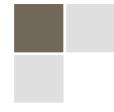


DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

Para el cambio de uso de suelo en terrenos
forestales

PROYECTO:
CIUDAD HUAYACÁN



ÍNDICE

I	DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE	I-1
I.1	NOMBRE DEL PROYECTO	I-1
I.2	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROMOVENTE.....	I-1
I.3	UBICACIÓN (DIRECCIÓN) DEL PROMOVENTE	I-1
I.4	SUPERFICIE SOLICITADA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y TIPO DE VEGETACIÓN FORESTAL	I-1
I.5	DURACIÓN DEL PROYECTO	I-1
II	USOS QUE SE PRETENDAN DAR AL TERRENO.....	II-1
II.1	OBJETIVO DEL PROYECTO	II-1
II.2	NATURALEZA DEL PROYECTO.....	II-1
II.2.1	<i>Uso multifamiliar</i>	<i>II-2</i>
II.2.2	<i>Uso comercial de subcentro urbano</i>	<i>II-3</i>
II.2.3	<i>Vialidades</i>	<i>II-4</i>
II.2.4	<i>Áreas permeables y áreas verdes</i>	<i>II-5</i>
II.2.5	<i>Servicios</i>	<i>II-6</i>
II.2.6	<i>Otros</i>	<i>II-6</i>
II.3	JUSTIFICAR POR QUÉ LOS TERRENOS SON APROPIADOS AL NUEVO USO.....	II-7
II.4	PROGRAMA DE TRABAJO	II-9
II.4.1	<i>Primera fase.....</i>	<i>II-9</i>
II.4.2	<i>Segunda fase</i>	<i>II-10</i>
III	UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO Y DELIMITACIÓN DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO	III-1
III.1	UBICACIÓN DEL PREDIO O CONJUNTO DE PREDIOS DONDE SE UBICA EL PROYECTO	III-1
III.2	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOPOLÍTICA	III-2
III.3	UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN FÍSICA DE LA SUPERFICIE DEL PROYECTO	III-3
III.4	INDICAR SI EL PROYECTO SE UBICA DENTRO DE ALGUNA MODALIDAD DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP).....	III-6
IV	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL EN DONDE SE UBIQUE EL PREDIO	IV-1
IV.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO	IV-1
IV.2	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL	IV-4
IV.2.1	<i>Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema ambiental de la cuenca</i>	<i>IV-4</i>
IV.3	MEDIO FÍSICO.....	IV-6
IV.3.1	<i>Clima</i>	<i>IV-6</i>
IV.3.2	<i>Geomorfología</i>	<i>IV-8</i>
IV.3.3	<i>Geología.....</i>	<i>IV-11</i>
IV.3.4	<i>Suelos.....</i>	<i>IV-14</i>
IV.4	MEDIO BIOLÓGICO.....	IV-18
IV.4.1	<i>Tipos de Vegetación.....</i>	<i>IV-18</i>
IV.4.2	<i>Riqueza florística</i>	<i>IV-25</i>
IV.4.3	<i>Abundancia y densidad.....</i>	<i>IV-32</i>
IV.4.4	<i>Índice de Valor de Importancia</i>	<i>IV-34</i>
IV.4.5	<i>Índice de diversidad</i>	<i>IV-37</i>

IV.4.6	<i>Estado de conservación de la Selva Mediana Subperennifolia en la microcuenca Cancún ..</i>	IV-40
IV.4.7	<i>Fauna</i>	IV-42
IV.4.8	<i>Conclusiones sobre el estudio de fauna en la microcuenca Cancún ..</i>	IV-51
V	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PREDIO QUE INCLUYA LAS FINES A QUE ESTE DESTINADO, CLIMA, TIPO DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y FAUNA .	V-1
V.1	CLIMA	V-1
V.2	SUELO	V-2
V.3	PENDIENTE MEDIA	V-3
V.4	HIDROGRAFÍA	V-4
V.5	TIPOS DE VEGETACIÓN	V-6
V.5.1	<i>Metodología para descripción de la vegetación</i>	V-8
V.5.2	<i>Estructura y composición de la vegetación</i>	V-10
V.5.3	<i>Estado de conservación de la vegetación del predio</i>	V-18
V.6	FAUNA	V-19
V.6.1	<i>Resultados</i>	V-25
V.6.2	<i>Conclusiones generales del estudio de fauna</i>	V-35
V.7	ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LA MICROCUENCA Y PREDIO	V-35
VI	ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR ESPECIE DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	VI-1
VI.1	TAMAÑO DE MUESTRA	VI-1
VI.2	INVENTARIO FORESTAL.....	VI-2
VI.3	VARIABLES DASOMÉTRICAS.....	VI-4
VI.3.1	<i>Densidad</i>	VI-5
VI.3.2	<i>Área basal</i>	VI-7
VI.3.3	<i>Volumen</i>	VI-9
VII	PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	VII-1
VII.1	CAPACITACIÓN DE PERSONAL	VII-2
VII.2	INSTALACIÓN DE LETRINAS PORTÁTILES.....	VII-2
VII.3	DELIMITACIÓN TOPOGRÁFICA.....	VII-2
VII.4	MARCAJE DE PLANTAS A RESCATAR	VII-3
VII.5	SELECCIÓN E INSTALACIÓN DEL VIVERO	VII-4
VII.6	RESCATE DE VEGETACIÓN	VII-4
VII.7	RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA	VII-4
VII.8	MANTENIMIENTO DE PLANTA EN VIVERO	VII-5
VII.9	DESMONTE Y DESPALME	VII-5
VII.10	APROVECHAMIENTO DE MATERIAL DE DESMONTE	VII-6
VII.11	MANEJO DE RESIDUOS	VII-6
VII.12	URBANIZACIÓN	VII-7
VII.13	CONSTRUCCIÓN DE LAS MANZANAS	VII-7
VIII	VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES	VIII-1
IX	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	IX-1

IX.1	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	IX-1
IX.1.1	<i>Identificación de las acciones que pueden causar impactos al ambiente</i>	IX-2
IX.1.2	<i>Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos</i>	IX-5
IX.1.3	<i>Identificación de impactos.....</i>	IX-7
IX.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	IX-9
IX.2.1	<i>Análisis de la caracterización de los impactos</i>	IX-42
IX.3	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	IX-44
IX.4	CONCLUSIONES	IX-49

X MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRE, APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO X-1

X.1	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	X-1
X.1.1	<i>Medida: Verificación y mantenimiento de maquinaria y equipo de transporte</i>	X-2
X.1.2	<i>Medida: Evitar el uso de fuego como método de desmonte</i>	X-4
X.1.3	<i>Medida: Rescate de Flora, reforestación y jardinería</i>	X-4
X.1.4	<i>Medida: Rescate y protección de Fauna.....</i>	X-6
X.1.5	<i>Medida: Establecimiento de una zona permeable.....</i>	X-7
X.1.6	<i>Medida: Evitar el uso de químicos como método de desmonte</i>	X-8
X.1.7	<i>Medida: Manejo adecuado de residuos.....</i>	X-9
X.1.8	<i>Medida: Aprovechamiento del material de desmonte y despalme</i>	X-14
X.1.9	<i>Medida: Establecimiento de un drenaje pluvial separado del drenaje sanitario.....</i>	X-15
X.1.10	<i>Medida: Conexión al drenaje municipal.....</i>	X-16
X.1.11	<i>Medida: Uso de letrinas portátiles.....</i>	X-17
X.1.12	<i>Medida: Programa de concientización y capacitación.....</i>	X-18
X.2	VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O CORRECCIÓN.....	X-20
X.3	IMPACTOS RESIDUALES	X-23
X.4	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO.....	X-25
X.5	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO	X-26
X.6	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	X-27
X.7	PRONÓSTICO AMBIENTAL.....	X-27
X.8	PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL	X-28
X.9	SEGUIMIENTO Y CONTROL	X-31

XI SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO XI-1

XI.1	PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD Y CANTIDAD	XI-1
XI.2	CAPTURA DE CARBONO	XI-8
XI.3	GENERACIÓN DE OXÍGENO.....	XI-10
XI.4	AMORTIGUAMIENTO DEL IMPACTO DE FENÓMENOS NATURALES	XI-12
XI.5	MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA.....	XI-13
XI.6	PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ECOSISTEMAS Y FORMAS DE VIDA.....	XI-15
XI.7	PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS	XI-16
XI.8	PAISAJE Y RECREACIÓN	XI-17

XII JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO XII-1

XII.1	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	XII-1
XII.1.1	<i>No se compromete la biodiversidad.....</i>	XII-1
XII.1.2	<i>No se provoca la erosión de los suelos.....</i>	XII-3
XII.1.3	<i>No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su capacidad ...</i>	XII-4
XII.1.4	<i>El uso propuesto es más productivo a largo plazo.....</i>	XII-5
XII.2	JUSTIFICACIÓN SOCIAL	XII-6
XIII	DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y EN SU CASO DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN	XIII-1
XIII.1	RESPONSABLE TÉCNICO.....	XIII-1
XIII.2	REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTE, CURP Y CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO.	XIII-1
XIII.3	NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL.....	XIII-1
XIII.4	DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES	XIII-1
XIV	VINCULACIÓN Y APLICACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.....	XIV-1
XIV.1	PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET).....	XIV-1
XIV.1.1	<i>Criterios generales</i>	XIV-3
XIV.1.2	<i>Criterios específicos.....</i>	XIV-17
	<i>Criterios específicos para el recurso agua.....</i>	XIV-17
	<i>Criterios específicos para el recurso suelo y subsuelo.....</i>	XIV-22
	<i>Criterios específicos para los recursos flora y fauna</i>	XIV-25
	<i>Criterios específicos para el recurso paisaje</i>	XIV-30
XIV.2	DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	XIV-35
XIV.3	REGIONES PRIORITARIAS	XIV-36
XIV.3.1	<i>Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún-Tulum.....</i>	XIV-36
XIV.3.2	<i>Región terrestre prioritaria 146 Dzilam – Ría Lagartos – Yum Balam</i>	XIV-38
XIV.3.3	<i>Región marina prioritaria Dzilam - Contoy</i>	XIV-39
XIV.4	NORMAS OFICIALES MEXICANAS	XIV-41
XIV.4.1	<i>Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006.....</i>	XIV-41
XIV.4.2	<i>Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015.....</i>	XIV-41
XIV.4.3	<i>Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.....</i>	XIV-41
XIV.4.4	<i>Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994.....</i>	XIV-42
XIV.4.5	<i>Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.....</i>	XIV-42
XIV.5	PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU).....	XIV-43
XIV.5.1	<i>Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030</i>	XIV-43
XIV.6	OTROS INSTRUMENTOS A CONSIDERAR	XIV-50
XIV.6.1	<i>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</i>	XIV-50
XV	ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA AL CAMBIO DE USO DE SUELO	XV-1
XV.1	RESULTADOS	XV-3

XVI ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DE SUELOXVI-1
XVI.1 ESPECIES Y DENSIDAD DE PLANTACIÓN	XVI-2
XVI.2 ACTIVIDADES A CORTO PLAZO (1 AÑO).....	XVI-3
XVI.3 ACTIVIDADES A MEDIANO PLAZO (2 A 5 AÑOS)	XVI-4
PRODUCCIÓN Y/O ADQUISICIÓN DE PLANTA PARA REPOSICIÓN	XVI-4
XVI.4 ACTIVIDADES A LARGO PLAZO (>5 AÑOS)	XVI-5
XVI.5 COSTOS DE LA RESTAURACIÓN.....	XVI-5
XVII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES	XVII-1
XVII.1 BIBLIOGRAFÍA	XVII-1

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO

CIUDAD HUAYACÁN

I.2 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROMOVENTE

HUAYACAN URBANA, S.A. DE C.V. en representación de BANCO INVEX, SOCIEDAD ANÓNIMA, INSTITUCIÓN DE BANCO MÚLTIPLE, GRUPO FINANCIERO INVEX, Fiduciario del FIDEICOMISO 2291/2015.

I.3 UBICACIÓN (DIRECCIÓN) DEL PROMOVENTE

Avenida Bonampak y Boulevard Kukulkán, Mza. 27, Lote 12, Zona Hotelera, Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

I.4 SUPERFICIE SOLICITADA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y TIPO DE VEGETACIÓN FORESTAL

La superficie solicitada para el cambio de uso de suelo es 28 ha, equivalentes al 100% de la superficie del predio con vegetación secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia.

