obligaciones contenidas en dichas normas, y el organismo de la administración del gobierno competente en su verificación, si éste estuviere establecido.

Una ficha más identificará para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se ejecutaron; el componente ambiental involucrado; el impacto ambiental asociado; la descripción de la medida correspondiente, ya sea de mitigación, reparación, compensación, o de prevención; la forma de implementación; el indicador que permitió cuantificar, si corresponde, el cumplimiento de la medida; la oportunidad y lugar de su

implementación; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente la medida.

VI.1. Subcomponente: informe de cumplimiento de medidas

Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante la fase de cambio de uso del suelo, un seguimiento que deberá comprender una visita semanal de media jornada al proyecto, y la elaboración de un informe periódico mensual en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas correctoras planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este PVSA. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

VI.2. Subcomponente: informe de cumplimiento de términos y condicionantes

Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto, que deberá comprender una visita semanal de media jornada al proyecto, y la elaboración de un informe periódico mensual en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, y se indique el grado de eficacia en el cumplimiento de los términos y condicionantes establecidos por la SEMARNAT en la autorización del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

VI.3. Subcomponente: Informes especiales

Se presentarán informes especiales ante cualquier situación especial que pueda suponer riesgo de deterioro de cualquier factor ambiental. En concreto, se prestará especial atención en las siguientes situaciones:

- Lluvias torrenciales que supongan riesgo de inundación o desprendimiento de materiales.
- Alerta por tormenta o huracán que ponga en riesgo el desarrollo de la obra.
- Accidentes producidos en fase de cambio de uso del suelo con consecuencias ambientales negativas.

- Accidentes de tráfico en cualquier punto de intersección.

Estos informes serán notificados al Director de obra, con la finalidad de que realice los trámites y gestiones correspondientes, y en su caso, tome las medidas necesarias para reducir o eliminar el riesgo originado por los factores citados en los puntos anteriores.

VII. COMPONENTE: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados del seguimiento ambiental permite establecer el avance, cumplimiento y efectividad de los programas que conforman el Plan de Manejo Ambiental, con base en los resultados de la revisión del Informe de Cumplimiento Ambiental y/o en las apreciaciones obtenidas durante la visita de seguimiento ambiental.

El análisis de resultados del seguimiento ambiental se realiza a partir de:

- El Informe de Cumplimiento Ambiental más la visita de seguimiento:
- Solamente el Informe de Cumplimiento Ambiental, o
- Solamente la visita de seguimiento ambiental.

El análisis se centrará en los siguientes puntos:

VII.1. Cumplimiento de los objetivos del seguimiento ambiental

A cada una de las tareas ambientales a cargo del promovente, se le efectuará un análisis para establecer el cumplimiento específico de cada uno de los compromisos adquiridos en el otorgamiento de la autorización ambiental o en el establecimiento del plan de manejo ambiental.

Este análisis se realiza con la ayuda de la lista de chequeo y formatos específicos descritos en el Componente V. En esas herramientas, el supervisor ambiental encuentra todos los requerimientos normativos, los establecidos en actos administrativos y además indicadores que le proporcionan criterios y conducen su análisis.

Con respecto al cumplimiento de los objetivos del seguimiento, se establecerá:

- **Suficiencia de la información:** Establecer si la información suministrada está completa. Para esto, se cuenta con la ayuda de los formatos y de la bitácora ambiental, ya descritos anteriormente.
- **Cumplimiento de las tareas ambientales:** Se determina si el promovente ha cumplido total o parcialmente con sus obligaciones ambientales y si las razones indicadas en el informe de cumplimiento ambiental, para el caso de incumplimiento, son pertinentes.

VII.2. Análisis de la efectividad de los programas que conforman el PSVA

La efectividad de los programas que conforman el PSVA se realiza con la ayuda de los reportes técnicos (ver apartado correspondiente en donde se explica la manera de utilizar estos formatos).

La bitácora integra el resultado del análisis de cumplimiento del promovente, y el análisis de las tendencias de la calidad del medio en el que se desarrolla el proyecto, con el fin de facilitar al supervisor ambiental su concepto sobre la efectividad de las medidas de manejo ambiental. Esto determina la necesidad o no de actualizar algunos programas calificados como “no efectivos”. En caso de que el informe de cumplimiento ambiental incluya ofertas de nuevas versiones de programas de manejo ambiental, éstas deben ser evaluadas por el área de gestión ambiental, apoyándose en la autorización ambiental del proyecto, con el fin de determinar si la nueva versión propuesta por el promovente solucionará los aspectos que permitieron calificar al programa vigente como “no efectivo”.

VII.3. Necesidad de realizar una visita extraordinaria a la zona

Esta necesidad se puede identificar de acuerdo con los análisis realizados en los dos puntos anteriores. En caso de que se requiera una visita extraordinaria, esta debe ser ejecutada; de lo contrario, se da paso al informe técnico de los resultados.

PROGRAMA DE RESCATE DE FLORA SILVESTRE

I. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Ing. Reynaldo Martínez López

II. JUSTIFICACIÓN

Éste programa tiene la finalidad de dar a conocer los métodos y técnicas que se aplicarán durante el rescate de la vegetación que se encuentra presente en la zona de aprovechamiento del proyecto; y se elabora en cumplimiento de lo señalado en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, el cual cita textualmente lo siguiente:

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-13	<i>En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.</i>

III. OBJETIVO DEL PROGRAMA

Llevar a cabo el rescate de la flora silvestre que se ubica dentro de las áreas de aprovechamiento del proyecto, a través de métodos estandarizados de colecta, con la finalidad de prevenir afectaciones directas a éste recurso con el desarrollo del proyecto.

IV. ALCANCE DEL PROGRAMA

Rescatar el mayor porcentaje de ejemplares de flora silvestre que pudieran verse afectados con el desarrollo del proyecto, a fin de garantizar su permanencia en la Cuenca, con particular énfasis en las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

El programa de colecta de flora incluye la colecta de ejemplares cuyas especies están referidas por la normatividad ambiental en algún estatus de protección, así como los ejemplares de las especies de importancia ecológica, con base en la caracterización florística del predio.

V. TÉCNICAS DE RESCATE

A continuación se describen las principales técnicas de rescate que se llevarán a cabo durante el cabo durante la ejecución del programa.

V.1. Técnica de banqueo

Esta técnica se utilizará para la extracción de plantas enteras, es decir, desde la raíz hasta el ápice de la última rama con proyección vertical. Las actividades que se deben llevar a cabo en el desarrollo de esta técnica se describen en los siguientes apartados.

V.1.1. Construcción de zanja

En la primera etapa del banqueo se hará una zanja alrededor de la planta con el fin de formar un cepellón donde quedarán confinadas las raíces que le servirán al árbol para afianzarse al nuevo sitio. Depende de la especie, su tamaño y el tipo de suelo. El diámetro del cepellón debe ser 9 veces el diámetro del tronco del árbol, medido 30 cm arriba del cuello de la raíz. La profundidad depende de la extensión de las raíces laterales; en general se recomienda de 0.75 a 1 metro.

Los lados deben ir en declive, de tal manera que la parte superior sea mayor que la base. Por ejemplo, si el cepellón tiene 3 metros en la parte superior, su base puede tener 2 metros. Los cortes deben hacerse con una pala recta y las raíces podadas con los mismos criterios que se emplean en la poda de la parte aérea.



V.1.2. Arpillado

Consiste en envolver el cepellón primero que todo con un material que la proteja de roturas y de la desecación, como arpillera o tela de costal. Luego se hace un amarre en forma de tambor, con cuerdas laterales en la base y en la parte superior. Una vez envuelto y amarrado, el cepellón puede ser cortado por debajo con un cable de acero, sin necesidad de ladearla. El cable de 1/2 pulgada, es colocado por debajo del cepellón y tirado con una fuerza de tracción para que corte limpiamente la parte inferior.



V.1.3. Remoción

Los árboles chicos pueden ser removidos manualmente con la ayuda de una carretilla o preferentemente con un “diablito”; los grandes son cargados al hombro por dos personas, o en casos extremos con la ayuda de un trascabo.

Los árboles no deben levantarse del tronco, ya que esto le causa daño a la corteza y al cepellón. Las cadenas, o preferentemente una eslinga, deben colocarse alrededor del cepellón y atarse al trascabo, cuando se decida utilizar éste equipo. Una vez fuera del hoyo, puede terminarse de amarrar la parte inferior del cepellón.



V.1.4. Transporte

El método empleado en el acarreo de un lugar a otro de árboles pesados, dependerá de la distancia, de las facilidades que se disponga y de las dificultades de la ruta. Cargas

hasta de 3 toneladas pueden manejarse con seguridad en los camiones de plataforma ordinarios; pero para cargas mayores se necesita equipo especial. Deben amarrarse y envolverse las ramas para protegerlas del viento y el sol. En el caso particular del proyecto, considerando que las plantas removidas serán resguardadas temporalmente dentro del vivero, estima que las distancias a recorrer serán mínimas, por lo que dicho transporte se realizará en forma manual.

El proceso de banqueo que será utilizado para el rescate de la vegetación se puede observar en las siguientes imágenes.



V.2. Técnica de recolección por material de propagación (estaqueo)

Esta técnica se utilizará para la recolección de material de propagación, y únicamente se aplicará para la obtención de estacas, ya que en la práctica los individuos que se han propagado con esta técnica, han demostrado un excelente crecimiento y sobrevivencia al proceso. Las actividades que involucra esta técnica se describen en los siguientes apartados.

V.2.1. Corte de la estaca

Las estacas son partes vegetativas de las plantas tales como raíces, ramas, brotes u hojas, capaces de generar nuestras plantas. Se utilizarán segmentos de ramas que contengan yemas terminales o laterales que colocadas en condiciones apropiadas desarrollan raíces adventicias produciendo nuevas plantas, descartando las ramas internas pequeñas y débiles.

Se deben tomar en cuenta varios factores como estar bien seguros de la especie, que el individuo esté libre de plagas y enfermedades y finalmente que se encuentre en el estado fisiológico adecuado, de manera que las estacas que se tomen de ellas tengan probabilidades de enraizar. El corte debe ser basal justo debajo de un nudo y el apical de 1,5 a 2 centímetros sobre el otro nudo, por lo que cada estaca debe contener por lo menos dos nudos. El diámetro de la estaca puede variar entre 0.5 y 5 centímetros.

Es importante que el material para estacas sea obtenido de las partes jóvenes con un período de crecimiento y que sea tomado durante las primeras horas de la mañana. Las estacas se deben hacer de unos 15 a 75 cm de largo, quitando las hojas de la mitad inferior.

Las hojas de las ramas de donde se obtendrán los cortes deben tener entre 8 y 10 cm de largo, de lo contrario hay que reducir el área foliar, debido a que hojas muy grandes favorecen la pérdida de agua y las muy pequeñas no producen suficientes carbohidratos u otras sustancias necesarias para que el corte sobreviva. Se puede reducir el área foliar cortando las hojas con unas tijeras y cuidando que el tejido no se dañe por machacamiento o estrujamiento.



V.2.2. Manejo del material vegetativo

Después de tomar el material de la planta madre se debe manejar con prontitud para evitar daños que puedan afectar su enraizamiento; deberá ser trasplantado en forma inmediata, para lo cual se deberá acondicionar el sitio de sembrado con suficiente drenaje para permitir el crecimiento de la nuevas raíces. La prontitud del trasplante permitirá también la pérdida de sabia que es de vital importancia para el crecimiento de la nueva planta.

V.2.3. Transporte

El material de propagación debe ser protegido del sol todo el tiempo, para lo que es necesario cubrir las bases con tela o algún material que guarde la humedad. Debido a las cortas distancias que se tendrán que recorrer desde el sitio de corte de la estaca al vivero, el transporte se realizará en forma manual.