I.5 DURACIÓN DEL PROYECTO

Se estima que la vida útil del proyecto será de 80 años.

II USOS QUE SE PRETENDAN DAR AL TERRENO

II.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

Ciudad Huayacán es un proyecto cuya meta es generar un desarrollo urbano integralmente planificado de forma tal que posea la funcionalidad de una micro-ciudad, generando con ello una oferta no sólo de vivienda sino de un estilo de vida que no existe en la zona. Ciudad Huayacán ofrecerá un concepto en el cual la circulación peatonal será privilegiada al tener un fácil acceso a cada uno de los servicios urbanos contemplados por el plan maestro del mismo.

Más que sólo un lugar para vivir, Ciudad Huayacán pretende ofrecer un estilo de vida integral, donde la principal esencia es la vida relajada de un pueblo en un entorno moderno y funcional que permita reducir el uso del automóvil, todo ello bajo el paradigma de desarrollo sustentable.

II.2 NATURALEZA DEL PROYECTO

Ciudad Huayacán se presenta como un plan maestro en el cual se pretenden establecer tanto viviendas como unidades comerciales de acuerdo a lo establecido por los instrumentos en materia urbana y ambiental. En razón de esto, el predio donde se pretende llevar a cabo el plan maestro

“Ciudad Huayacán” converge en dos usos de suelo de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030 (PDU) tal y como se manifiesta en la **Figura II:1**, donde los usos de suelo concernientes al predio son Habitacional (H-60) y Comercial de Subcentro Urbano (SCU), con densidad bruta de 60 viv/ha y densidad neta de 75 viv/ha respectivamente.



Figura II:1. Usos de suelo del predio de acuerdo con el PDU.

En razón de lo anterior el proyecto “Ciudad Huayacán” integra una zonificación que contempla el establecimiento de 19 manzanas; las cuales serán destinadas a uso multifamiliar, que se divide en tres tipos H3M2, H3M3 y H3M4 y comercial de subcentro urbano. La distribución de uso de suelo por manzana se presenta en la **Figura II:1**.

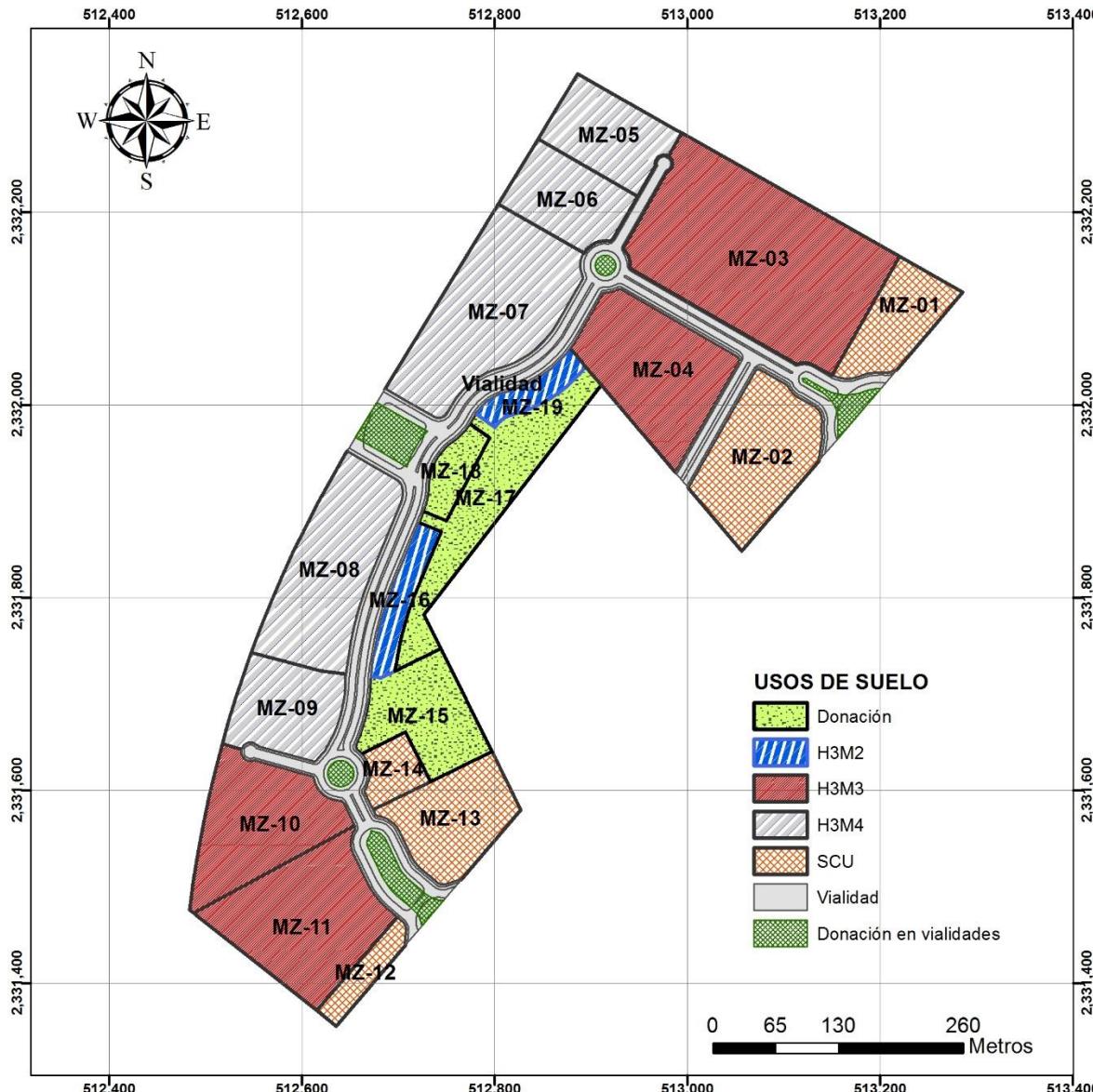


Figura II:1. Usos de suelo y número de manzana para el predio Ciudad Huayacán.

II.2.1 Uso multifamiliar

El uso multifamiliar comprende 11 manzanas, con el tipo de uso H3M2, H3M3 y H3M4, este uso es el mejor representado con alrededor de 16.64 ha, equivalente al 59% de la superficie.

En dicho uso se contempla el establecimiento de hasta 1,418 viviendas. En la **Figura II:1** se muestra de distribución del uso multifamiliar en el predio Ciudad Huayacán.

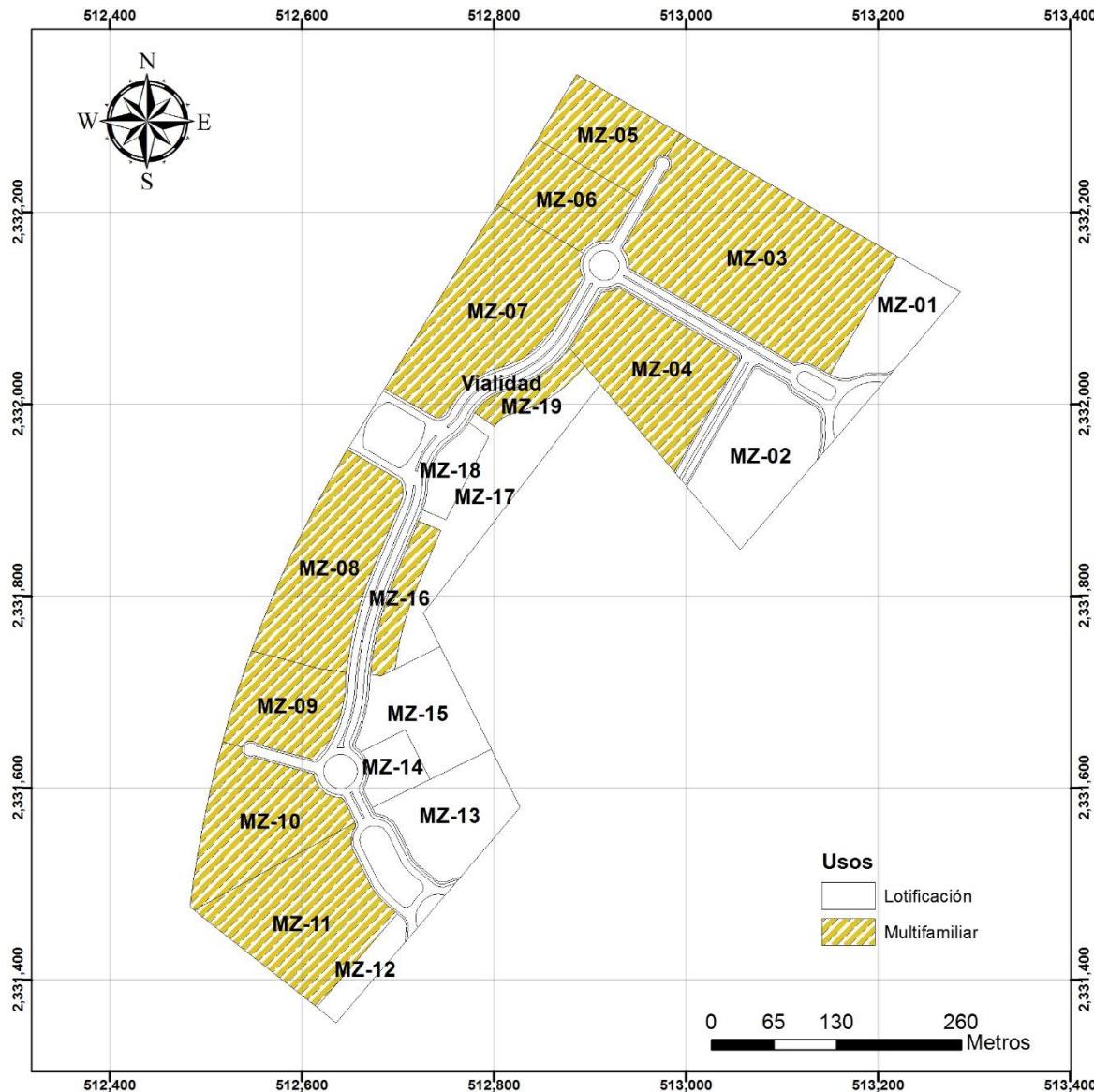


Figura II:1. Usos de suelo multifamiliar el predio Ciudad Huayacán.

II.2.2 Uso comercial de subcentro urbano

El uso comercial está representado en cinco manzanas (1, 2, 12, 13 y 14) representando el 14.5% de la superficie total; es decir, 4.06 ha y contempla un total de 306 viviendas. En la **Figura II:1** se muestra la distribución de las manzanas en el predio Ciudad Huayacán.