V.2.4. Aplicación de enraizador

No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Las hay de origen natural, como el ácido indolacético, el cual estimula la formación y el desarrollo de las raíces cuando se aplican en la base de las estacas.

La función de las auxinas en la promoción del enraizamiento tiene que ver con la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación, además de las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. La mayoría de las especies forestales enraizan adecuadamente con AIA.

Un método sencillo es la aplicación de la hormona por medio del remojo de la base de las estacas (de 2 a 3 cm) en soluciones acuosas y con bajas concentraciones de auxina (de 4 a 12 horas), según las instrucciones de los preparados comerciales. Sin embargo, este método es lento y poco exacto, difícil de realizar cuando los cortes son numerosos y algunas veces las hojas se marchitan durante el proceso; entonces se puede recurrir a las auxinas disponibles en aerosol.

Para las especies forestales tropicales se recomienda la inmersión de la base de las estacas en soluciones de AIB al 4% en alcohol etílico como solvente, por periodos muy cortos (5 segundos). Posteriormente se acomoda la base de la estaca en aire frío para evaporar el alcohol, antes de colocarlas en el propagador.

VI. RESULTADOS ESPERADOS

Con la correcta aplicación del programa que se propone, aunado a que el desmonte será realizado por etapas, se podrá rescatar el 100 % de los individuos propuestos, con lo que se alcanzará el 100 % de éxito en el rescate de las especies propuestas en el supuesto de que pudieran verse afectadas con el desarrollo del proyecto; así mismo, con el cumplimiento de las reglas de operación planteadas se espera el 100 % de supervivencia de los ejemplares rescatados.

VII. ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE A RESCATAR

VII.1. Criterios de selección

Para llevar a cabo la **colecta selectiva** de la vegetación durante los trabajos de preparación del sitio, como primera etapa se realizó la selección de las especies susceptibles de rescate se acuerdo con los siguientes criterios:

- Tiene la capacidad de reproducirse a través de **material vegetativo** (hojas, ramas, raíces, etc.).
- No posee propiedades **tóxicas o urticantes** durante su manipulación.
- Se encuentra incluida dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.
- Posee **alto valor ecológico** (fijación del suelo, alimento y refugio para la fauna, etc.).
- Presenta una **baja densidad** de individuos o es escasa a nivel del predio.
- Es una especie nativa propia del ecosistema.

VII.2. Especies objetivo

En la siguiente tabla se presenta el listado de especies seleccionadas para el rescate, así como el número de individuos por especie y por talla.

ESPECIES	TALLA (mts)			# TOTAL DE INDIVIDUOS
	0.10 - 0.50	0.50 - 1	<1 - 2	
<i>Acacia dolichostachya</i>	10	10	10	30
<i>Ardisia escallonioides</i>	10	10	10	30
<i>Bauhinia divaricata</i>	10	10	10	30
<i>Bauhinia jenningsii</i>	10	10	10	30
<i>Bromelia karatas</i>	10	10	10	30
<i>Brosimum alicstrum</i>	10	10	10	30
<i>Bursera simaruba</i>	10	10	10	30
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	10	10	10	30
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	10	10	10	30
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	10	10	10	30
<i>Ceiba aesculifolia</i>	10	10	10	30
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	10	10	10	30
<i>Coccoloba barbadensis</i>	10	10	10	30
<i>Coccoloba spicata</i>	10	10	10	30
<i>Coccothrinax readii</i>	500	500	250	1,250
<i>Cordia dodecandra</i>	10	10	10	30
<i>Dendropanax arboreus</i>	10	10	10	30

ESPECIES	TALLA (mts)			# TOTAL DE INDIVIDUOS
	0.10 - 0.50	0.50 - 1	<1 - 2	
<i>Drypetes lateriflora</i>	10	10	10	30
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	10	10	10	30
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	10	10	10	30
<i>Eugenia trikkii</i>	10	10	10	30
<i>Ficus cotinifolia</i>	10	10	10	30
<i>Ficus maxima</i>	10	10	10	30
<i>Ficus obtusifolia</i>	10	10	10	30
<i>Gliricidia sepium</i>	10	10	10	30
<i>Guettarda combsii</i>	10	10	10	30
<i>Guettarda elliptica</i>	10	10	10	30
<i>Gymnanthes lucida</i>	10	10	10	30
<i>Gymnopodium floribundum</i>	10	10	10	30
<i>Hampea trilobata</i>	10	10	10	30
<i>Jatropha gaumeri</i>	10	10	10	30
<i>Lantana camara</i>	10	10	10	30
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10	10	10	30
<i>Lonchocarpus xuul</i>	10	10	10	30
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	10	10	10	30
<i>Malpighia glabra</i>	10	10	10	30
<i>Malvaviscus arboreus</i>	10	10	10	30
<i>Manilkara zapota</i>	10	10	10	30
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	10	10	10	30
<i>Matayba oppositifolia</i>	10	10	10	30
<i>Metopium brownei</i>	10	10	10	30
<i>Myrciantes fragrans</i>	10	10	10	30
<i>Nectandra coriacea</i>	10	10	10	30
<i>Ottoschulzia pallida</i>	10	10	10	30
<i>Paullinia cururu</i>	10	10	10	30
<i>Piscidia piscipula</i>	10	10	10	30
<i>Platymiscium yucatanum</i>	10	10	10	30
<i>Pouteria campechiana</i>	10	10	10	30
<i>Pouteria reticulata</i>	10	10	10	30
<i>Protium copal</i>	10	10	10	30
<i>Psidium guajava</i>	10	10	10	30
<i>Psidium sartorianum</i>	10	10	10	30
<i>Psychotria nervosa</i>	10	10	10	30
<i>Randia longiloba</i>	10	10	10	30
<i>Sabal yapa</i>	10	10	10	30
<i>Sebastiania longicuspis</i>	10	10	10	30
<i>Simarouba amara</i>	10	10	10	30
<i>Swartzia cubensis</i>	10	10	10	30
<i>Talisia olivaeformis</i>	10	10	10	30
<i>Thevetia gaumeri</i>	500	500	250	1,250

ESPECIES	TALLA (mts)			# TOTAL DE INDIVIDUOS
	0.10 - 0.50	0.50 - 1	<1 - 2	
<i>Thouinia paucidentata</i>	10	10	10	30
<i>Thrinax radiata</i>	10	10	10	30
<i>Vitex gaumeri</i>	10	10	10	30
<i>Zuelania guidonia</i>	10	10	10	30
TOTAL	1,620	1,620	1,120	4,360

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, se pretende llevar a cabo el rescate de **4,360** plantas correspondientes a **64 especies** del total que compone la vegetación que se desarrolla en la superficie de CUSTF; lo cual indica una proporción de **989** plantas rescatadas por hectárea de aprovechamiento. Así mismo, cabe destacar que las especies ***Thrinax radiata* (palma chit) y *Coccothrinax readii* (palma nacax)**, tienen el mayor número de plantas propuestas para su rescate.

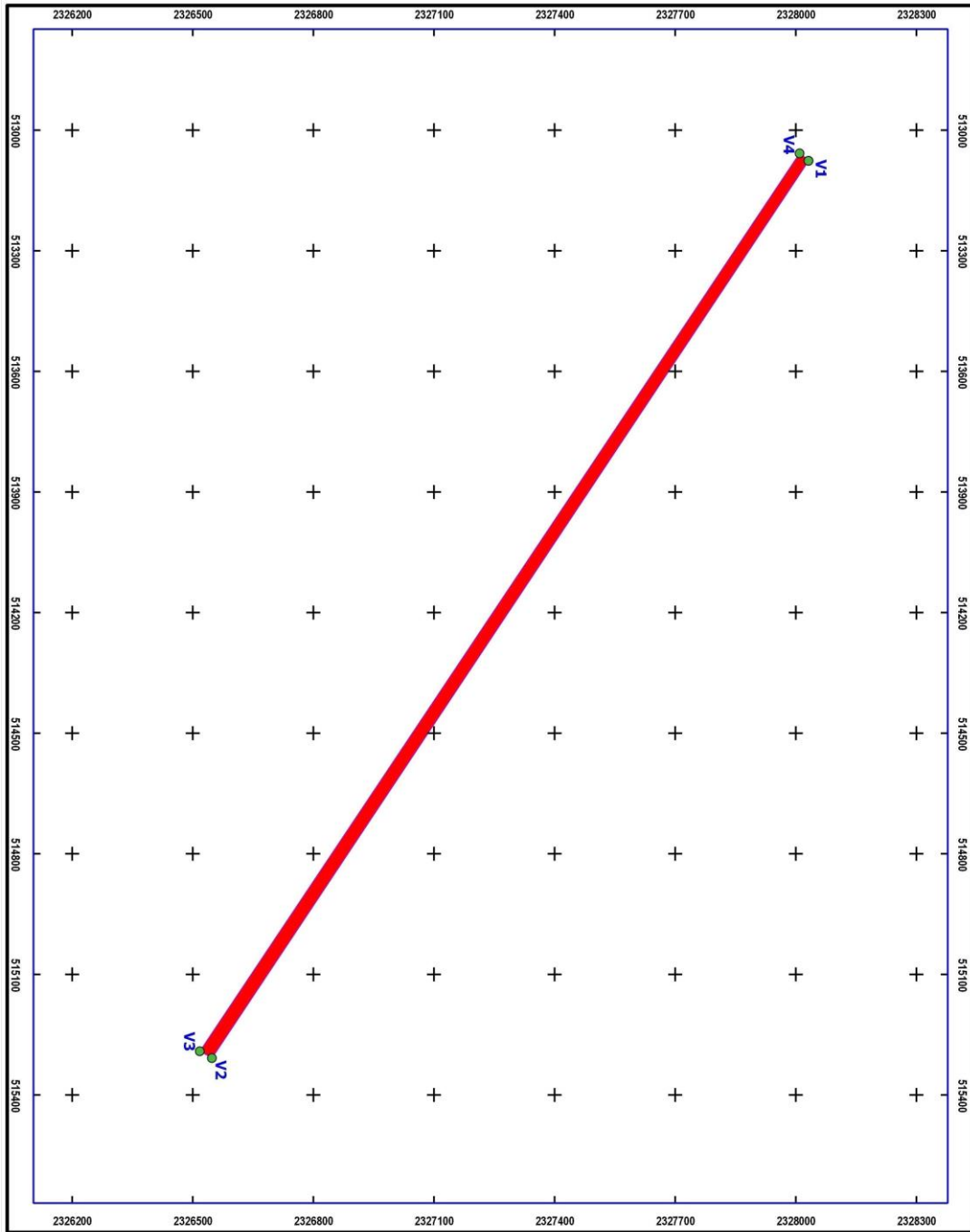
VIII. SITIO DE REUBICACIÓN

Como sitio de reubicación de las plantas que serán rescatadas, se propone una superficie de 84,842 m² (8.48 hectáreas) de Selva mediana subperennifolia, ubicada dentro del predio concesionado a la promovente, perteneciente al Aeropuerto Internacional de Cancún, cuyo plano de ubicación se presenta en la página siguiente.

IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El rescate y reubicación de la vegetación se pretende ejecutar en un lapso de 12 meses considerando que el desmonte será gradual. El rescate se realizará en forma previa a la realización de cualquier actividad proyectada, tal como se indica en la siguiente tabla:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												
ETAPA DEL RESCATE:	Previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto.											
ACTIVIDADES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Delimitación de la superficie de aprovechamiento	■											
Identificación de los ejemplares a ser rescatados	■											
Recolección de las plantas (método de banqueo)	■	■	■									
Recolección de material de propagación	■	■	■									
Traslado de los ejemplares rescatados al vivero	■	■	■									
Mantenimiento de las plantas en vivero	■	■	■	■	■	■						
Reubicación de las plantas rescatadas							■	■	■	■	■	■



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B
 PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
 EN TERRENOS FORESTALES

NOMBRE DEL PLANO:
 "Sitio de reubicación de las plantas resacadas"

PROYECCION: UTM
 DATUM: WGS84
 ZONA: 16Q NORTE

ELABORADO POR:
 ING. REYNALDO MARTÍNEZ LÓPEZ
 2015

SIMBOLOGÍA

SITIO DE REUBICACION
 84.842 m²

VÉRTICES	X	Y
1	513076.000	2328032.000
2	515308.000	2326548.000
3	515291.000	2326518.000
4	513057.000	2328010.000

Predio concesionado al Aeropuerto Internacional de Cancún, ubicado a la altura del kilómetro 22 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo.

PROGRAMA DE RESCATE DE FAUNA SILVESTRE

I. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Ing. Reynaldo Martínez López

II. JUSTIFICACIÓN

Este programa tiene la finalidad de dar a conocer los métodos y técnicas que se aplicarán durante el rescate de la fauna silvestre que incida en el área de aprovechamiento del proyecto; y se elabora como una medida preventiva para evitar que el desarrollo del proyecto afecte a la fauna asociada al sistema ambiental; en cumplimiento de lo señalado en el criterio CG-13, es cual se cita textualmente como sigue:

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-13	<i>En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.</i>

III. OBJETIVO DEL PROGRAMA

Llevar a cabo el rescate de la fauna silvestre que incida en las áreas de aprovechamiento del proyecto, a través de métodos estandarizados de manejo y contención de organismos vertebrados, con la finalidad de prevenir afectaciones directas a éste recurso por el cambio de uso del suelo.

IV. ALCANCE DEL PROGRAMA

Rescatar el 100 % de los individuos de fauna silvestre que pudieran verse afectados con el cambio de uso del suelo, a fin de garantizar su permanencia en el sistema ambiental, con particular énfasis en las especies de lento desplazamiento.

V. PRINCIPIOS BÁSICOS SOBRE EL RESCATE DE FAUNA SILVESTRE

La importancia de la fauna silvestre va ligada directamente con la conservación de la misma. Al mantener la diversidad de fauna silvestre, mantenemos la biodiversidad, la cual es de vital importancia para los ecosistemas que sostienen.

Para la conservación de la fauna silvestre, es necesario aplicar estrategias de manejo dirigidas a las áreas donde habitan. Cabe aclarar que el manejo es un concepto ligado a la gestión y tiene como objetivos aumentar poblaciones de fauna, mantener sus

poblaciones, disminuir esas poblaciones, o dejarlas únicamente para conservación; que para el caso particular del proyecto, el manejo sólo estará ligado a mantener sus poblaciones y conservarlas a nivel de especie.

Un aspecto importante a considerar durante el rescate, es el movimiento de la fauna desde una población local a otra determinada, lo que se llama dinámica de metapoblaciones. Una metapoblación es un conjunto de poblaciones locales que interactúan entre sí a través del movimiento de individuos. La ecología de metapoblaciones presume, de forma simplificada, que el hábitat adecuado para una especie de interés se manifiesta como una red de parches o hábitats separados entre sí, los cuales varían en tamaño, grado de aislación y calidad.

Otro aspecto considerable, es conocer el grado de movimiento de las especies entre parches, ya que estos pueden cubrir kilómetros en especies de gran capacidad de movimiento o bien unos pocos metros entre organismos con movilidad limitada. En algunos casos, los parches pueden estar conectados por corredores biológicos, los cuales pueden ser parches alargados, cursos de agua o incluso caminos y carreteras.

Una metapoblación incluye también parches parcialmente no ocupados por individuos de una especie focal, por lo que en un escenario ideal, el rescate y la relocalización de especies deberá ser realizado en aquellos parches no ocupados o parcialmente ocupados que presentan las condiciones de hábitat que requiere la especie de interés. Sin embargo, para que una recolocación sea exitosa, es necesario conocer la existencia de potenciales competidores y/o depredadores que podrían limitar su establecimiento.

Con base en las consideraciones expuestas anteriormente y dada la naturaleza del proceso de rescate y relocalización de especies, se ha propuesto entonces, un modelo conceptual que incorpora los aspectos ecológicos más relevantes derivado del marco de metapoblaciones. Este modelo implica el traslado de individuos desde un parche en donde su hábitat será destruido (Parche A), hacia un lugar que presenta un hábitat de condiciones similares y donde eventualmente puede existir otra población de la misma especie (Parche B).

Para efectos del rescate y relocalización de especies, es posible asumir que la afectación del hábitat por el desarrollo del proyecto, detonará la necesidad de movilizar individuos desde el parche degradado hacia uno con atributos ambientales mejor conservados; de tal manera que para cumplir con los objetivos planteados aplicando el modelo conceptual ya descrito, se aplicarán métodos y técnicas de rescate pasivas principalmente, y en algunos casos se aplicarán métodos activos; del mismo modo, se considerará la

ejecución de medidas de tipo ambiental dando un enfoque directo a la conservación de su hábitat.

VI. METODOLOGÍA GENERAL

El plan de acción de éste programa, incluyó como primera actividad el reconocimiento del área en el que será aplicado el rescate, para lo cual se realizó un exhaustivo estudio con la finalidad de identificar los puntos específicos donde se concentrarán las acciones de rescate, y de aquellas áreas donde la fauna mostró mayor actividad. Esta actividad también tuvo la finalidad de maximizar la eficiencia del rescate, disminuyendo el tiempo de traslado entre parches y reduciendo el esfuerzo en zonas con baja densidad poblacional; de igual manera, se tuvo la oportunidad de identificar los parches donde serán reubicados los individuos (en caso de ser necesario) de acuerdo con el modelo propuesto.

La segunda actividad a realizar consistió en determinar los métodos específicos (activos y pasivos) que serán aplicados durante el rescate, por cada grupo faunístico; así como las medidas de protección *in situ* que se aplicarán sobre el hábitat de la fauna y que se describen a continuación.

VII. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA LA FAUNA SILVESTRE

UNO. Previo al inicio de cualquier actividad se realizará la búsqueda de nidos o madrigueras en la superficie de aprovechamiento, y en caso de un resultado positivo, el nido o la madriguera será marcado con estacas y cinta precautoria; y posteriormente será georreferenciado y registrado en bitácora.

DOS. Toda madriguera o nido registrado, permanecerá bajo observación durante un lapso de 48 horas, con la finalidad de determinar si se trata de un refugio activo o en estado de abandono.

TRES. Si la madriguera o el nido resulta estar activo, se procederá a la aplicación de las técnicas de rescate que se proponen en el apartado 10 del presente documento.

CUATRO. Se colocará cinta precautoria con la leyenda "PROHIBIDO EL PASO" en forma perimetral a las áreas que serán conservadas en estado natural y que servirán para el resguardo o reubicación de la fauna rescatada durante la realización de las obras.

CINCO. Se establecerá en el contrato de cualquier persona que labore en la ejecución del proyecto, las siguientes cláusulas:

- ❶ Queda estrictamente prohibida la extracción, captura, caza, comercialización, alimentación y en general cualquier actividad que ocasione un daño directo o indirecto sobre cualquier ejemplar de fauna silvestre, esté o no dentro del área de aprovechamiento.
- ❶ Cualquier persona que sea sorprendida causando daños a la fauna silvestre, ya sea al interior del predio o en sus inmediaciones, será amonestada verbalmente y por escrito; y en caso de reincidencia será suspendido del cargo que le fuera encomendado.

SEIS. Los residuos orgánicos que se generen, principalmente restos de comida, serán almacenados en los contenedores que se instalarán para tal fin, con la finalidad de evitar que dichos residuos resulten un atractivo para la fauna silvestre, reduciendo así, su probabilidad de incidencia dentro de la superficie de aprovechamiento.

SIETE. Se elaborará un tríptico informativo dirigido a todo el personal de la obra en donde se describirán todas y cada una de las medidas aquí propuestas. Así mismo, en dicho documento se informará de las especies con mayor probabilidad de incidencia en el predio y su zona de influencia, a través de fichas técnicas complementadas con imágenes fotográficas.

VIII. MÉTODOS ESPECÍFICOS DE RESCATE

Las técnicas y métodos que se proponen a continuación, están basadas en estudios previos y en la experiencia que se tiene sobre el manejo de vida silvestre; y sólo serán ejecutadas en caso de que algún ejemplar se encuentre en riesgo de ser afectado por el desarrollo del proyecto.

VIII.1. Métodos pasivos

Es importante mencionar que se dará prioridad a la aplicación de estos métodos durante el desarrollo del proyecto, considerando que los mismos tienen un objetivo en común: **evitar el contacto directo con el ejemplar reduciendo el riesgo de daño por estrés o contacto físico.**

VIII.1.1. Método de auyentamiento sonoro

Descripción del método: Consiste básicamente en la emisión de sonidos de frecuencia, ritmo, duración e intensidad variada, como silbidos, gritos y ruidos vocalizados, que tienen por objeto provocar un estado de alerta en el animal, motivándolo a desplazarse fuera de su zona de confort.

Ventajas: Muy efectiva, no implica costos ni daño físico al ejemplar; y desde luego, es práctico y puede ser aplicado por cualquier persona con capacidad de habla.

Desventajas: Requiere del conocimiento y la experiencia previa para aplicar el sonido correcto según la especie; debe aplicarse a una distancia prudente de tal manera que el sonido emitido pueda llegar al campo auditivo del animal. Es ineficiente para especies que carecen del sentido auditivo o que perciben ondas sonoras de baja frecuencia.

Aplicación por grupo faunístico: Aves, reptiles y mamíferos.

VIII.1.2. Método de acarreo en grupo

Descripción del método: Se basa en sorprender al individuo y acorralarlo entre tres o más personas, obstaculizándole todas las rutas de escape y direccionándolo hacia la zona de reubicación.

Ventajas: Muy efectiva y no implica costo alguno; y desde luego, es práctico y puede ser aplicado por cualquier persona con capacidad motriz.

Desventajas: Requiere de coordinación en grupo y gran capacidad de movimiento. Provoca estrés temporal en el individuo; y no resulta efectiva sobre especies adaptadas a la presencia humana o a las condiciones urbanas del medio. Puede ocasionar daños al ejemplar por aplastamiento o lesión durante su escape.

Aplicación por grupo faunístico: Reptiles y mamíferos.

VIII.1.3. Método de espera pasiva

Descripción del método: Consiste en esperar y dejar que el animal abandone el sitio por sus propios medios.

Ventajas: No implica costo alguno; no requiere de personal calificado, ni esfuerzo físico; no provoca estrés ni daño físico al ejemplar.

Desventajas: Poco efectiva, ya que el animal puede reconocer el sitio como una zona segura y en consecuencia permanecerá al interior del área de aprovechamiento. No se tiene control sobre el individuo ni sobre sus rutas de desplazamiento.

Aplicación por grupo faunístico: Aves, reptiles y mamíferos.

VIII.2. Métodos activos

Estos métodos sólo serán utilizados en casos extremos, cuando el ejemplar no pueda ser retirado del predio a través de los métodos pasivos descritos previamente, y sólo si representan un riesgo para el personal de la obra, o en su caso, cuando el desarrollo del proyecto ponga en riesgo la integridad física del animal. Es importante mencionar que para su aplicación se contratará el servicio de un profesional especializado.

VIII.2.1. Método de trampeo

Descripción del método: Consiste en la colocación de trampas según el grupo faunístico; y tiene por objeto capturar al ejemplar para ser retirado del sitio.