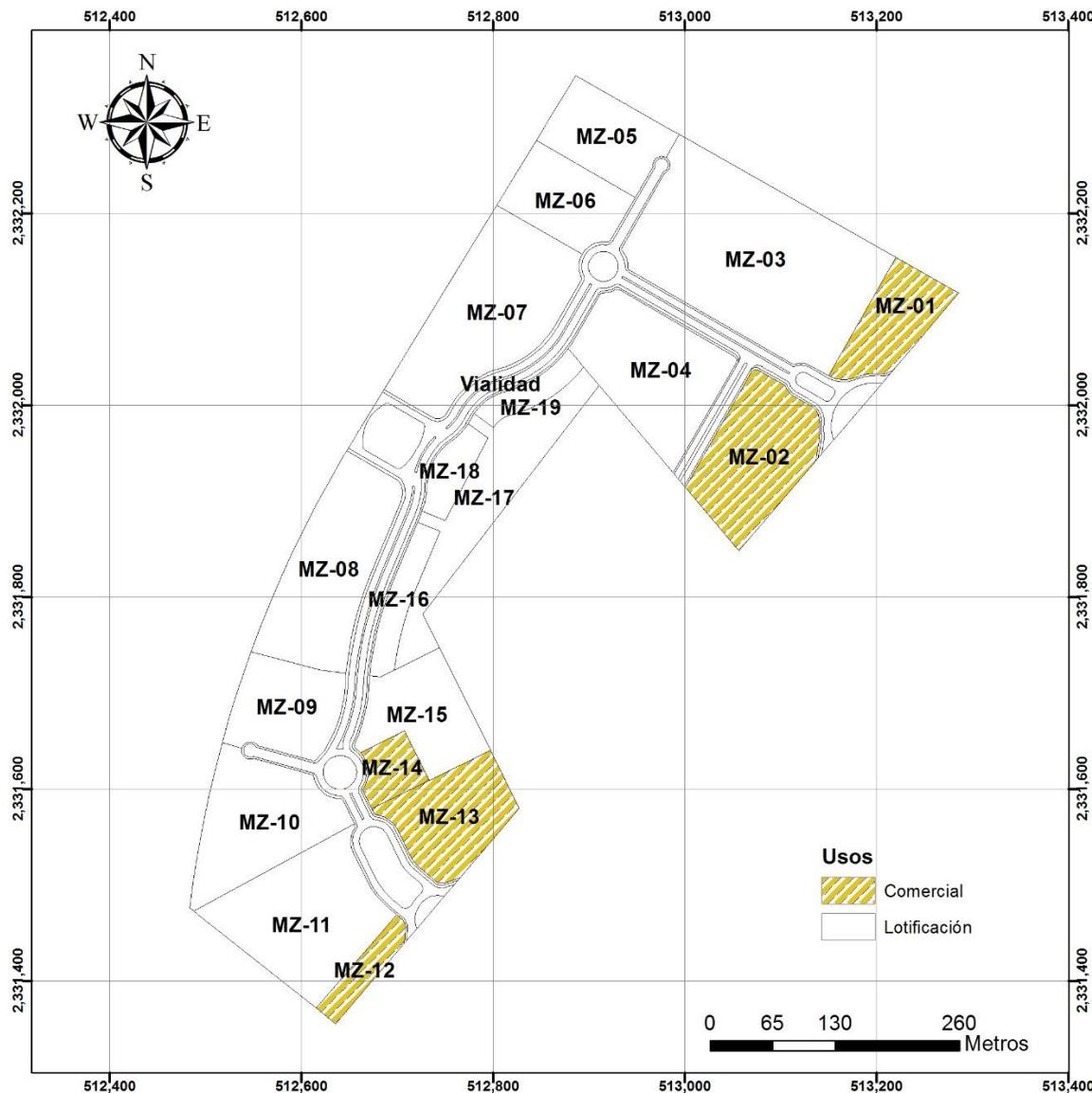


Figura II:1. Usos de suelo comercial el predio Ciudad Huayacán.

II.2.3 Vialidades

La estructura vial dentro del predio Ciudad Huayacán comprenderá una superficie de 3.54 ha, equivalente a 12.64 %, la vialidad presentará una amplitud de 22.0 m entre alineamientos, dos calzadas con superficie de rodamiento de 7 m cada una separadas por un camellón de 4 m de amplitud. El procedimiento constructivo de las vialidades comienza con el trazo y nivelación de las mismas, basadas en la topografía realizada previamente. Se proseguirá con los cortes y establecimiento de terraplenes.

Posteriormente se formará la plantilla para nivelación de terreno natural, con espesor promedio de 12 cm, la formación de subrasante al 90 %, afine y compactación, de la

superficie correspondiente al afluente vehicular, al 90 %, formación y compactación en los tramos requeridos de base hidráulica compactada al 95 %, barrido para eliminar materia orgánica perjudicial.

Las banquetas presentarán diferentes amplitudes dependiendo del tipo de vialidad que acotan, siendo las más amplias de 1.25 m de ancho. En el área de banquetas se considera un relleno de 30 cm de espesor promedio.

Además se construirá una ciclopista la cual tendrá un ancho de 1.50 metros en promedio, se conformará terracería de material compactable y nivelado con material de banco. Para delimitar el área se colocaran jardineras entre el arroyo vehicular y la ciclopista. En la **Figura II:2** se muestra el esquema de las vialidades de Ciudad Huayacán.



Figura II:2. Estructura de las vialidades de Ciudad Huayacán.

II.2.4 Áreas permeables y áreas verdes

Las áreas permeables del proyecto ocuparán 11.25 ha; es decir, el 40.19 % de la superficie total del predio en cumplimiento del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, Municipio Benito Juárez. Dichas áreas se encontrarán distribuidas de forma distinta dentro del predio, ocupando el 70% del área libre de las manzanas con uso multifamiliar y comercial y ocupando el 30% de las manzanas de donación (Manzanas 15, 17 y 18). Cabe mencionar que el 100% de las vialidades serán construidas a base de concreto hidráulico, por lo que también son consideradas como parte de la superficie permeable del proyecto. Por otra parte las áreas verdes ocuparán una superficie de 2.55 ha, las cuales equivalen al 30% de la superficie libre dentro de las manzanas con uso multifamiliar y

comercial, y además formarán parte de las zonas permeables ocupando hasta el 23% de éstas.

II.2.5 Servicios

La urbanización del predio Ciudad Huayacán será integral ya que se instalará infraestructura hidráulica, alcantarillado sanitario, electrificación y alumbrado público. La electricidad será liberada como factibilidad ante la CFE. Los pozos pluviales serán liberados por la CEA y es el primer sistema que se genera en el proceso de instalaciones enterradas. El agua potable de toda la red de instalaciones enterradas será trabajada como prioridad principal durante el proceso de urbanización. El sistema de instalaciones del drenaje sanitario se desarrolla en base a su profundidad de ejecución, con la factibilidad ante la CEA. Finalmente, cabe reiterar que todas las instalaciones serán subterráneas y se construirán las canalizaciones hasta la acometida de cada manzana.

II.2.6 Otros

El predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto Ciudad Huayacán se encuentra inmerso en el Centro de Población de la Ciudad de Cancún, por lo cual se considera como zona de crecimiento urbano, si bien aún no se cuenta con servicios en el predio, está previsto el suministro de todos los servicios básicos y equipamiento que normalmente provee el Municipio de Benito Juárez para nuevos fraccionamientos.

Además el polígono del proyecto estará delimitado por una barda perimetral de un máximo de 3 metros de altura entre los lotes colindantes y la Av. Chac Mool. Algunas bardas tendrán paredes construidas en block y parte con distintos tipos de reja para permitir la visibilidad entre interior y exterior de las cerradas. Por otra parte, se pretende acondicionar un área semicubierta para manejo de basura con acceso desde el exterior del fraccionamiento para el depósito y retiro de la basura.

Cabe señalar que el propósito del proyecto Ciudad Huayacán es comercializar manzanas con servicios dejando el diseño y construcción de los mismos en manos de los adquirientes. Por tanto, cada adquiriente deberá construir con base en las restricciones del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de la Población de Cancún; es decir, deberá ajustarse a las alturas y capacidad de construcción así como, al mantenimiento y conservación de áreas verdes y permeables al interior de las manzanas.

A manera de resumen se presenta en el **Cuadro II:1** el uso de suelo, la superficie y el número de viviendas para cada una de las manzanas que integra el proyecto Ciudad Huayacán para cada.

Cuadro II:1. Usos de suelo para las manzanas contempladas en el plan maestro Ciudad Huayacán.

Manzana	Área total	Área total (ha)	Uso de suelo	Viviendas proyecto
MZ 01	8,065.22	0.81	SCU	61
MZ 02	14,634.89	1.46	SCU	110
MZ 03	37,598.62	3.76	H3M3	269
MZ 04	1,7120.4	1.71	H3M3	131
MZ 05	9,543.68	0.95	H3M4	60
MZ 06	9,154.09	0.92	H3M4	60
MZ 07	22,142.82	2.21	H3M4	170
MZ 08	18,736.87	1.87	H3M4	220
MZ 09	10,101.14	1.01	H3M4	140
MZ 10	15,714.44	1.57	H3M3	160
MZ 11	19,341.84	1.93	H3M3	146
MZ 12	3,185.08	0.32	SCU	24
MZ 13	11,283.57	1.13	SCU	85
MZ 14	3,377.64	0.34	SCU	26
MZ 15	10,573.97	1.06	DONACION	-
MZ 16	4,072.10	0.41	H3M2	39
MZ 17	14,523.61	1.45	DONACION	-
MZ 18	3,335.19	0.33	DONACION	-
MZ 19	2,966.33	0.3	H3M2	23
VIALIDAD	6,893.80	0.69	DONACION	-
VIALIDAD	37,634.68	3.76	-	-
TOTAL	279,999.98	27.99	-	1724

II.3 JUSTIFICAR POR QUÉ LOS TERRENOS SON APROPIADOS AL NUEVO USO

La ubicación de Ciudad Huayacán ha sido planeada en consideración de criterios urbanos, sociales, económicos y ambientales, esto con el fin de integrar un proyecto totalmente funcional desde el paradigma del desarrollo sustentable.

En razón de lo anterior, desde el ámbito urbano, el uso de suelo propuesto por Ciudad Huayacán es coherente con los instrumentos de política ambiental, ya que se encuentra acorde con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Benito Juárez vigente, puesto que se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental N° 21 “Zona Urbana de Cancún”, la cual tiene una política de ambiental de aprovechamiento sustentable

y fue delimitada con base a la poligonal del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún y por consiguiente los usos compatibles e incompatibles se encuentran en correspondencia con este último. Por tanto, el proyecto cumplirá con el POEL al respetar los lineamientos del PDU-Cancún, situación que se lleva a cabo dado que Ciudad Huayacán se encuentra dentro del PDU-Cancún en la zona definida, por la zonificación del mismo, como Zona de Crecimiento Urbano, la cual considera el uso habitacional y comercial.

Con base en un estudio de mercado se determinó que el predio donde se pretende establecer Ciudad Huayacán es el ideal para un desarrollo de su naturaleza, principalmente porque posee una ubicación privilegiada con respecto al centro de la Ciudad de Cancún y al aeropuerto (10 minutos), así como a diversos centros comerciales, escuelas, universidades, hospitales, entre otros. Acceder a dichas locaciones resulta sencillo dada la conectividad vial de la zona y del predio, el cual, en primera instancia, se conecta con la Av. Guayacán, vialidad a través de la cual es posible acceder a las principales vialidades de la ciudad como la Av. Javier Rojo Gómez (Kabah) y la Av. de los Colegios, la cual a su vez conecta con la Av. Luis Donald Colosio, principal vialidad de entrada a la Ciudad de Cancún.

Además actualmente el polígono sur de la Ciudad de Cancún es la mejor zona dentro de la Ciudad donde puede llevarse a cabo un proyecto de la naturaleza de Ciudad Huayacán que represente una opción económica y socialmente viable dado el entorno y tipo de desarrollos inmobiliarios que lo circundan.

Por otra parte, respecto a los criterios ambientales, el tipo de vegetación presente en el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto Ciudad Huayacán, posee una vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia, y por lo tanto se encuentra fuera de ecosistemas costeros, humedales o vegetación de manglar, los cuales poseen una regulación ambiental particular dado que en diversas ocasiones se les considera sistemas frágiles.

En el mismo contexto, el predio se encuentra en un entorno netamente urbano, presenta evidencias claras de afectación ambiental derivadas de actividades humanas previas como saqueo de material vegetal y suelo, tiradero de basura, entre otros. En resumen, la cobertura vegetal dista de considerarse como un ecosistema excepcional, más bien se trata, de un estado secundario con evidencias de afectación, que se identifican por el reducido número de árboles adultos, entre otros aspectos. Por tanto, tienen un ambiente previamente fragmentado y fuera de lo que se puede considerar como corredor biológico para especies bandera como el jaguar. Finalmente, si bien la mayor parte de la microcuenca posee un relieve relativamente plano, el predio se encuentra fuera de la zona más baja de la microcuenca, razón por la cual el riesgo de inundación es considerablemente menor en comparación con otras zonas dentro del municipio.

II.4 PROGRAMA DE TRABAJO

El proyecto Ciudad Huayacán consiste en urbanización para la venta de manzanas con acceso a servicios básicos. Por tanto, el cambio de uso de suelo se pretende llevar a cabo en dos fases, la primera el desmonte para urbanización y la segunda desmonte particular en cada manzana. A continuación se presenta el cronograma de actividades para cada una de las fases.

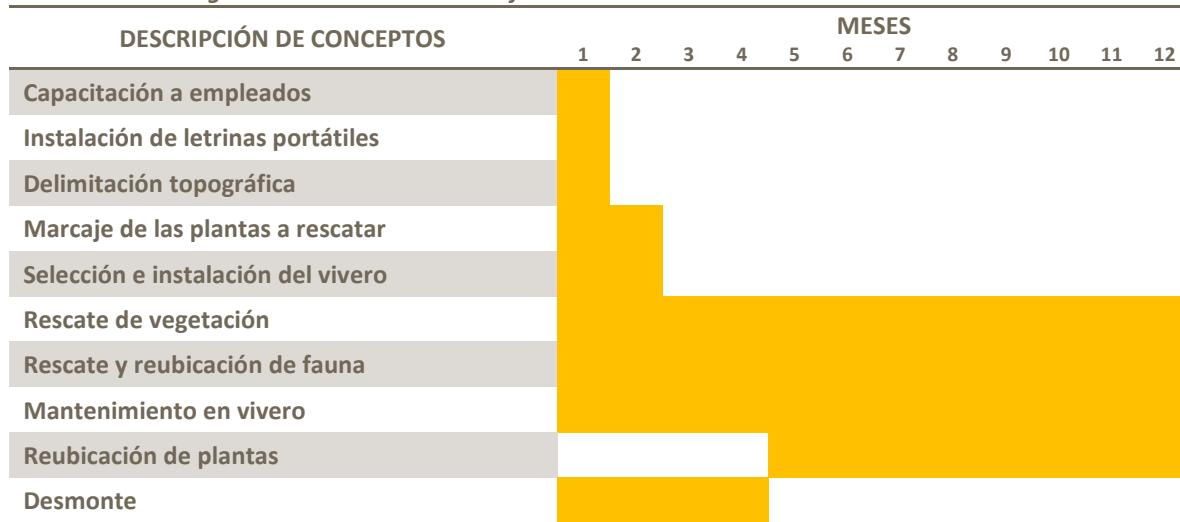
II.4.1 Primera fase

En la primera fase las actividades serán llevadas a cabo por el promovente y comprenden la delimitación topográfica, marcaje de las plantas a rescatar, selección del sitio para vivero y su construcción, preparación del sustrato para las plantas a rescatar, el rescate de vegetación, rescate y reubicación de la fauna silvestre, mantenimiento de plantas en vivero, reubicación de plantas rescatadas, desmonte, despalme y urbanización.

Los primeros cuatro meses se llevará a cabo el cambio de uso de suelo para la superficie señalada; mientras, las actividades relacionadas con la urbanización del predio se ejecutarán a partir del mes cinco, las cuales implican la construcción de las vialidades, construcción de banquetas, obras para la instalación de servicios de agua y luz, instalación de luminarias, entre otros.

En total la remoción de vegetación y la urbanización en la primera fase comprende 12 meses. Cabe mencionar que el rescate de flora y fauna, así como el mantenimiento de las plantas en vivero se llevará a cabo durante los ocho meses. En el **Cuadro II:2** se muestra el cronograma de actividades para la fase 1, finalmente cabe mencionar que al terminar la presente etapa se continuara con la fase dos, la cual se comenta a continuación.

Cuadro II:2. Cronograma de actividades de la fase 1: urbanización.

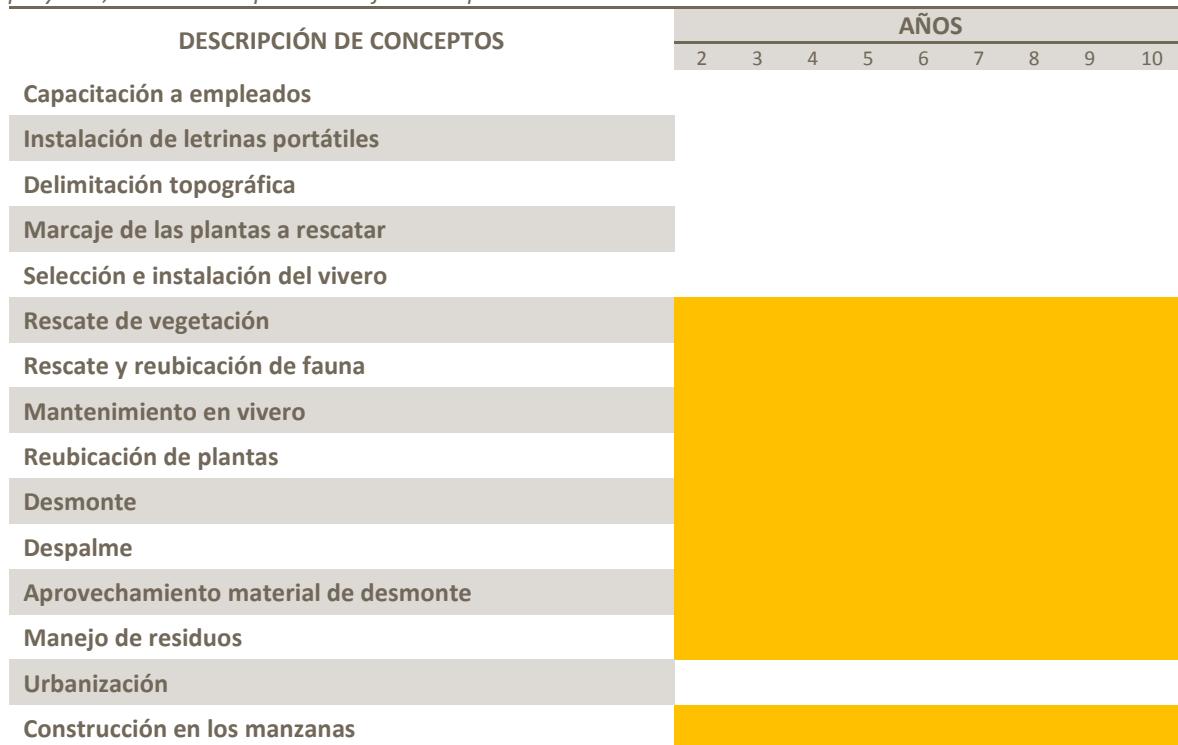




II.4.2 Segunda fase

La segunda fase comprende el cambio de uso de suelo o remoción de la cobertura vegetal en cada uno de las manzanas de uso multifamiliar y comercial. La segunda fase tendrá una duración de 9 años a partir de la finalización de los trabajos de urbanización. Cabe señalar, que se estiman 9 años debido a que la remoción de la vegetación de cada manzana es independiente ya que se llevará a cabo en función de la venta de las mismas. En el **Cuadro II:3** se presenta el programa de trabajo para las actividades relacionadas con el cambio de uso de suelo contemplado por el proyecto, incluyendo la primera fase de urbanización presentada en el cuadro anterior.

Cuadro II:3. Cronograma de actividades. El cuadro muestra las actividades planeadas para el desarrollo del proyecto, así como los plazos de ejecución para cada una.



III UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO Y DELIMITACIÓN DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO

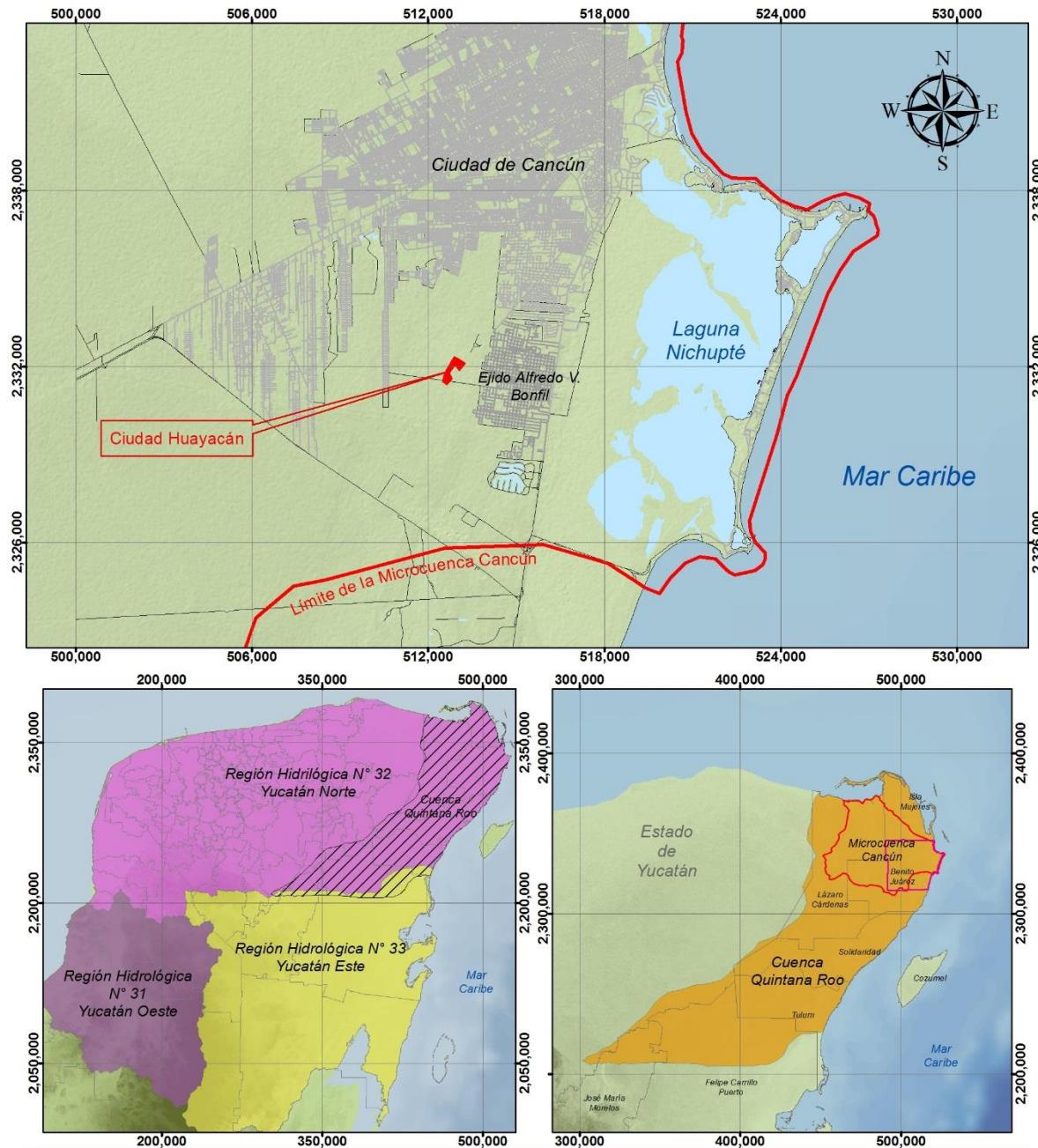
III.1 UBICACIÓN DEL PREDIO O CONJUNTO DE PREDIOS DONDE SE UBICA EL PROYECTO

El predio donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo está entre Avenida Guayacán y Chac Mool, Supermanzana 338, Manzana 01, Lote 1-14, Municipio de Benito Juárez en el Estado de Quintana Roo, mismo que cuenta con una superficie de 28 ha.

Asimismo, en términos de la cuenca hidrológico-forestal, Ciudad Huayacán pertenece a la Región Hidrológica número 32, denominada Yucatán Norte; Región que cuenta con una superficie total de 56,443 km², dicha Región está comprendida por una parte del Estado de Yucatán y Campeche además de la porción Norte del Estado de Quintana Roo; que cubre un área equivalente al 31.77 % estatal, sus límites en la entidad son: al Norte con el Golfo de México, al Este con el Mar Caribe, al Sur con la Región Hidrológica 33 y al Oeste con el Este de Yucatán donde continua.

Dicha región hidrológica está formada por dos cuencas: la Cuenca Yucatán y la Cuenca Quintana Roo, siendo ésta última donde se ubica el predio donde se pretende la construcción del proyecto Ciudad Huayacán. De acuerdo con la delimitación nacional de microcuencas SAGARPA-FIRCO, esta cuenca se encuentra divida en diez microcuencas las cuales son: Punta Sam, Cancún, San Ángel, Kantunilkin, Joaquín Zetina Gasca, Playa del Carmen, Cobá, Ciudad Chemuyil, Tulum y Tihosuco. Encontrándose el predio de interés dentro de la microcuenca 33-131-01-002 Cancún, la cual se ubica en el extremo Noreste del Estado de Quintana Roo y cuenta con una superficie estimada de 265,875.25 ha. En la **Figura III:1** se muestra el mapa de localización del proyecto en el contexto de cuencas hidrológicas.