Ventajas: Garantiza el retiro del ejemplar del área de aprovechamiento proyectada y puede ser aplicado por dos o menos personas.

Desventajas: Requiere de experiencia y conocimientos previos sobre el manejo y uso de las trampas según el grupo faunístico. Implica costos según la calidad de las trampas. Su aplicación deber ser realizada por un especialista en la materia. Ocasiona estrés prolongado en el animal y en casos extremos puede provocar su muerte. Demanda muchas horas hombre. El cebo utilizado en las trampas puede resultar un atrayente para fauna no deseada.

Aplicación por grupo faunístico: Aves, reptiles y mamíferos.

Algunas de las trampas que se utilizan comúnmente son las Sherman, Tomahawk y redes de niebla, como las que se muestran en las siguientes imágenes:

TIPO DE TRAMPAS



Trampa Sherman



Trampa Tomahawk



VIII.2.2. Método de captura directa

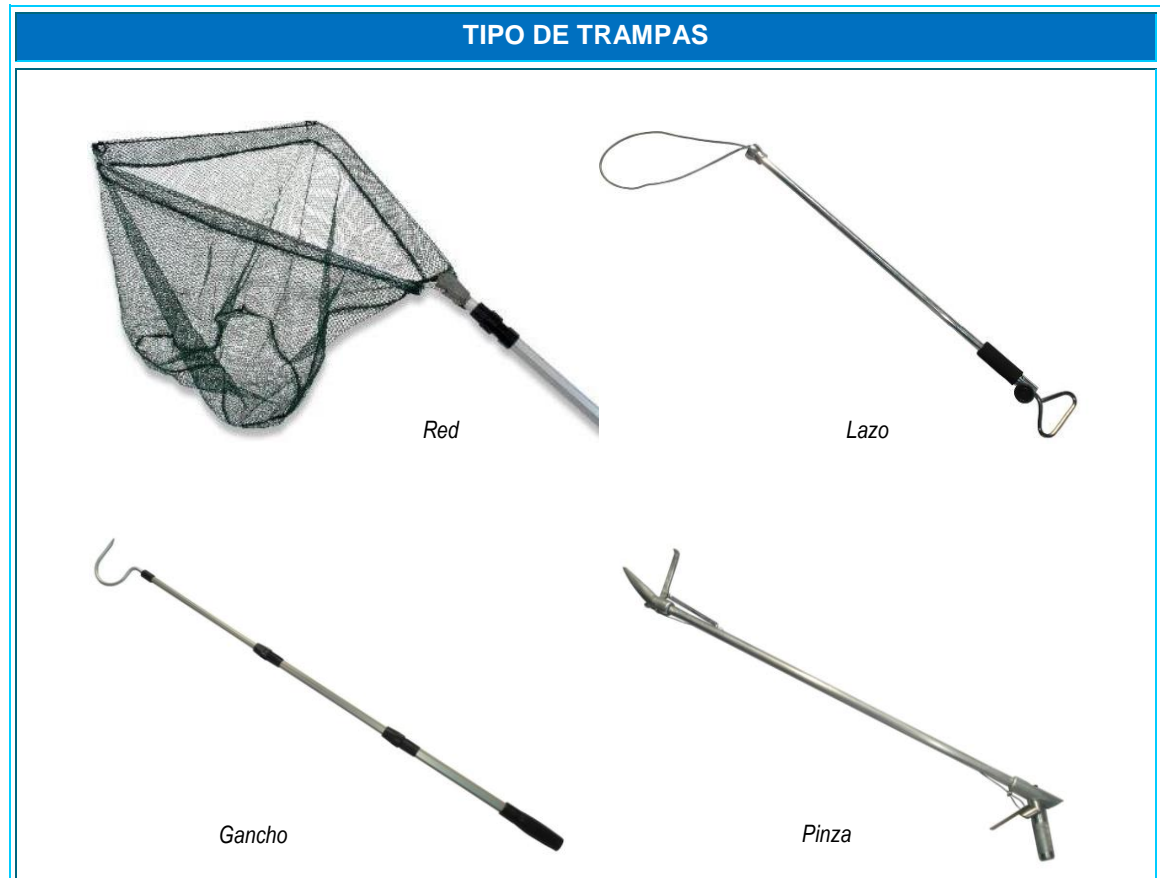
Descripción del método: Consiste en el uso de instrumentos y equipo de contención, cuyo objetivo principal es inmovilizar al animal para evitar que éste se dañe o que pueda causar una lesión al momento de ser manipulado.

Ventajas: Garantiza el retiro del ejemplar del área de aprovechamiento proyectada y puede ser aplicado por una sólo persona.

Desventajas: Requiere de experiencia y conocimientos previos sobre el manejo y uso de los instrumentos. Implica un costo medio según la calidad del equipo utilizado. Su aplicación deber ser realizada por un especialista en la materia. Ocasiona estrés prolongado en el animal. Demanda gran esfuerzo físico y capacidad técnica para manipular al ejemplar.

Aplicación por grupo faunístico: Reptiles y mamíferos.

Algunos de los instrumentos que se utilizan comúnmente son las pinzas, ganchos herpetológicos, redes y lazos con tope, según el grupo faunístico que se maneje. Algunos ejemplos se muestran en las imágenes siguientes:



IX. REQUERIMIENTO DE PERSONAL

Dada la superficie proyectada para el desplante del proyecto y considerando la baja diversidad de fauna en el predio, se requiere de 2 equipos de rescate conformados por un especialista y dos asistentes cada uno.

X. REQUERIMIENTO DE MATERIAL Y EQUIPO

En la siguiente tabla se presenta el listado de materiales y equipo que serán utilizados únicamente durante la aplicación de los métodos activos descritos en el apartado VIII.2; ya que los métodos pasivos no implican el uso de instrumento alguno.

EQUIPO NECESARIO	CANTIDAD
Trampa Sherman	10
Trampa Tomahawk	10
Red de niebla	2
Pinza herpetológica	10
Gancho herpetológico	10
Lazo con tope	10
Red	6
Costales de yute	50

XI. MANEJO DE LOS EJEMPLARES CAPTURADOS

Para evitar, o en su caso reducir el riesgo de daño para el ejemplar capturado con los métodos activos, se seguirán las siguientes reglas de operación:

Regla 1. La captura del animal deberá realizarse en las primeras horas de la mañana, a media tarde o en la noche, con la finalidad de evitar las altas temperaturas, ya que estas pueden ocasionar la deshidratación del ejemplar y en consecuencia su muerte.

Regla 2. Tras la aproximación al animal objeto de la captura, éste deberá ser inmovilizado con seguridad y rapidez.

Regla 3. Si durante las operaciones de aproximación hacia el animal se detecta que tiene alguna lesión de aparente gravedad, se procederá a retirarse a una distancia prudente y se descartará su captura

Regla 4. Si durante el manejo y contención del ejemplar se produce algún daño físico sobre el mismo, éste tendrá que ser trasladado a un hospital veterinario, desde donde, una vez recuperado de las heridas, se devolverá a su hábitat original.

Regla 5. Una vez capturado el ejemplar, éste deberá ser liberado de manera inmediata; sin embargo, en caso de que el ejemplar requiera estar bajo observación antes de ser liberado, éste no podrá permanecer en dicha condición por más de una hora.

Regla 6. El equipo utilizado en la captura deberá estar en óptimas condiciones de uso (libre de óxido, metales sueltos, enmendaduras y piezas dañadas, entre otros).

Regla 7. En ningún caso podrá utilizarse como mascota el ejemplar capturado.

Regla 8. Queda estrictamente prohibida la comercialización del ejemplar capturado.

XII. MANEJO DE LOS EJEMPLARES HASTA EL SITIO DE LIBERACIÓN

Para asegurar el éxito en la liberación de los ejemplares capturados, se deberán acatar las siguientes reglas durante su traslado al sitio de liberación.

Regla 1. Deberá priorizarse la liberación del ejemplar en sitios sombreados, evitando en todo momento los espacios abiertos.

Regla 2. El sitio de liberación deberá presentar espacios que permitan al ejemplar refugiarse durante el proceso de liberación, con la finalidad de evitar posibles depredadores.

Regla 3. Durante el traslado al sitio de liberación, la jaula o bolsa de transporte, deberá estar cerrada con la finalidad de evitar el estrés del ejemplar por contacto físico o visual.

Regla 4. La jaula o bolsa de transporte deberá contar con entradas de aire suficientes para evitar la sofocación del ejemplar capturado.

Regla 5. No podrán trasladarse dos o más ejemplares al mismo tiempo, ya que esto podría ocasionar daños físicos a los ejemplares por hacinamiento.

Regla 6. No podrán liberarse dos o más ejemplares al mismo tiempo, ya que esto podría ocasionar competencia por el espacio, o en su caso, la depredación de algún individuo.

XIII. ESPECIES OBJETIVO

La identificación de las especies que serán objeto del rescate, se llevó a cabo a través del estudio de sitio realizado en la superficie de aprovechamiento (ver capítulo 4), de tal manera que en las tablas siguientes sólo se presenta el listado taxonómico de dichas especies, bajo el supuesto de que pudieran ser afectadas con el desplante del proyecto.

AVES			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle

AVES			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Xtakay
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical

REPTILES			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	Anolis sedoso
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i>	Lagartija común
Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana gris
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa

MAMÍFEROS			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores en total se contempla el rescate de 21 especies de fauna silvestre pertenecientes a tres grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 12 especies distribuidas en 4 órdenes y 8 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies distribuidas en 3 órdenes y 3 familias; y finalmente los mamíferos por 4 especies distribuidas en 4 órdenes y 4 familias No se tuvieron registros de anfibios.

Del total de especies registradas en el predio, una especie se encuentra listada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, a saber: *Ctenosaura similis* (iguana gris) en la categoría de especie amenazada.

XIV. RESULTADOS ESPERADOS

Con la correcta aplicación del programa que se propone, aunado a que el desmonte será realizado por etapas, lo que permitirá anticipar la presencia de fauna en el sitio, se espera el 100 % de éxito en el rescate de las especies propuestas, en el supuesto de que pudieran verse afectadas con el desarrollo del proyecto; así mismo, con el cumplimiento de las reglas de operación planteadas se espera el 100 % de supervivencia de los

ejemplares rescatados; sin embargo, dicho éxito sólo podrá ser alcanzado siempre y cuando el programa sea aplicado por un especialista en la materia, de tal manera que se tiene contemplada la contratación de dicho personal durante la ejecución del proyecto.

XV. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El presente programa se pretende ejecutar en un lapso de 4 años que es el lapso considerado para la ejecución del cambio de uso de suelo, iniciando de manera previa a la realización de cualquier obra o actividad proyectada, en apego a los tiempos establecidos para el desarrollo del presente proyecto.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES									
ETAPA DEL RESCATE:	Previo al inicio y durante la ejecución del CUSTF								
ACTIVIDADES	(*)	SEMESTRES							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Monitoreo de la superficie de aprovechamiento									
Identificación de los ejemplares a rescatar									
Rescate									
Traslado al sitio de liberación									
Monitoreo de los ejemplares liberados									

XVI. SITIO DE LIBERACIÓN

En lo que concierne al programa de fauna, es importante citar que el Aeropuerto de Cancún desde el año 2011 ha obtenido la autorización de sus planes de manejo de fauna ante la autoridad competente en la materia siendo esta la Dirección General de Vida Silvestre, dichos planes se han venido renovando de acuerdo a los años autorizados, la autorización con oficio N° SGPA/DGVS/07584/12 de fecha 29 de agosto de 2012, estableció en la condicionante N° 7 del citado oficio de autorización se estableció lo siguiente:

7.- La liberación de los ejemplares indicados en los incisos No. 5 y 6 deberán llevarse a cabo de preferencia en Áreas Naturales Protegidas, ya sean del orden Federal, Estatal o Municipal, para lo cual se deberán obtener las anuencias por escrito de los titulares de dichas arcas y ser remitidas las copias correspondientes a esta Dirección General. En caso de proponerse sitios de liberación diferentes o fuera de las Áreas Naturales Protegidas, éstos deberán estar ubicados a una distancia no menor de 80 Km distantes del aeropuerto de Cancún, debiéndose anotar para fines de localización

y seguimiento de los ejemplares las coordenadas geográficas correspondientes, así como las respectivas anuencias por escrito de los particulares, debiendo el o (las) áreas de liberación presentar características ecológicas adecuadas para la supervivencia de los ejemplares. En este mismo sentido para facilitar la identificación de los ejemplares a liberar, en el posible caso de que regresen al Aeropuerto, se deberá colocar un anillo, lo cual deberá ser registrado en la bitácora correspondiente.