III.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOPOLÍTICA



Documento Técnico Unificado Modalidad A Ciudad Huayacán

- Municipio de Benito Juárez Cuenca Quintana Roo
- Microcuenca Cancún

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10
Ciudad de Cancún, Benito Juárez
Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura III:1. Ubicación geográfica y geopolítica de Ciudad Huayacán.

III.3 UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN FÍSICA DE LA SUPERFICIE DEL PROYECTO

El proyecto Ciudad Huayacán se ubica en el área denominada Complejo Urbano Sur, antes Ejido Alfredo V. Bonfil, de la ciudad de Cancún, estado de Quintana Roo, particularmente en la Supermanzana 338, Manzana 01, Lote 1-14 cuya superficie total es de 28 ha; colinda con al Este con la Avenida Huayacán y al Oeste con la Avenida Chac Mool.

De acuerdo con el certificado de medidas y colindancias N° DCM/0520/2016, el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto presenta las medidas y colindancias señaladas en el **Cuadro III:1**.

Cuadro III:1. Medidas y colindancias del predio donde se ubica el proyecto.

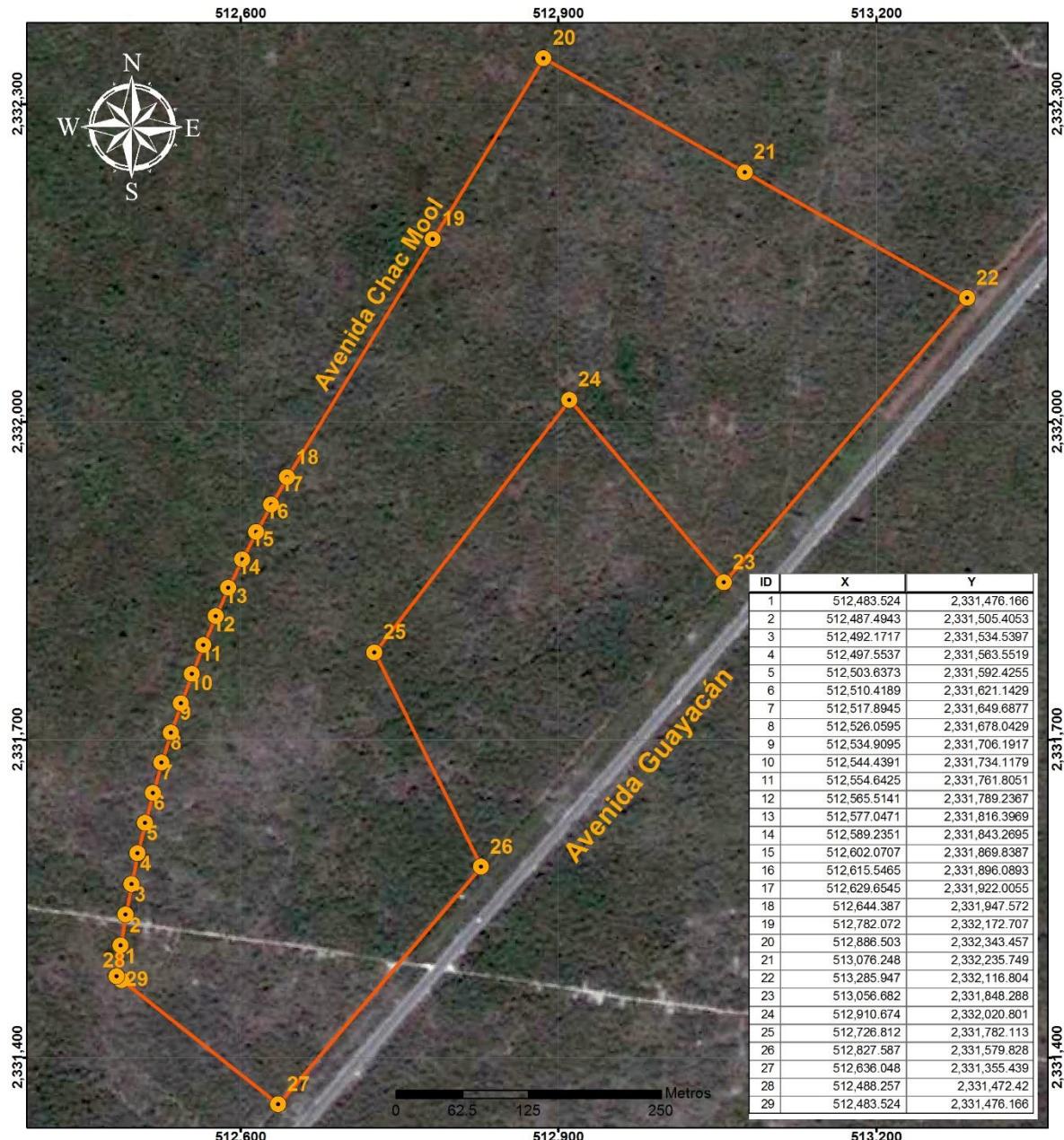
Dirección	Distancia	Unidad	Colinda con:
Norte	199.07	metros	Lote 1-04
Sur	184.85	metros	Lote 1-06
Este	301.29	metros	Lote 1-09
Oeste	17.41+246.46	metros	Av. Chac Mool en Línea curva y recta
Superficie	50,000.00	Metros cuadrados	

El cuadro de construcción del predio en coordenadas UTM Zona 16 Norte y Datum WGS84 se presenta en el **Cuadro III:2**, y su representación gráfica en la **Figura III:2**.

Cuadro III:2. Cuadro de construcción del predio Ciudad Huayacán.

Vértice	Coordinada X	Coordinada Y
1	512,483.524	2,331,476.166
2	512,487.4943	2,331,505.405
3	512,492.1717	2,331,534.54
4	512,497.5537	2,331,563.552
5	512,503.6373	2,331,592.425
6	512,510.4189	2,331,621.143
7	512,517.8945	2,331,649.688
8	512,526.0595	2,331,678.043
9	512,534.9095	2,331,706.192
10	512,544.4391	2,331,734.118
11	512,554.6425	2,331,761.805

Vértice	Coordinada X	Coordinada Y
12	512,565.5141	2,331,789.237
13	512,577.0471	2,331,816.397
14	512,589.2351	2,331,843.269
15	512,602.0707	2,331,869.839
16	512,615.5465	2,331,896.089
17	512,629.6545	2,331,922.005
18	512,644.387	2,331,947.572
19	512,782.072	2,332,172.707
20	512,886.503	2,332,343.457
21	513,076.248	2,332,235.749
22	513,285.947	2,332,116.804
23	513,056.682	2,331,848.288
24	512,910.674	2,332,020.801
25	512,726.812	2,331,782.113
26	512,827.587	2,331,579.828
27	512,636.048	2,331,355.439
28	512,488.257	2,331,472.42
29	512,483.524	2,331,476.166



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

● Coordenadas del predio

■ Límite del predio

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes

1-03, 1-04, 1-06 y 1-10

Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura III:2. Localización y cuadro de construcción del proyecto Ciudad Huayacán.

III.4 INDICAR SI EL PROYECTO SE UBICA DENTRO DE ALGUNA MODALIDAD DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP)

Si bien la cartografía generada por la CONANP¹ y CONABIO² señala que dentro de la Microcuenca 33-131-01-002 convergen los límites de tres áreas naturales protegidas federales y tres áreas naturales protegidas de competencia estatal (**Cuadro III:3**), el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra dentro ni colindante a ningún Área Natural Protegida. El ANP más cercana al proyecto es el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, el cual se encuentra a una distancia lineal de 3.77 km al este del predio (**Figura III:3**).

Cuadro III:3. Áreas Naturales Protegidas dentro de la microcuenca de estudio.

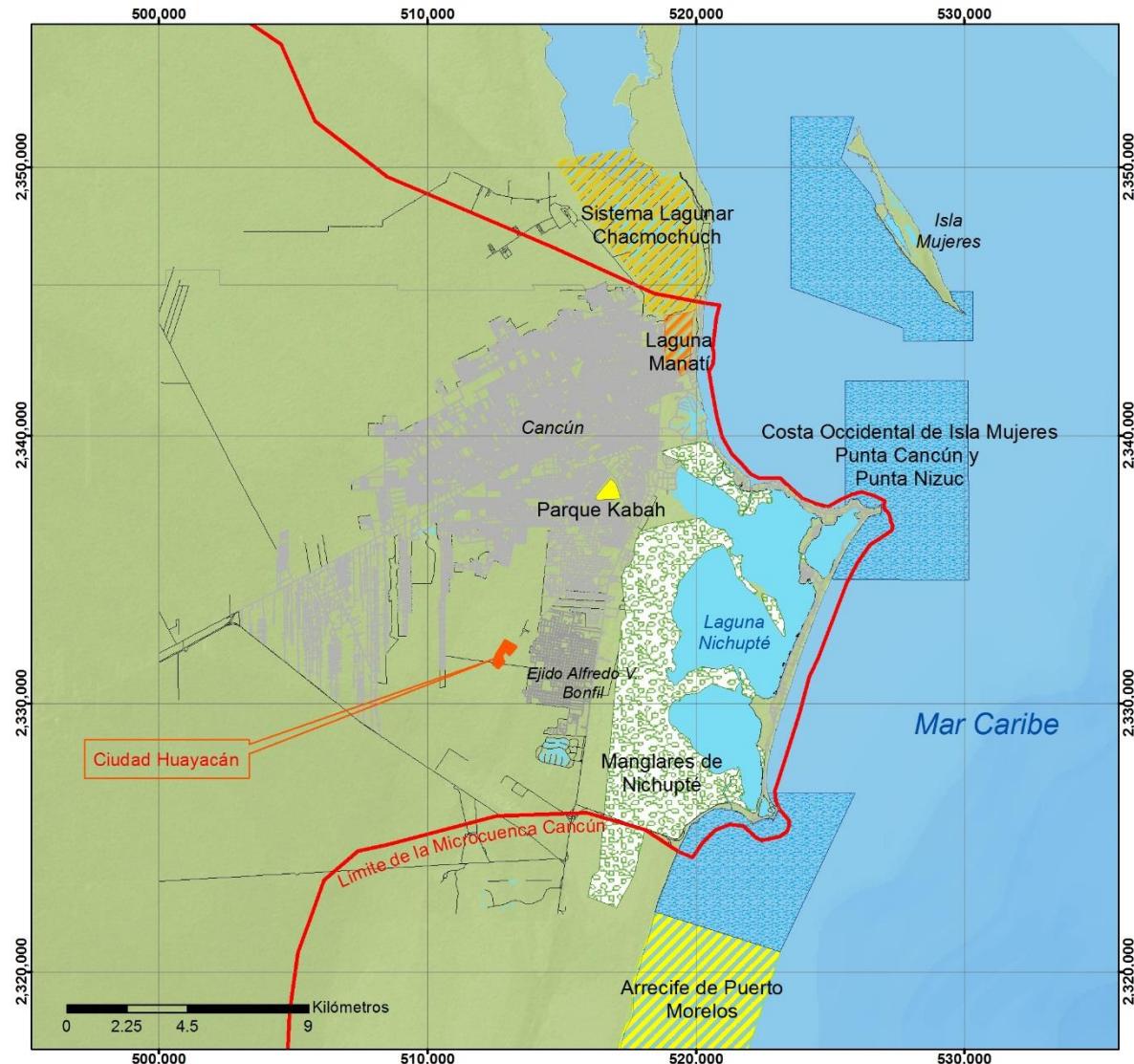
Nombre del ANP	Categoría de decreto	Competencia	Área (ha)
Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	Parque Marino Nacional	Federal	8,673.06
Manglares de Nichupté	Área de Protección de Flora y Fauna	Federal	4,257.00
Yum Balam	Área de Protección de Flora y Fauna	Federal	313,014.00
Parque Urbano Kabah	Parque Urbano	Estatatal	41.48
Refugio de Flora y Fauna Laguna Manatí	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatatal	202.99
Refugio Estatal de Flora y Fauna Sistema Lagunar Chacmochuch	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatatal	1,914.52

Fuente: Elaboración propia a partir de Prezas H., B. 2011³

¹ CONANP, 2014. Datos espaciales de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México construidos con apego a decretos de creación publicados en el Diario Oficial de la Federación 1917-2013. Manejo de datos espaciales con herramientas de los sistemas de información geográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Diciembre 2014.

² Bezaury-Creel J.E., J. Fco. Torres, L. M. Ochoa. 2007. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales del Distrito Federal y Municipales de México - Versión 1.0, Agosto 30, 2007. The Nature Conservancy / PRONATURA A.C / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

³ Prezas H., B. 2011. Áreas Naturales Protegidas de Quintana Roo. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.



Simbología

- Límite del predio
- Microcuenca Cancún
- Áreas Naturales Protegidas Estatales**
- Parque Urbano Kabah
- Laguna de Manatí
- Refugio Estatal de Flora y Fauna Sistema Lagunar Chacmochuch
- Áreas Naturales Protegidas Federales**
- Arrecife de Puerto Morelos
- Costa Occidental de Isla Mujeres, Pta. Cancún y Pta. Nizuc
- Manglares de Nichupté

Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura III:3. Áreas naturales protegidas dentro de la microcuenca Cancún. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía de la CONANP (Óp. Cit.).

IV DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL EN DONDE SE UBIQUE EL PREDIO

IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

Para fines de la evaluación de impactos ambientales derivados de las actividades del cambio de uso de suelo que se llevará a cabo por el proyecto, se ha delimitado como área de estudio la extensión de la microcuenca, esto debido, en principio por la importancia del agua como elemento vital, interrelacionado con todos los demás recursos (bosque, suelo, fauna) ya que desde las partes altas hasta los ríos interacciona con otros elementos (Cruz, 2003)⁴. Además, de acuerdo a diversos autores (Sarabia, 1985⁵; World Visión, 2004⁶; Moreno y Renner, 2007⁷), el enfoque sistémico puede ser aplicado a las cuencas hidrográficas debido a que estos territorios cumplen con las siguientes condiciones:

- Tienen entradas que son los insumos o flujos que ingresan para ser procesados en el sistema. como la precipitación, la radiación solar, los agroquímicos, la mano de obra de los agricultores, la energía de la maquinaria, las semillas que se siembran, tecnologías e información, entre otros.
- Existen componentes en su interior que le dan una estructura y función, tales como: las áreas con cultivos, la ganadería, los bosques y selvas, los centros de población, las agroindustrias, hidroeléctricas, tomas de agua, los caminos y puentes, las áreas naturales protegidas, las escuelas, los hospitales, entre otros.
- Se producen interacciones entre sus componentes, por ejemplo: si se deforesta irracionalmente en la parte alta, es posible que en épocas lluviosas se produzcan inundaciones en las partes bajas. Si el ganado consume todo el rastrojo de la cosecha de maíz es posible que el suelo se erosione con las lluvias.
- También existen interrelaciones, por ejemplo: la degradación ambiental se relaciona con la falta de educación ambiental, baja presencia institucional, deficiente organización y participación comunitaria, condiciones medioambientales adversas, falta de aplicación de leyes, tecnologías inapropiadas, entre otros.

⁴ Cruz G. B., 2003. La cuenca como unidad de planeación ambiental. En: 4º Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. 2003. Dirección general de Investigación de Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.

⁵ Sarabia, A. 1985. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. IICA. Serie Desarrollo Institucional. San José, Costa Rica. 265 p.

⁶ World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p

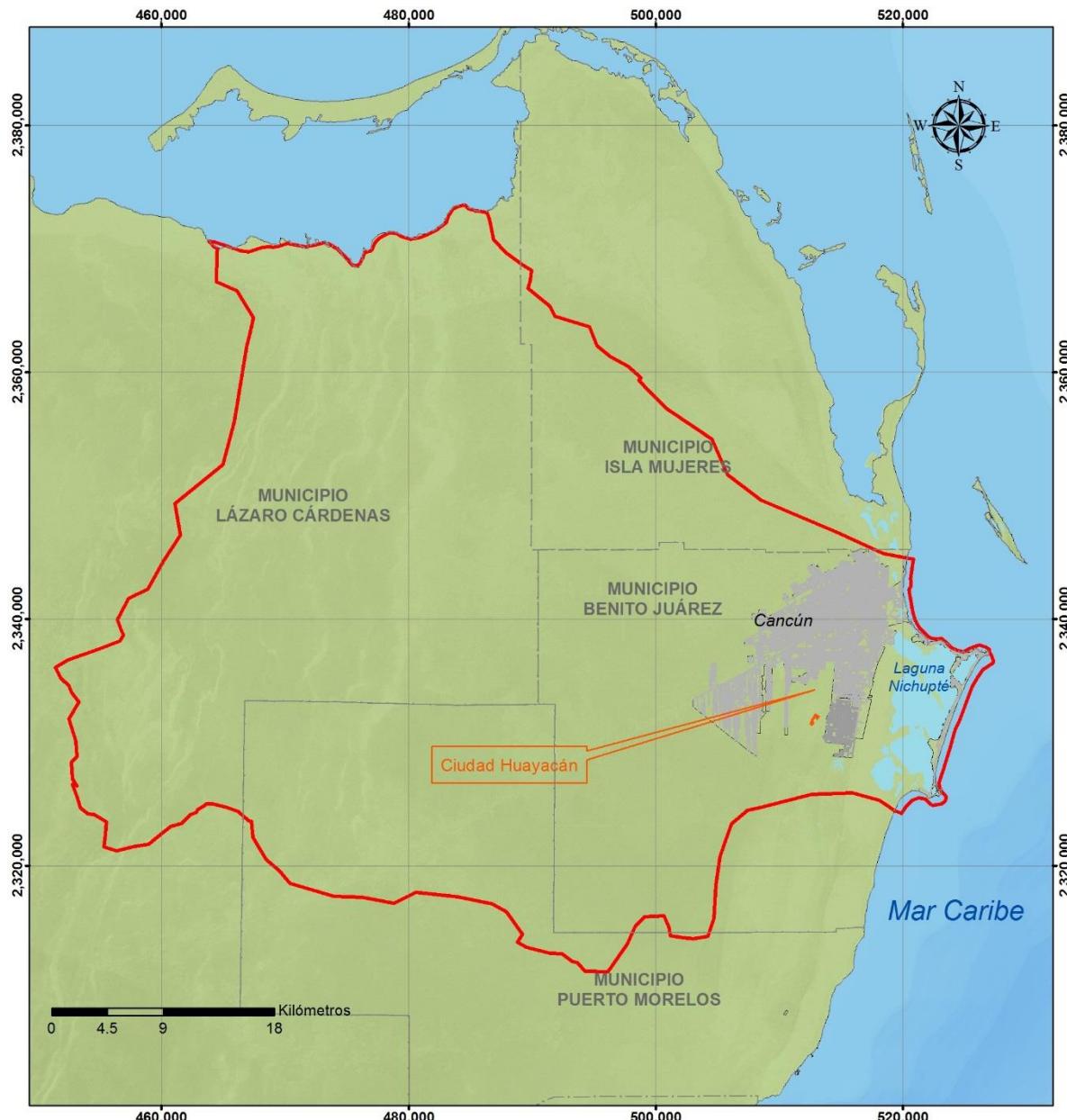
⁷ Moreno-D. A.; Renner-I. 2007. Gestión integral de cuencas. La experiencia del proyecto regional de cuencas andinas. Centro Internacional de la Papa y Gobierno de Alemania. Lima, Perú. 234

- Existen salidas que pueden ser positivas o negativas. Las positivas son por ejemplo: agua para varios fines (consumo humano, riego, generar electricidad), producción de alimentos (agrícolas y pecuarios), producción de madera y carbón, recreación, servicios ambientales, entre otros. Las negativas son por ejemplo: contaminación de aguas, evaporación de aguas, inundaciones por alteración de los escurrimientos, escasez de agua en la época seca, daños a la infraestructura económica, pérdida de biodiversidad, entre otras.

La Cuenca Hidrográfica concebida como un volumen territorial dinámico presenta permanentemente flujos de entrada y salida que determinan sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Por tanto, la delimitación del área de estudio desde la visión de la cuenca o microcuenca, facilita la aplicación un análisis ambiental con enfoque sistémico, pues ello permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales, socioculturales, etc.).

A razón de lo anterior y considerando la escala de influencia del proyecto y los elementos bióticos y abióticos que lo circundan se determinó que el análisis y caracterización fuese realizado a nivel de Microcuenca. Para su delimitación se recurrió a la cartografía de microcuencas generada por la SAGARPA para gestión de los programas operativos del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y considerado por la SEMARNAT en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA)⁸. La microcuenca utilizada para la delimitación del área de estudio corresponde al número 33-131-01-002 Cancún (**Figura IV:1**).

⁸ <http://www.semarnat.gob.mx/sigeia>



Simbología

- Predio
- Límite municipal
- Microcuenca Cancún
- Límite estatal

Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lote:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falso Este: 500,000.0000
Falso Norte: 0.0000
Meridiano central: -87.0000
Factor de escala: 0.9996
Latitud de origen: 0.0000
Unidades: Metros

Figura IV:1. Delimitación del Área de Estudio, Microcuenca 33-131-01-002 CANCÚN

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL

IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema ambiental de la cuenca

En la Microcuenca 33-131-01-002 Cancún se ha presentado una intensa dinámica demográfica, ya que la zona norte del estado de Quintana Roo es una de las regiones con mayor crecimiento demográfico y urbano de la entidad (Moncada, 2007)⁹, de tal manera que la calidad ambiental del área de estudio se ha visto influenciada por dicha dinámica y como resultado de ello la vegetación primaria ha sido sustituida por vegetación secundaria en las áreas circundantes a la conurbación. Gracias a los mapas de uso de suelo y vegetación del INEGI es posible hacer un reconocimiento de la magnitud de este cambio, pues comparando los mapas de 1976 con la cartografía más reciente se observa que una importante superficie de vegetación primaria ha sido sustituida por vegetación secundaria (**Figura IV:2**)

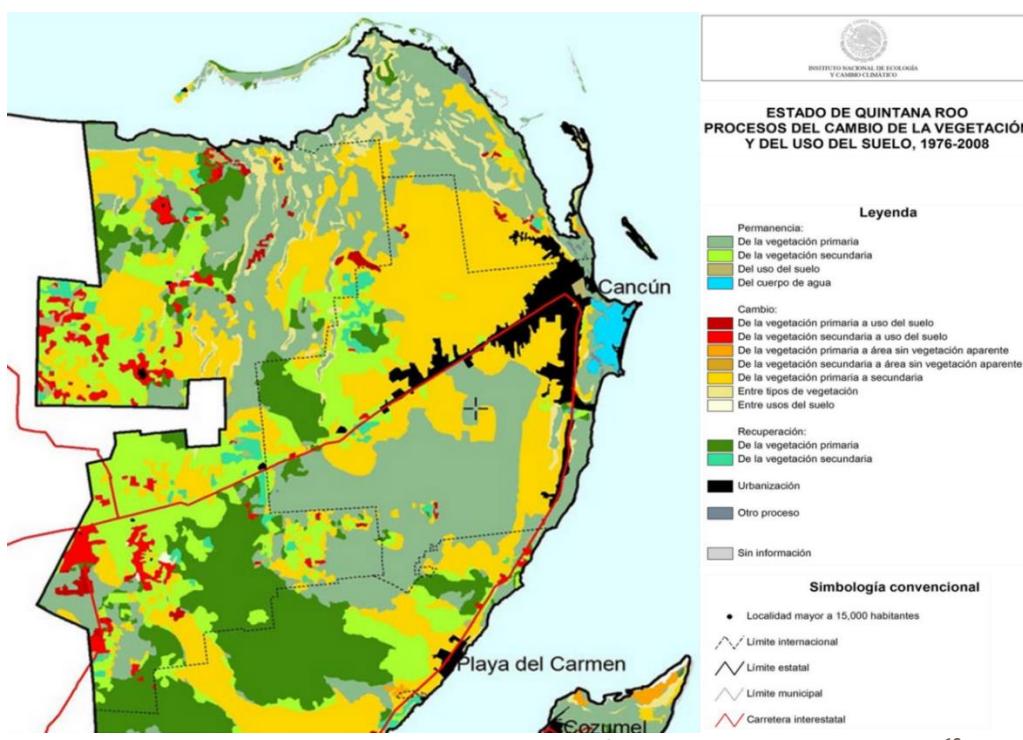


Figura IV:2. Procesos del cambio de la vegetación 1976-2008. Fuente: Pérez (2011)¹⁰

⁹ Moncada J. P. 2007. Evaluación y perspectivas del crecimiento turístico en el caribe mexicano (Quintana Roo, México). Tesis de Doctorado. Universidad Antonio de Nebrija.