Por lo anterior y considerando que las áreas naturales protegidas federales son la mejor opción para la reubicación y liberación de especies capturadas dentro del área concesionada al aeropuerto de Cancún, por ello se solicitó a la Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano (CONANP) la anuencia para reubicar las especies capturadas dentro del área concesionada al aeropuerto internacional de Cancún.

Mediante oficio F00.9.DRPYCM/UTCM/PS/00333/2012 de fecha 06 de agosto del 2012, la Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano una vez analizadas las especies a reubicar, el hábitat y los diferentes indicadores para la subsistencia de las especies, autorizó al aeropuerto de Cancún realizar la reubicación de las especies solicitadas en el APFF YUM BALAM, ya que se encuentran presentes en APFF YUM BALAM.

En noviembre del 2014 el aeropuerto de Cancún recibió de la Dirección General de Vida Silvestre una nueva autorización por dos años de vigencia (2014-2016) en el cual se incluyeron otras especies pero derivado de una serie de aclaraciones y dudas sobre algunas de ellas, es hasta enero del 2015 donde la Dirección General de Vida Silvestre deja definidas que especies se van a controlar.

Derivado de la nueva autorización y requerido por la Dirección General de Vida Silvestre se le solicitó a la Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano (CONANP) actualizar el convenio así como las especies a reubicar.

Solicitud que se encuentra en fase de análisis por parte del director del APFF YUM BALAM, ya que se deben evaluar todos los aspectos de cada una de las especies.

Es así, que las especies que no cuentan con autorización para ser liberadas dentro del APFF YUM BALAM, serán liberadas dentro de las áreas con vegetación natural que aún se conservan al interior del predio concesionado, que como se mencionó anteriormente, corresponden a 7'571,968.217 m², considerando que por su cercanía casi inmediata al sitio de aprovechamiento, presentan igualdad de condiciones de hábitat para su subsistencia, por lo tanto, se presenta como una segunda propuesta de reubicación de

la fauna rescatada. El plano de las áreas verdes naturales del proyecto se presenta a continuación; en el caso de las áreas de liberación del APFF YUM BALAM, se requiere de la anuencia de la CONANP para determinar los sitios de liberación, por lo que dependerá de cada caso en particular.



PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS

I. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Ing. Reynaldo Martínez López

II. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

1. Cumplir con lo requerido por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, a través del establecimiento de metodologías y procesos específicos para un adecuado manejo de los residuos que se generen durante el desarrollo del proyecto.
2. Evitar la generación de impactos ambientales relacionados con la producción de residuos durante la ejecución del proyecto.
3. Prevenir y disminuir la generación de residuos, adoptando medidas de separación, reutilización, reciclaje y fomentando la recolección selectiva y otras formas de aprovechamiento.

III. JUSTIFICACIÓN

El presente programa se constituye como una medida preventiva para los impactos ambientales que generará el proyecto, cuya fuente sean los residuos que se produzcan durante la ejecución del mismo; ya que establece métodos y procesos que permitirán prevenir que dichos impactos se manifiesten, reforzando la viabilidad ambiental del proyecto.

IV. RESIDUOS Y SU CLASIFICACIÓN

Durante el desarrollo del proyecto, se espera generar diversos residuos principalmente de tipo sólido; sin embargo, también se espera generar cierto tipo de residuos líquidos, residuos de manejo especial y residuos considerados como peligrosos.

De manera general y para fines del presente programa, los residuos que generará el proyecto, se clasificarán en las categorías que se describen a continuación:

Residuos sólidos urbanos.- Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los

productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole.

Para fines del presente programa, estos residuos estarán clasificados en dos grupos, a saber:

- » **Residuos orgánicos:** Todo residuo sólido biodegradable, proveniente de la preparación y consumo de alimentos, así como otros residuos sólidos susceptibles de ser utilizados como insumo en la producción de composta.
- » **Residuos inorgánicos:** Todo residuo que no tenga características de ser orgánico y que pueda ser susceptible de reutilización y reciclaje, tales como vidrio, papel, cartón plástico, metales no peligrosos y demás, no considerados como de manejo especial, y que provengan de actividades de limpieza o domiciliarias.

Residuos líquidos.- En este rubro se incluyen las aguas residuales que se originarán por el uso de los sanitarios móviles durante la preparación del sitio y construcción del proyecto.

Residuos de manejo especial.- Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Para el presente estudio, estos estos residuos se clasificaron en 4 grupos, a saber:

- » **Residuos sanitarios:** Son aquellos materiales que se desechan al ser utilizados en la higiene personal, que por sus características limiten su reutilización.
- » **Residuos vegetales.** Estos se producirán a causa del desmonte del terreno, en general estarán integrados por ramas, troncos, raíces, hojas, etc.
- » **Residuos de despalme.** Estarán integrados por la capa de piedras y troncos que serán removidos por el despalme del terreno.

- » **Residuos de construcción.** Comúnmente denominados escombros, son cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo”, se genera en una obra de construcción.

Residuos peligrosos.- Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

Emisiones a la atmósfera. Durante la etapa de preparación del sitio, se prevé la generación de polvo, cuyas partículas más diminutas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de la maquinaria que se utilizará durante el desmonte y despalme, y gases a la atmósfera durante el funcionamiento de vehículos particulares y públicos durante la operación de las obras.

V. RESIDUOS QUE SE ESPERA GENERAR EN CADA ETAPA DEL PROYECTO

A continuación se presenta un listado de los posibles residuos que se generarán durante las distintas etapas de ejecución del proyecto:

V.1. ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

Residuos sólidos urbanos. La permanencia de trabajadores en el área, favorecerá la generación de residuos orgánicos e inorgánicos, tales como residuos de comida y envases diversos, mismos que se enlistan a continuación:

- Restos de alimentos perecederos procesados (orgánicos).
- Restos de frutas, verduras y legumbres (orgánicos).
- Bolsas, vasos, envases y cubiertos desechables de plástico (inorgánicos).

Residuos líquidos. En este rubro sólo se incluyen las aguas residuales que se originarán por el uso de los sanitarios móviles.

Residuos de manejo especial. En esta etapa se producirán residuos de manejo especial, particularmente durante las actividades de desmonte, despalme, excavaciones, nivelaciones de terreno, y cualquier otra actividad relacionada con trabajos preliminares para la preparación del terreno; los cuales se enlistan a continuación:

- Residuos sanitarios: papel sanitario usado.

- Residuos vegetales: ramas, troncos, raíces y hojas aéreas.
- Residuos de despalme: piedra suelta y restos vegetales en subsuelo.
- Residuos de construcción: material de relleno (sascab), piedra y grava suelta.

Residuos peligrosos.- A continuación se presenta el listado de los posibles residuos que se generarán en esta etapa del proyecto, catalogados como peligrosos.

- Hidrocarburos (aceite quemado, gasolina, diésel, etc.)
- Residuos sólidos contaminados (material de relleno, polvo, estopas, suelo, subsuelo, etc.)

Emisiones a la atmósfera.- Durante la etapa de preparación del sitio, se prevé la generación de polvo, cuyas partículas más diminutas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de la maquinaria que se utilizará durante el desmonte, despalme y nivelación del terreno.

V.2. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Residuos sólidos urbanos. La permanencia de trabajadores en el área, favorecerá la generación de residuos orgánicos e inorgánicos, tales como residuos de comida y envases diversos, mismos que se enlistan a continuación:

- Restos de alimentos perecederos procesados (orgánicos).
- Restos de frutas, verduras y legumbres (orgánicos).
- Bolsas, vasos, envases y cubiertos desechables de plástico (inorgánicos).

Residuos líquidos. En este rubro sólo se incluyen las aguas residuales que se originarán por el uso de los sanitarios móviles durante la construcción de las obras.

Residuos de manejo especial. En esta etapa se producirán residuos de manejo especial, particularmente durante la construcción de las obras, en los acabados y en la preparación de los materiales de construcción; los cuales se enlistan a continuación:

Los escombros generados en las construcciones están constituidos, principalmente, por residuos de concreto, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra y barro, representando todos estos hasta en un 50% o más. Otro 20% a 30% suele ser madera y productos afines, como formaletas, marcos y tablas; y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, como metales, vidrios, asbestos, materiales de

aislamiento, tuberías, aluminio y partes eléctricas. En la actualidad lo que se recupera de estos es un porcentaje sumamente bajo.

La generación de estos residuos suele darse en las actividades de descapotes, excavaciones, explanaciones, demoliciones, levantamiento de estructuras y obra negra, instalaciones, obra gris, acabados, limpieza en áreas de trabajo y almacenamiento que conforman el proceso constructivo.

A continuación se presenta una tabla que indica la composición de los escombros de construcción.

Material	Porcentaje
Rebabas de concreto	20
Tierra contaminada (mezclada con otros materiales)	40
Sobrantes de concreto	5
Ladrillos (pedazos pequeños)	25
Pedazos de bloque	5
Otros	5

El tipo de residuos que se genera en los proyectos de construcción está directamente relacionado con la etapa del proyecto. En relación con la identificación de los residuos, estos se pueden agrupar en tres grupos principales:

- Estructura

En esta etapa de la obra se pueden identificar los siguientes residuos: acero de refuerzo, acero estructural, madera, concreto, bolsas de papel, pedazos de bloque y ladrillos, plásticos y estereofón.

- Acabados

En esta etapa de la obra se pueden identificar los siguientes residuos: tarros de pintura, madera de acabados, plásticos, gypsum, estructura de hierro galvanizado, cerámica, cartón y papel.

- Subcontratistas

En esta etapa de la obra se pueden identificar los siguientes residuos: pedazos de perling, tubos, cables, gypsum, hierro galvanizado, plásticos, tarros de pintura, pedazos de vidrio, pedazos de cerámica, cartón y papel.

Al analizar la composición de los residuos que se espera generar, se concluye que una gran parte de son reciclables. El potencial del reciclaje dentro del sector es, por lo tanto, bastante elevado.

Residuos peligrosos.- A continuación se presenta el listado de los posibles residuos que se generarán en esta etapa del proyecto, catalogados como peligrosos.

- Hidrocarburos (aceite quemado, gasolina, diésel, etc.)
- Residuos sólidos contaminados (material para acabados, polvo, estopas, piedra).
- Recipientes contaminados (botes de pintura, de pegamento, cemento, cal, etc.).

Emisiones a la atmósfera.- Durante la etapa constructiva, se prevé la generación de polvo, cuyas partículas más diminutas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de vehículos particulares, de transporte y de carga.