¹⁰ Pérez D. J., Villalobos D.M., Rosete V. F., Salinas C. E., Remond N. y Navarro S. E. 2011. Proyecto N° INE/ADA-016/2011: Elaboración de la cartografía del uso del suelo y de la vegetación en México, del período 1976-2008, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT (www.ine.gob.mx/emapas/).

Considerando la figura anterior, es posible asegurar que buena parte de la superficie de la microcuenca de estudio se encuentra perturbada o intervenida. Cabe señalar que esto no sólo se debe al crecimiento urbano sino al efecto sinérgico entre la incidencia de fenómenos naturales como los huracanes y la presencia de actividades humanas, sinergia que deriva principalmente en incendios forestales.

Durante los recorridos previos para la planeación del trabajo de campo, se pudieron observar rasgos particulares de deterioro, ya que fueron encontrados en diversos puntos de la zona de estudio donde existe vegetación con cierto deterioro a causa de la incidencia de fenómenos naturales e inducidos como son la manifestación del huracán Gilberto (1988) y Wilma (2005), así como incendios severos (1989).

La afectación inicial que sufrió el área de estudio aconteció a mediados del mes de Septiembre de 1988, cuando tocó tierra el Huracán Gilberto en la Península de Yucatán, dicho fenómeno meteorológico generó gran volumen de biomasa seca a su paso, lo cual dio pie para que en Marzo de 1989 se produjera un incendio que consumió gran parte de selva en el municipio Benito Juárez, abarcando el área donde se pretende llevar a cabo el proyecto Ciudad Huayacán como se puede apreciar en la **Figura IV:3**, la cual corresponde a una foto área tomada por el INEGI en 1991.

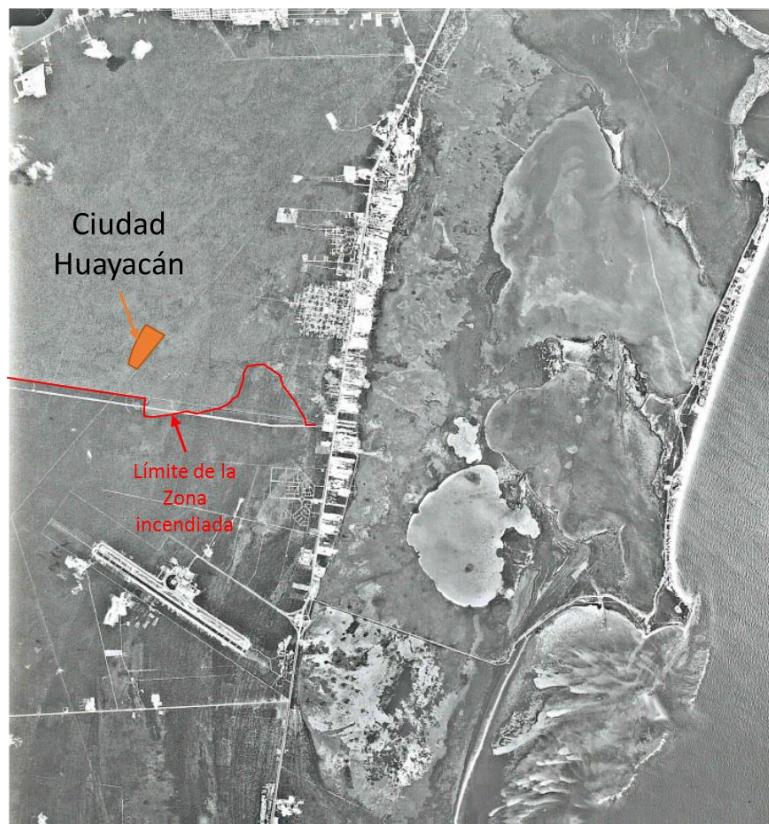


Figura IV:3. Áreas afectadas por el incendio de 1989 y los que no sufrieron afectación. FUENTE: INEGI. Fotografía área, 1991. Esc. 1:75 000.

IV.3 MEDIO FÍSICO

IV.3.1 Clima

De acuerdo con Vidal (2005)¹¹, en la república mexicana se pueden identificar 11 regiones climáticas, definidas a partir de su ubicación geográfica, por la orientación general de los accidentes que dominan, los sistemas de vientos y la latitud a la que se encuentran, lo cual genera cierta analogía en los subtipos de climas que se encuentran en una misma región.

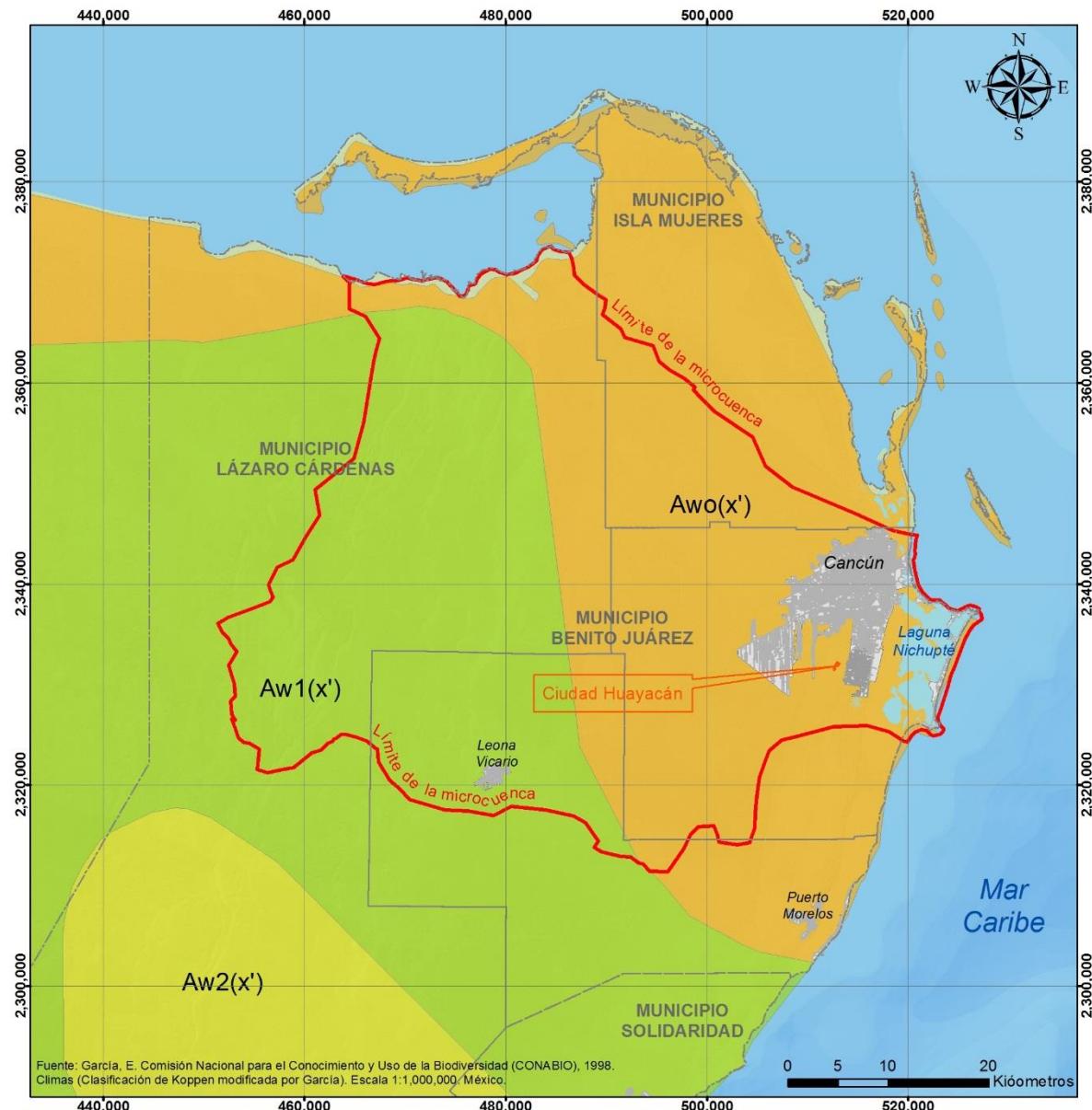
De acuerdo a lo anterior, la microcuenca de estudio se localiza en la región número 11, denominada Península de Yucatán. El comportamiento climático de la región se debe principalmente a la fisiografía de escaso relieve y la disposición de los vientos. Los vientos alisios con un fuerte componente del Este se intensifican en la estación caliente por el desplazamiento hacia el Norte, provocando una mayor distancia recorrida sobre el Océano Atlántico Norte, lo cual conlleva abundante humedad. Por otro lado, la región también es influenciada por procesos conectivos y fenómenos meteorológicos (tormentas tropicales, huracanes y frentes fríos que generan humedad).

De acuerdo con el mapa de climas de INEGI (escala 1:1,000,000), el cual se basa en la clasificación de Köppen modificada por García, la microcuenca Cancún está influenciada por dos zonas climáticas, ambas del Grupo A, del tipo Aw, el cual se define como cálido subhúmedo, presentando los subtipos Aw0(x') y Aw1(x') (**Figura IV:4**). Sobre el extremo Noroeste de la microcuenca Cancún, se manifiesta un clima de tipo Aw0(x'), éste se define como cálido subhúmedo, siendo el menos húmedo de los climas subhúmedos, presentando un régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm y una temperatura media anual mayor a 22°C. Asimismo, sobre el extremo Suroeste de la microcuenca de interés se presenta el subtipo climático Aw1(x'), el cual se define como un clima cálido subhúmedo, siendo de humedad media dentro de los subhúmedos, presentando un régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm y una temperatura media anual mayor a 22°C.

De acuerdo con García (2003)¹², a pesar de tener un régimen de lluvias de verano, ambos subtipos climáticos poseen un porcentaje de lluvia invernal considerable que los hace ligeramente similares a las condiciones encontradas en climas con lluvias distribuidas a lo largo de todo el año.

¹¹ Vidal Z. R. 2005. Regiones Climáticas de México. Universidad Autónoma de México. México. D.F.

¹² García E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Investigaciones Geográficas (Mx) [en línea] abril de 2003.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

Unidad climática

- Aw1(x')
- Aw2(x')
- Awo(x')

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura IV:4. Tipos de climas presentes en la microcuenca Cancún

IV.3.2 Geomorfología

De acuerdo con Bautista *et al.*, (2005)¹³, la microcuenca de estudio se encuentra en el sistema denominado Carso-tectónico, cuyo relieve se debe a la actividad de la disolución por aguas subsuperficiales y subterráneas de rocas solubles como la caliza, dolomita, yeso y sal. Este sistema es el más representativo de la Península de Yucatán y es posible diferenciar dos grandes subregiones en el mismo, norte y sur. La microcuenca Cancún se encuentra en la subregión norte en la que predominan superficies niveladas durante el Cuaternario (Lugo *et al.*, 1992)¹⁴ resultado de transgresiones y regresiones desde el Pleistoceno por lo cual el relieve cártico es reciente, predominando planicies estructurales denudativas y de disolución. Por otra parte, dentro de la microcuenca es posible distinguir tres tipos de paisajes: Planicie estructural baja fitoestable, Planicies residuales acumulativas susceptibles de inundación controladas estructuralmente y Planicie palustre costera de inundación marina (Bautista, Op. cit.). A continuación se describe cada una de ellas:

- Planicie estructural baja fitoestable

En términos evolutivos, esta planicie se encuentra en etapa de pedogénesis y fitoestabilidad, debido a las condiciones climáticas sin variaciones extremas de la temperatura y con humedad relativa permanentemente alta, lo que ha permitido el desarrollo de selva mediana subperennifolia y el rápido restablecimiento de las áreas perturbadas hacia selvas secundarias. Se presentan como unidades aisladas con mayores tiempos de evolución kárstica (madurez).