V.3. ETAPA OPERATIVA

Residuos sólidos urbanos. Durante la operación de las obras, se generará pequeñas cantidades de este tipo de residuos. Entre los residuos que se espera generar, se citan los siguientes:

- Basura orgánica: es la de cualquier naturaleza que se puede descomponer por procesos naturales, dentro de un período razonable. Son los derivados de la preparación de alimentos, productos de comidas, basura cruda, desperdicios no comerciales, etc.
- Desperdicios comerciales de comida: Incluye los restos de comida consumidos en sitio ocasionalmente.
- Despojos: Es la basura no incluida en los puntos anteriores, la cual consta de vidrios, botes vacíos, etc.

Residuos de manejo especial. En esta etapa se producirán residuos de manejo especial, los cuales se enlistan a continuación:

- Residuos de limpieza y barrido: provenientes de higiene pública urbana, incluyendo todos los residuos del barrido de las vialidades, limpieza de patios, terrazas, alcantarillado, cloacas, plazas y espacios al aire libre.

- Aparatos electrónicos: monitores, teléfonos, impresoras, computadoras y cualquier otro aparato electrónico que en desuso o descompuesto.
- Focos y lámparas en desuso o descompuestos, no fluorescentes y sin metales pesados.
- Residuos de mantenimiento: metales, vidrio, plásticos, tetrapac, aluminio, papel y cartón.
- Equipo de protección personal: cuando los equipos de protección personal cumplen su vida útil, deben ser dispuestos adecuadamente. Entre estos residuos están los zapatos de seguridad, anteojos, tapones auditivos, guantes (antideslizantes, neopreno, nitrilo, cuero, anticorte), equipos de protección contra caídas, entre otros.

Residuos peligrosos.- A continuación se presenta el listado de los posibles residuos que se generarán en esta etapa del proyecto, catalogados como peligrosos.

- Agua con hidrocarburos.
- Fluorescentes u otras lámpara con metales pesados.
- Baterías usadas.
- Aceites usados y grasas usadas: los aceites y grasas usados de cualquier origen (aceites de diferencial, dirección hidráulica, transmisión o líquidos de frenos) son considerados residuos peligrosos y deben manejarse adecuadamente.
- Materiales impregnados con sustancias peligrosas.
- Combustible usado.
- Textiles y recipientes contaminados con aceite, combustibles y solventes.
- Aerosoles: estos residuos deben acumularse en recipiente destinados para dicho fin, deben contar con tapa y estar debidamente identificados. Dichos recipientes deben estar en un sitio de almacenamiento temporal de residuos peligrosos.
- Residuos de solventes: los solventes son residuos líquidos peligrosos y por lo tanto se deben manejar como tales. Los solventes se utilizan principalmente en la

elaboración de pinturas, limpieza de metales, formulación de pesticidas, productos farmacéuticos y otros.

- Todos aquellos residuos peligrosos dados de alta por parte del Aeropuerto Internacional de Cancún, ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Emisiones a la atmósfera.- Durante la operación de las obras se prevé la generación de gases contaminantes, cuyas partículas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de vehículos particulares y de transporte privado y de renta.

VI. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Todo aquel residuo de tipo sólido urbano que se genere durante el desarrollo del proyecto, independientemente de la etapa en la que se encuentre, será recolectado de acuerdo con las siguientes especificaciones técnicas:

1. Identificar y separar los residuos sólidos de acuerdo con su naturaleza, antes de ser retirados del sitio donde fueron originados, de acuerdo con las siguientes categorías:
 - ❖ Residuos orgánicos.
 - ❖ Residuos inorgánicos.
2. Retirar del sitio los residuos sólidos previamente clasificados, con el uso de recipientes con cierre hermético, para evitar que estos sean dispersados por el viento y otros factores durante su traslado.
3. El traslado de estos residuos deberá realizarse en forma manual o con el uso de herramientas manuales (carretillas). El tiempo de traslado deberá ser el mínimo requerido de acuerdo con las distancias que se tengan desde la fuente generadora hasta el sitio de disposición temporal.
4. Los recipientes que se utilicen para el traslado de los residuos, serán llenados hasta las 3/4 partes de su capacidad, con la finalidad de evitar derrames accidentales por rebosamiento.

VII. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS LÍQUIDOS

Se prevé que los únicos residuos líquidos que generará el proyecto (no de manejo especial ni peligroso), son las aguas residuales en las distintas etapas de desarrollo. En el caso particular de las etapas de preparación del sitio y construcción, las aguas residuales serán colectadas dentro de los sanitarios móviles, mediante su uso directo. En cuanto al traslado este correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios móviles, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que celebren las partes interesadas.

VIII. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

En la etapa de preparación del sitio y construcción, los residuos de manejo especial que se generen, serán recolectados en forma manual, o con el uso de trascabos, retroexcavadoras o palas mecánicas, dependiendo de la cantidad y el volumen que se genere. Posteriormente, serán trasladados al sitio de almacenamiento temporal a través de camiones de volteo y camiones de carga de 3 toneladas, para lo cual se tomarán las siguientes precauciones:

1. Los residuos a recolectar deberán estar separados de acuerdo con su naturaleza (rocas, material de relleno sobrante, residuos vegetales, residuos de construcción, etc.), nunca deberán mezclarse.
2. La maquinaria que se utilice en esta fase del proyecto (vagonetas, retroexcavadoras, tractores, compresores) y todo vehículo que se utilice para transportar estos residuos, debe estar en buen estado de conservación, sin fugas de aceites ni de combustibles, con el sistema de evacuación de gases funcionando adecuadamente, de tal manera que el ruido sea el mínimo; además, deberá contar según corresponda, con los permisos de circulación y la revisión técnica vehicular, lo que deberá ser verificado y controlado por la supervisión del proyecto.
3. Los vehículos destinados para tal fin deberán tener involucrados a su carrocería los contenedores o platonos apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad, de manera que se evite el derrame, pérdida del material o el escurrimiento de material húmedo durante el transporte. Por lo tanto, el contenedor o platón debe estar constituido por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios. Los contenedores o platonos empleados para este tipo de carga deben estar en perfecto estado de mantenimiento.

4. La carga debe ser acomodada de tal forma que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor. Además, las puertas de descarga de los vehículos que cuenten con ellas, deben permanecer adecuadamente aseguradas y herméticamente cerradas durante el transporte.
5. No se debería modificar el diseño original de los contenedores o platonos de los vehículos para aumentar su capacidad de carga en volumen o en peso, en relación con la capacidad de carga del chasis. Se debe cubrir la carga transportada con el fin de evitar su dispersión o emisiones fugitivas. La cobertura debe ser de material resistente, para evitar que se rompa o se rasgue y debe estar sujeta firmemente a las paredes exteriores del contenedor o platón de manera que caiga sobre este por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor o platón. Los vehículos mezcladores de concreto y otros elementos que tengan alto contenido de humedad deben tener los dispositivos de seguridad necesarios para evitar el derrame del material de mezcla durante el transporte.
6. Si, además de cumplir con todas las medidas a que se refieren los párrafos anteriores, hay escape, pérdida o derrame de algún material o elemento de los vehículos en áreas de espacio público, este debe ser recogido inmediatamente por el transportador, para lo cual es necesario que cuente con el equipo necesario.
7. El contenedor o platón debe estar en buen estado de mantenimiento, para que no haya lugar a derrames, pérdida o escurrimiento de material húmedo durante el transporte. Las compuertas de descarga tienen que estar herméticamente cerradas durante el transporte.
8. Las salidas de los vehículos de transporte del sitio de las obras y del sitio de disposición final, así como las calles aledañas, deben rotularse con "SALIDA DE EQUIPO PESADO".
9. Es de gran importancia que se definan con anterioridad las rutas por utilizar para el desplazamiento del material en los camiones transportadores, así como las horas de menor tránsito, ya que normalmente, estos camiones, por ir cargados de escombros, deben desplazarse a velocidades mínimas, lo que puede causar impactos en el tránsito vehicular.

IX. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Para la recolección y traslado de los residuos peligrosos que se generen dentro de las instalaciones del proyecto, se seguirán las siguientes recomendaciones:

1. Previo a la recolección de los residuos peligrosos, se deberá identificar la naturaleza de los mismos, es decir, se deberá determinar si son de naturaleza líquida o sólida.
2. Previo a la recolección de los residuos peligrosos se deberá verificar la compatibilidad de los mismos. Se entiende por residuos incompatibles aquellos que al entrar en contacto o mezclarse con otros pueden generar calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas.

A modo de ejemplo, los residuos que contienen agentes oxidantes fuertes (9) son incompatibles con los metales (5), puesto que su contacto puede generar calor y fuego.

3. Envasado.- En el mercado existe una amplia disponibilidad de contenedores para el envasado de los diferentes tipos de residuos peligrosos, tanto para sólidos como para líquidos. A la hora de seleccionar el contenedor se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- El material será compatible con el residuo.
- Presentar resistencia a los golpes y durabilidad en las condiciones de manipulación a las que serán sometidos.
- Permite contener los residuos en su interior sin que se originen pérdidas al ser manipulados.
- Los contenedores más comunes disponibles en el mercado son de plástico (polietileno de alta densidad) y acero (al carbón galvanizado o inoxidable), las formas son cilíndricas, con tapa rosca o tapa y suncho, en volúmenes de 60 a 200 litros. Otros contenedores pueden ser cajas de cartón, cajones de madera o metálicos, bolsas especiales y distintas combinaciones. Para pequeñas cantidades de líquidos se pueden usar envases de vidrio colocándolos dentro de otros contenedores rellenos con material adsorbente.

4. Una vez recolectado el residuo y previo a su traslado, deberá ser etiquetado. El etiquetado tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

Los envases de residuos peligrosos estarán debidamente identificados por medio de etiquetas de riesgo, especificando la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado.

Las etiquetas tendrán una forma de un cuadrado apoyado sobre uno de los vértices, de 10 x 10 cm. En los casos que los materiales presenten más de un riesgo importante se utilizarán etiquetas para indicar el riesgo primario y secundario, colocadas una al lado de la otra.

El envase contará además con una etiqueta de identificación del residuo y el generador, donde figure el código de cuatro dígitos de Naciones Unidas. Estará escrita en el idioma local con letra legible y de tamaño apropiado.

Todas las etiquetas serán resistentes a la intemperie y estarán adosadas al envase en un lugar visible, sobre un color contrastante.

En el caso particular de residuos líquidos producto de derrames accidentales de hidrocarburos u cualquier otra sustancia líquida peligrosa, se seguirán las siguientes recomendaciones:

1. Identificar el tipo de residuo líquido en cuestión.
2. Identificar la fuente generadora del derrame; y en su caso, proceder a su reparación para contener la fuga y remediar el problema.
3. Determinar el radio de afectación ocurrido por el derrame.
4. Aislar el área del derrame utilizando **Loose Fiber**, una capa de arena o polvo de piedra, formando una barrera perimetral para contenerlo y evitar que sea dispersado a otras áreas, hasta que el hidrocarburo sea absorbido en su totalidad.
5. Con el uso de herramientas manuales (palas, cucharas, etc.), retirar el **Loose Fiber**, o cualquier otro material absorbente que se haya utilizado para la contención del derrame.

6. Inmediatamente después de retirar el material absorbente de la zona donde haya ocurrido el derrame, estos deberán ser colocados en recipientes herméticos y completamente cerrados para evitar que el material absorbido se filtre y afecte nuevamente el medio circundante.
7. Como paso final se transportará el recipiente que contenga el material absorbente hasta el sitio de disposición temporal, en el menor tiempo posible de acuerdo con las distancias que se tengan desde la zona del derrame hasta el contenedor temporal. Para agilizar esta acción, y en caso de que el derrame sea de dimensiones considerables, se utilizarán herramientas manuales como carretillas o “diablitos”.

X. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Todos los días se realizarán labores de limpieza dentro de la zona de aprovechamiento con la finalidad de mantenerla en óptimas condiciones de higiene; se consumirán alimentos y bebidas; y se realizarán trabajos diversos en determinados períodos o cuando así se requiera; aunque de manera general, en las distintas etapas del proyecto, se producirán residuos sólidos urbanos. De esta manera, para tener un adecuado manejo de dichos residuos, se instalarán contenedores de basura para cada tipo de residuos que se generen, los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores encargados de ejecutar el proyecto, puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura para un posible reciclaje de la misma.

La basura quedará contenida en bolsas colocadas al interior de cada contenedor para facilitar su manejo. En la siguiente imagen se muestran algunos ejemplos de estos contenedores que se pretende utilizar, los cuales tendrán la característica de ser herméticos al cerrarse, para evitar la proliferación de fauna nociva.



Los residuos sólidos urbanos quedarán acopiados en los almacenes temporales que se instalarán dentro de los campamentos en las etapas de preparación del sitio y construcción; en el caso de la etapa operativa, serán acopiados temporalmente dentro del almacén de residuos sólidos con el que cuenta el aeropuerto internacional de Cancún.

XI. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

A medida que se vayan generando los escombros en las diferentes etapas del proceso constructivo, se debe disminuir al máximo el tiempo que estos permanecen dentro del área del proyecto.

Se busca que el almacenamiento del material no exceda de veinticuatro horas después a la finalización de la obra o actividad. Los sitios, instalaciones, construcciones y fuentes de material deben contar, dentro de los límites del inmueble privado, con áreas o patios donde se efectúe el cargue, descargue y almacenamiento de este tipo de materiales y elementos, así como con sistemas de lavado para las llantas de los vehículos de carga, de tal manera que no arrastren material fuera de esos límites, con el fin de evitar el daño al espacio público. Se deben definir áreas específicas y correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas al máximo en cuanto a su uso, con el fin de reducir las áreas afectadas. Se debe evitar la excesiva acumulación de estos.

Cuando se trata de zonas con distancias y tramos muy largos, como en el caso de instalación de ductos y tuberías, los materiales se deben disponer a lo largo de la obra en la medida en que se vayan requiriendo y evitar la acumulación de dichos materiales por largos periodos. En los sitios seleccionados como lugares de almacenamiento temporal, tanto para obras públicas como privadas, no deben presentarse dispersiones o emisiones al aire de materiales; no deben mezclarse los materiales a que se hace referencia con otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos; y cuando los materiales almacenados son susceptibles de producir emisiones atmosféricas, ya sean o no fugitivas, deben cubrirse en su totalidad o almacenarse en recintos cerrados.

En la siguiente imagen se muestra la forma en la que se almacenarán los residuos dentro de la obra.



XII. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS

Es importante mencionar que el aeropuerto de Cancún cuenta con un almacén temporal de residuos peligrosos ubicado a un costado del almacén general, dicho almacén cuenta con las siguientes características:

- El almacén está dividido en dos áreas: una para líquidos y otra para sólidos.
- Los pisos son de concreto antiderrapante.
- El área de almacenamiento de residuos peligrosos líquidos cuenta con una fosa de captación en caso de un derrame.
- La ventilación e iluminación es natural.
- La estructura se encuentra aterrizada tierra y está protegida por un sistema de pararrayos.
- El almacén cuenta con extintores para usarse en caso de incendio.
- Cuenta con la señalización informativa, restrictiva y preventiva.
- El almacén mencionado es el que se acopia temporalmente los residuos peligrosos generados de las actividades y operaciones del aeropuerto de Cancún. A continuación se muestran fotografías de dicho almacén.



Cabe mencionar que este mismo almacén es que se utilizará para almacenar temporalmente todos los residuos peligrosos que genere el proyecto.

XIII. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Desde el almacén temporal serán entregados al servicio municipal de recolección de basura, quien será el responsable de su disposición final.

XIV. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS

El manejo y disposición final de los residuos líquidos que se generen en los sanitarios móviles, correrá a cargo de la empresa arrendadora, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre entre las partes interesadas. Esto en las etapas de preparación del sitio y construcción.

XV. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Parte de los residuos serán utilizados para el relleno o nivelación del terrenos, los excedentes serán trasladados a escombreras, o en su caso, donde la autoridad municipal lo determine.

XVI. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos generados serán entregados a empresas privadas que cuenten con los permisos correspondientes, quienes se encargarán de su retiro del predio y posterior disposición final.

XVII. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En los siguientes numerales se indican las acciones que se tomarán para minimizar la generación de residuos sólidos urbanos durante el desarrollo del proyecto:

1. Los alimentos serán consumidos fuera de las zonas que se mantendrán con vegetación natural.
2. Al finalizar el horario de comida, todos los residuos generados serán separados y clasificados para su almacenamiento temporal en contenedores específicos.
3. Se evitará la compra de bebidas embotelladas cuyo contenido sea menor a 2 litros.
4. Se evitará el consumo de comida “chatarra” como frituras, botanas, galletas, etc.
 - 4.1. Se promoverá el uso de embaces o recipientes que sean susceptibles de reutilizarse, con la finalidad de evitar la compra de recipientes desechables.
 - 4.2. Los alimentos serán trasladados al área de comida a través de bolsas reutilizables, evitando en todo momento el uso de bolsas desechables.
 - 4.3. Se evitará en todo momento el uso de vasos, platos o cubiertos desechables.
 - 4.4. El agua para beber será proporcionada a través de garrafones de 20 litros, y servida en vasos de plástico o vidrio reutilizables, con la finalidad de evitar la compra de agua embotellada en presentaciones menores.

XVIII. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS

Es importante aclarar en este punto que las aguas residuales que se espera generar provienen de las necesidades fisiológicas de los trabajadores en la etapa de preparación del sitio y construcción, por lo que no es posible controlar el volumen que se espera generar.

XIX. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

- Disponer de los equipos y herramientas adecuadas para cada trabajo o actividad, pues esto disminuye la producción de residuos.
- Utilizar material normalizado y en las dimensiones ajustadas a las líneas arquitectónicas, ya que se reduce la producción de retazos o retales.
- Organizar adecuadamente los sitios de trabajo en relación con sus condiciones físicas: acceso, iluminación y ventilación, para de esta forma evitar accidentes e impedir la generación de desperdicios.
- Ubicar los materiales al alcance del trabajador, para mejorar el rendimiento de la labor y disminuir pérdidas de material por accidente o error.
- Organizar el suministro de materiales, preferiblemente de forma mecanizada, para abastecer eficientemente todos los puestos de trabajo, mediante caminos expeditos y ventilados que eviten pérdidas de material y producción de desperdicios.
- Dotar a los trabajadores de elementos adecuados para el manejo de los materiales, con el fin de que no se produzcan pérdidas en su manipulación.
- Descargar de forma ordenada y apilar los materiales y elementos correctamente.
- Coordinar los suministros y transportes con el ritmo de ejecución de la obra. No mantener niveles de “stock” muy altos en la obra, ya que con el tiempo producirán material inservible o desechable.

XX. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN RESIDUOS PELIGROSOS

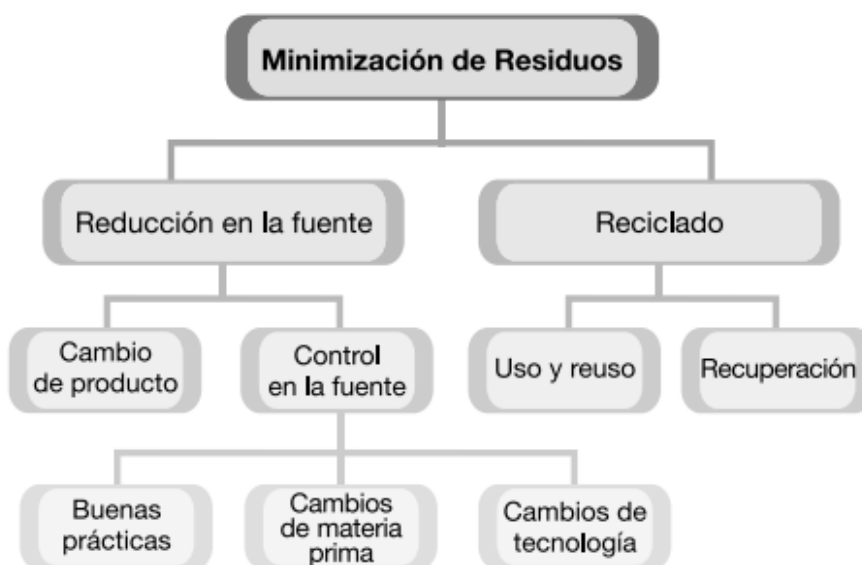
La producción de cualquier producto implica inevitablemente la generación de residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos, que no son otra cosa que pérdidas de materias primas y

de energía del proceso productivo. Es decir, la producción de residuos es un indicador directo del grado de ineficiencia de un proceso.

La minimización de residuos consiste en reducir el volumen y la peligrosidad de residuos generados, basándose en dos aspectos fundamentales:

- Reducción en la fuente
- Reciclado

La reducción en la fuente y el reciclado consisten en una serie de procedimientos, los cuales se presentan en forma esquemática en la siguiente figura. Entre estas dos alternativas siempre debe preferirse la reducción de la fuente.



XXI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta una propuesta de trabajo que abarca un período de 7 días (una semana), el cual será replicado durante todo el proceso de cambio de uso del suelo.

ACTIVIDADES	DÍAS (SEMANAL)						
	1	2	3	4	5	6	7
Limpieza del sitio	X	X	X	X	X	X	X
Recolección de residuos	X	X	X	X	X	X	X
Almacenamiento temporal de residuos		X	X		X	X	
Supervisión de las áreas de trabajo	X		X		X		X
Disposición final de residuos*	X			X			X

CAPÍTULO 9. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El objetivo de éste capítulo es presentar una predicción del comportamiento que tendrá el sistema ambiental en un espacio y tiempo determinados bajo diferentes escenarios, considerando la existencia o ausencia del proyecto, así como las medidas preventivas o de mitigación propuestas en el capítulo 8 del presente manifiesto.

9.1. ESCENARIO 1: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL SIN EL PROYECTO

9.1.1. Aire

No existe suspensión de sedimentos ni de partículas contaminantes; sin embargo, las fuentes móviles que dan origen a la producción de gases contaminantes se siguen manteniendo en forma constante, debido al tránsito aéreo y terrestre que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún.

9.1.2. Suelo

Actualmente éste recurso se encuentra en buen estado de conservación dentro de las áreas sujetas a cambio de uso de suelo; en donde se observa cubierto con vegetación nativa. En esas zonas se conservan los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato. No existe erosión del suelo y su relieve se mantiene uniforme.

9.1.3. Hidrología (subterránea)

Con la ausencia del proyecto el 100% de la superficie de aprovechamiento que presenta cobertura vegetal, conserva su permeabilidad, lo que facilita la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc).

9.1.4. Biodiversidad (flora y fauna)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las colindancias de la zona de aprovechamiento, se encuentran las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana. No obstante lo anterior, el hábitat se sigue conservando al 100% dentro de las áreas con cobertura vegetal de la superficie de aprovechamiento, y se mantienen los procesos biológicos de recolonización, reproducción, y todas las relaciones de interdependencia

entre especies, así como las cadenas tróficas en los diferentes niveles de la cadena alimenticia.

9.1.5. Paisaje

Dentro de las áreas de aprovechamiento el entorno natural predomina sobre los elementos antrópicos, la calidad del paisaje es de tipo urbana. Se siguen haciendo presentes elementos de alteración, como la actividad humana dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún principalmente.

9.1.6. Medio socioeconómico

El sitio de aprovechamiento no ofrece un beneficio económico para sus posesionarios, ni para la gente de la localidad; no se generan empleos, no hay derrama económica, y no se promueve la actividad comercial.

9.1.7. Servicios ambientales

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro del 100% de la superficie de aprovechamiento, se mantienen constantes y sin cambios que afecten su potencial como generador de oxígeno, captador de carbono; así como su calidad escénica, la protección de la biodiversidad, protección de los suelos, captación de agua en cantidad y calidad, entre otros.

9.2. ESCENARIO 2: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL CON EL PROYECTO, PERO SIN LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS O DE MITIGACIÓN

9.2.1. Aire

La suspensión de sedimentos y de partículas contaminantes se hace presente, sin embargo, no se tiene control sobre su emisión y expansión dentro del sistema ambiental o sus inmediaciones, al grado de afectar las zonas aledañas que mantienen su cobertura vegetal. Las fuentes móviles (maquinaria) empleadas en el desmonte y despalme, dan origen a la producción de gases contaminantes y contribuyen con un ligero incremento en la emisión de gases que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún y en el sistema ambiental en general. La emisión de gases por parte de la maquinaria, se encuentra fuera de Norma, pues no cuentan con el servicio de mantenimiento adecuado para operar en forma amigable con el medio ambiente.

9.2.2. Suelo

Se remueve el 100% de éste recurso dentro de las zonas de aprovechamiento que presentan cobertura vegetal, y al eliminarse esta, se pierden los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato. Se generan procesos de sellado por el desplante de obras. El relieve sufre cambios, pues ocurren excavaciones y rellenos. Existe un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos, los cuales ocasionan la contaminación del suelo.

9.2.3. Hidrología (subterránea)

Con la existencia del proyecto se producirá el sellado del suelo en el 100% de la superficie total de aprovechamiento, donde se pierde su permeabilidad, por lo que se ve disminuida la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc). No existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, los cuales ocasionan la contaminación del suelo, que a su vez influye de manera directa en la contaminación del manto freático, afectando la provisión de agua en calidad. Ocurren casos de micción y defecación al aire libre, los cuales se convierten en fuentes potenciales de contaminación del acuífero subterráneo. Se mantiene más el 70% del predio concesionado como área permeable.

9.2.4. Biodiversidad (flora y fauna)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las colindancias de la zona de aprovechamiento, se encuentra el Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana; sin embargo, dicha perturbación se incrementa con la presencia del personal responsable de la ejecución del proyecto. Sin el control adecuado de los trabajos proyectados, existe mortandad de la flora y la fauna por remoción o aplastamiento, reduciéndose la densidad de individuos de cada especie, al grado de perderse aquellas de escasa distribución. Con la remoción de la cobertura vegetal en la superficie de las áreas de aprovechamiento que presentan vegetación, los procesos biológicos de recolonización, reproducción, y todas las relaciones de interdependencia entre especies, así como las cadenas tróficas en los diferentes niveles de la cadena alimenticia, se ven alteradas, y en algunos casos se pierden. Existe una eliminación total del hábitat para la flora y la fauna asociada a las áreas de aprovechamiento. A nivel del sistema ambiental no se altera ni modifican las poblaciones de flora y fauna nativa, pues aun se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

9.2.5. Paisaje

Dentro de las áreas de aprovechamiento el entorno antrópico predomina sobre los elementos naturales, la calidad del paisaje es de tipo urbana. Se siguen haciendo presentes elementos de alteración, tales como la actividad humana dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún, principalmente. Al paso del tiempo el paisaje termina por absorber el proyecto, pues en el paisaje característico del sistema ambiental, predominan los elementos antrópicos.

9.2.6. Socioeconómico

El predio ofrece un beneficio económico para sus poseedores y para la gente de la localidad; al generar empleos, derrama económica, y al activar el comercio local. Sin embargo, también se generan residuos sólidos y líquidos que producen la contaminación del medio, y en ocasiones generan problemas de insalubridad, pues existe un manejo inadecuado de los mismos.

9.2.7. Servicios ambientales

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro de las áreas de aprovechamiento que presentan cobertura vegetal, se pierden con su eliminación, lo cual afecta su potencial como generador de oxígeno, captador de carbono; así como su calidad escénica, la captación de agua en calidad, la protección de la biodiversidad y la protección de los suelos; pues se pierde totalmente la cobertura vegetal, existe contaminación por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos; y el suelo queda expuesto a las condiciones climáticas de la zona. La captación de agua en cantidad se pierde en el 60% de la superficie de aprovechamiento, pero se mantiene el 70% del predio concesionado como área permeable. A nivel del sistema ambiental no se altera ni modifica la prestación de los servicios ambientales, pues aun se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

9.3. ESCENARIO 3: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL CON EL PROYECTO, Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS O DE MITIGACIÓN

9.3.1. Aire

La suspensión de sedimentos y de partículas contaminantes se controla, al grado de ser suprimidos del medio, y se evita la contaminación por dichos factores. Las fuentes

móviles que dan origen a la producción de gases contaminantes se siguen manteniendo en forma constante, debido al tránsito aéreo y terrestre que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún. No obstante que el proyecto contribuye con un ligero incremento en la emisión de dichos gases por el uso de maquinaria, estos serán mínimos y poco significativos, puesto que los vehículos contarán con servicio y mantenimiento periódico, lo que reduce sus emisiones a la atmósfera.

9.3.2. Suelo

Se pierde el 100% de éste recurso, ya que es removido de las zonas de aprovechamiento; sin embargo, al eliminarse la cobertura vegetal se pierden los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato. Ocurre la pérdida del suelo por sellado de la superficie de desplante, lo que se traduce en la ausencia procesos erosivos. El relieve sufre cambios, pues ocurren excavaciones y rellenos. Existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, lo que se traduce en ausencia de contaminación del suelo. Se lleva a cabo el rescate de la capa fértil de suelo, lo que permite su permanencia dentro del sistema ambiental. Se crean espacios ajardinados que conservan cobertura vegetal nativa, que sirven como áreas de protección y regeneración del suelo.

9.3.3. Hidrología

Con la existencia del proyecto el 60% de la superficie de aprovechamiento pierde su permeabilidad, sin embargo, no ve afectada la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo, dado que se mantiene más del 70% del predio concesionado como área permeable. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc.). Existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, lo que se traduce en la ausencia de contaminación del suelo, que a su vez beneficia la provisión de agua en calidad. No ocurren casos de micción y defecación al aire libre, pues se instalan sanitarios móviles y existe una supervisión constante del área a fin de detectar conflictos de este tipo, y en su caso, remediarlos.

9.3.4. Biodiversidad (flora y fauna)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las inmediaciones de la zona de aprovechamiento, opera el Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana; sin embargo, dicha perturbación se incrementa con la presencia del personal responsable de la construcción del proyecto; no obstante lo anterior, se imparten pláticas ambientales a los trabajadores para que realicen sus trabajos de acuerdo a lo previsto en el proyecto, sin salirse de la norma; se

lleva un control de los trabajos proyectados y en forma conjunta se realizan actividades preventivas encaminadas a evitar el daño o contaminación de los recursos naturales existentes en el sitio. Se lleva a cabo un rescate de flora y fauna silvestre, lo que evita la mortandad de estos recursos por remoción o aplastamiento; se reduce la densidad de individuos de cada especie, sin embargo, un porcentaje significativo de las mismas se resguardan con el rescate, conservando su acervo genético. Se crean espacios ajardinados que conservan cobertura vegetal nativa, las cuales sirven como áreas de protección y refugio de la fauna silvestre, además que sirven para la reubicación de un porcentaje de las plantas rescatadas.

9.3.5. Paisaje

Dentro de las áreas de aprovechamiento y su área de influencia, el entorno antrópico predomina sobre los elementos naturales, la calidad del paisaje es de tipo urbana. Se siguen haciendo presentes elementos de alteración, tales como la actividad humana dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún, principalmente. Al paso del tiempo el paisaje termina por absorber el proyecto, pues en el paisaje característico del sistema ambiental, predominan los elementos antrópicos.

9.3.6. Socioeconómico

El predio ofrece un beneficio económico para sus poseedores y para la gente de la localidad; al generar empleos, derrama económica, y al activar el comercio local. Existe un control y manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos por lo que no ocurre la contaminación del medio.

9.3.7. Servicios ambientales

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro de las áreas de aprovechamiento que presentan cobertura vegetal, se pierde en el 60%; sin embargo la afectación ocurre a nivel puntual, pues en el sistema ambiental no se altera ni modifica la prestación de los servicios ambientales, ya que aún se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

CAPÍTULO 10: IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL DTU-B

Bajo protesta de decir verdad, se declara que los resultados presentados en el Documento Técnico Unificado, 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, la cual se describe en los siguientes apartados:

10.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Para la elaboración del presente estudio se utilizaron diversos equipos y materiales de última generación, para obtener resultados confiables y fidedignos, los cuales se enuncian a continuación:

10.1.1. Planos georreferenciados

Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran éste estudio, se utilizaron los programas **Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”)** y **AutoCAD 2013**; con un escala en tiempo real, cuyas coordenadas se encuentran proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, de la República Mexicana. De igual manera se utilizaron los datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), a escalas 1:1000000 y 1:250000.

10.1.2. Planos arquitectónicos

Los planos arquitectónicos que ilustran las áreas de aprovechamiento del proyecto, fueron realizados con base en el programa AutoCAD 2013.

10.1.3. Imágenes satelitales

Las imágenes presentadas en los diversos capítulos que integran éste estudio, particularmente las satelitales, fueron obtenidas de imágenes Landsat, Ortofotos y del programa Google Earth (2013), con coordenadas proyectadas en unidades UTM

(Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana.

10.1.4. Fotografías

Las fotos que enriquecen los textos descritos en el presente manifiesto, fueron tomadas a través de una cámara digital marca Nikon Coolpix L120, con una resolución máxima de 14.1 megapíxeles efectivos.

10.1.5. Imágenes gráficas

Las imágenes que se presentan en los capítulos de este estudio (no imágenes satelitales, ni fotografías), fueron tomadas directamente de la red de internet.

10.1.6. Coordenadas

Todas las coordenadas presentadas en los diversos capítulos que integran el presente documento, fueron recabadas a través de un geoposicionador satelital (GPS) de la marca Garmin, modelo Etrex. Las coordenadas se presentan con proyección en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana. Estas mismas coordenadas fueron corroboradas por medio del programa Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”).

10.2. BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- ▶ Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- ▶ Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

- ▶ Arellano Rodríguez, J. Alberto, J. Salvador Flores Guido, J. Tun Garrido y Ma. Mercedes Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- ▶ Gaceta Oficial del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. 2011. Caracterización Ambiental del Municipio de Benito Juárez.
- ▶ Gómez Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. 750 pp.
- ▶ Juan M. Torres, R. y Alejandro Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.
- ▶ Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

- ▶ Navarro S., A. AICA: C-26, Omiltemi. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).
- ▶ Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2014. Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
- ▶ Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2014. Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de la Ciudad de Cancún, Actualización 2014.
- ▶ Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000. “Conservación del Recurso Agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.
- ▶ Ricardo O, Russo. 2009. Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Universidad Earth Unidad de carbono neutro.
- ▶ Rodríguez, P. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Escala y diversidad de especies. In: Monroe, J.J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109-114 pp.

10.3. PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

- ▶ <http://www.conabio.gob.mx>
- ▶ <http://www.ine.gob.mx>
- ▶ <http://www.inegi.gob.mx>
- ▶ <http://www.semarnat.gob.mx>
- ▶ <http://www.conanp.gob.mx>
- ▶ <http://www.conafor.gob.mx>
- ▶ <http://www.cronchoil.com>