- Planicies residuales acumulativas susceptibles de inundación controladas estructuralmente

La planicie se caracteriza por presentar morfoalineamientos que originan depresiones alargadas irregulares orientadas sensiblemente en dirección norte sur, a lo largo de noreste de la Península de Yucatán. Esta estructura se debe a una fractura tectónica regional que se extiende por más de 150 km de longitud con 30 a 40 km de ancho, a la cual se le denomina “Fractura de Holbox” y cruza el plano territorio carsificado del noreste peninsular,

¹³ Bautista F., Batilori-Sampedro E., Palacio G., Ortiz-Pérez M. y Castillo-González M. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. En: Bautista F. y Palacio G. Eds. Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales, p. 33-58, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán.

¹⁴ Lugo-Hubp J., Acevedo-Quesada J. F. y Espinaza-Pereña R. 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Revista del Instituto de Geología* 9:143-150.

controlando el desarrollo de grandes y elongados canales de pisos planos. (Tulczyk *et al.*, 1993¹⁵ y Southworth, 1984¹⁶).

- Planicie palustre costera de inundación marina

Esta planicie se ubica prácticamente en la franja costera de la microcuenca, por tanto está sujeta a inundaciones constantes y periódicas de régimen intermareal. La planicie es primordialmente cárstica, se forman entrantes y canales regulados por los ascensos relativos del nivel del mar. Están colonizados por manglar con estructuras variables dependiendo si los emplazamientos ambientales sobre sustratos son rígidos o blandos. En la **Figura IV:5** se presenta el modelo de elevación digital sobre el cual es posible diferenciar los paisajes señalados anteriormente.

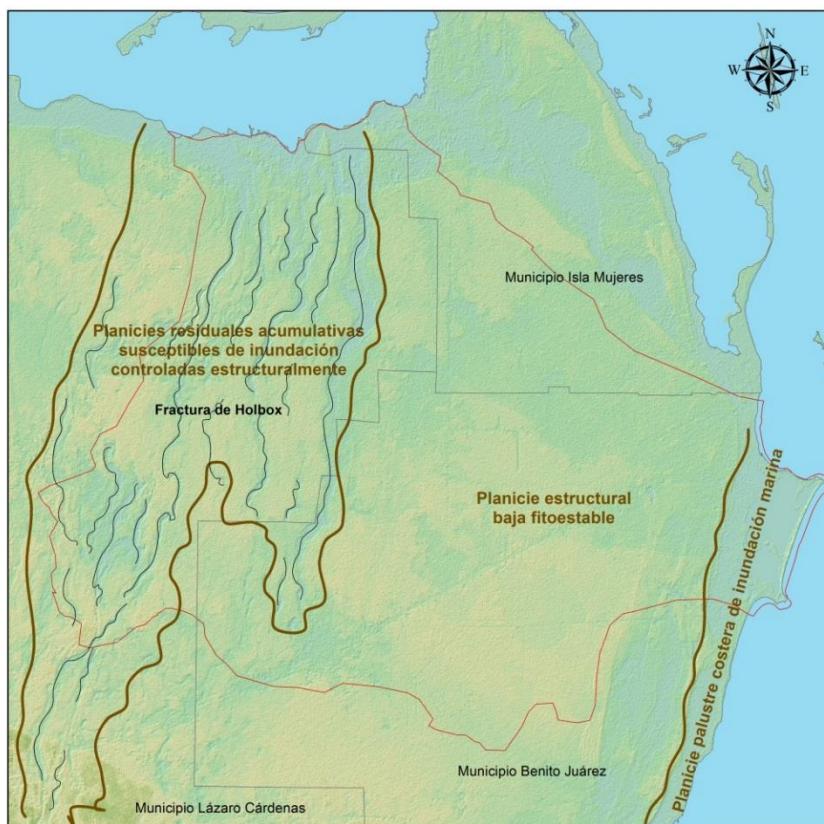


Figura IV:5. Paisajes geomorfológicos de la zona de estudio.

¹⁵ Tulczyk M. S., Perry E., Duller Ch. E. y Villasuso M. 1993. Influence of the Holbox fracture on the karst geomorphology and hydrogeology of northern Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico. En: Applied Karst Geology, Beck. Eds. Balkema, Rotterdam. Proceedings of the fourth Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impact of Karst Panama City/ Florida. 25-27 January 1993.

¹⁶ Southworth, C. S., 1994. Structural and hydrologic applications of remote sensing data, Eastern Yucatan Peninsula, México. Proceedings of the first multidisciplinary Conference on Sinkholes/Orlando, Florida. 15-17 oct 1984.

El mapa de unidades fisiográficas y topoformas generado por el INEGI¹⁷, al igual que el trabajo realizado por Bautista (Op. Cit.), diferencia tres topoformas de semejante distribución dentro de la microcuenca de estudio (**Figura IV:6**).

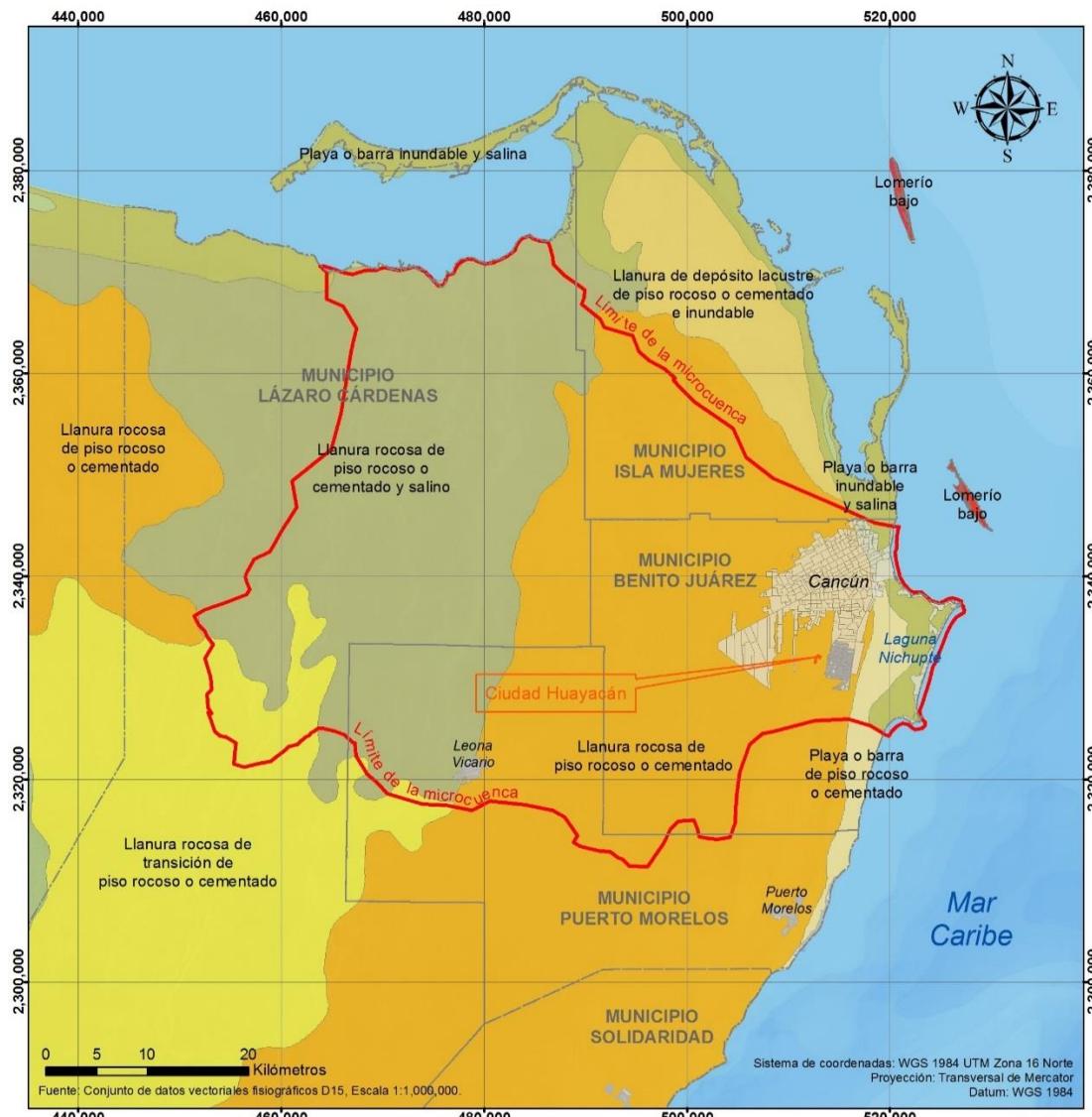


Figura IV:6. Paisajes geomorfológicos de la zona de estudio.

¹⁷ Conjunto de datos vectoriales fisiográficos de Quintana Roo, escala 1:1,000,000, Serie I.

IV.3.3 Geología

La Península de Yucatán es una plataforma parcialmente emergida, constituida por rocas carbonatadas y evaporíticas de edad Mesozoico Tardío y Cenozoico. La zona está constituida por sedimentos carbonatados marinos pertenecientes al Terciario y Cuaternario, las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yesos. Localmente, estos materiales están constituidos por carbonatos de calcio de edad cuaternaria. Se presentan en forma de arenas finas retrabajadas por la acción del oleaje, parte de ellas son transportadas tierra adentro y dan lugar a la formación de eolianitas. Interdigitados con las eolianitas se encuentran arcillas calcáreas y lodo de manglar que, en conjunto, forman un paquete que se extiende prácticamente a todo lo largo de la costa, con un espesor medio de 10m. Estas rocas y materiales se encuentran descansando sobre calizas karstificadas de la formación Carrillo Puerto del Terciario (**Figura IV:7**). Dicha formación se encuentra cubierta por una capa de sedimentos calcáreo-arcillosos, suaves, deleznables, que incluyen fragmentos de conchas y corales, y cuyo origen no ha sido claramente identificado. Este horizonte es característico de toda la Península de Yucatán.

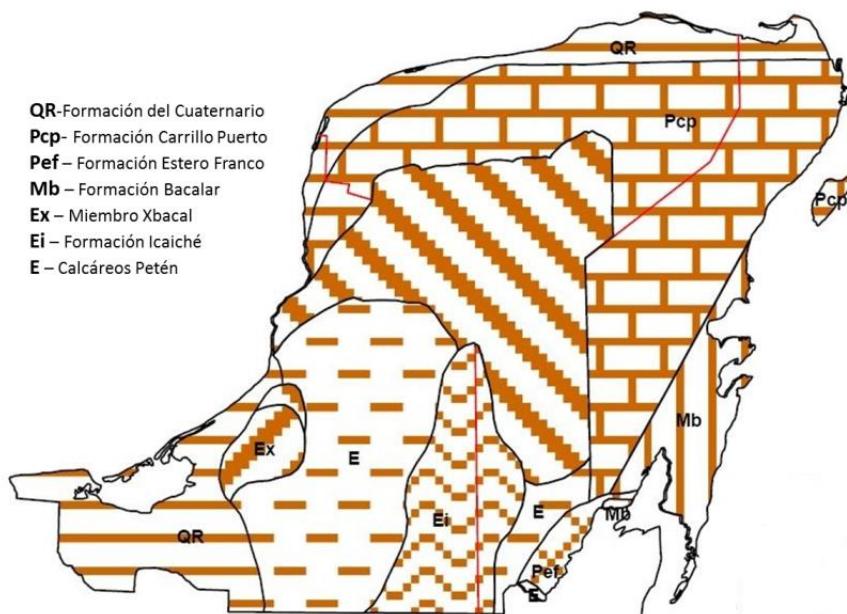


Figura IV:7. Formaciones Geológicas de la Península de Yucatán. Fuente: Butterlin J., y F. Bonet. (1963)¹⁸ En CONAGUA (2002)¹⁹.

¹⁸ Butterlin, J. y F. Bonet. 1963. Carta Geológica de la Península de Yucatán. Ingeniería Hidráulica en México. En Morán C. D., 1984. Geología de la República Mexicana

¹⁹ CONAGUA, 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cerros y Valles, Estado de Quintana Roo, Comisión Nacional del Agua, Subgerencia Técnica.

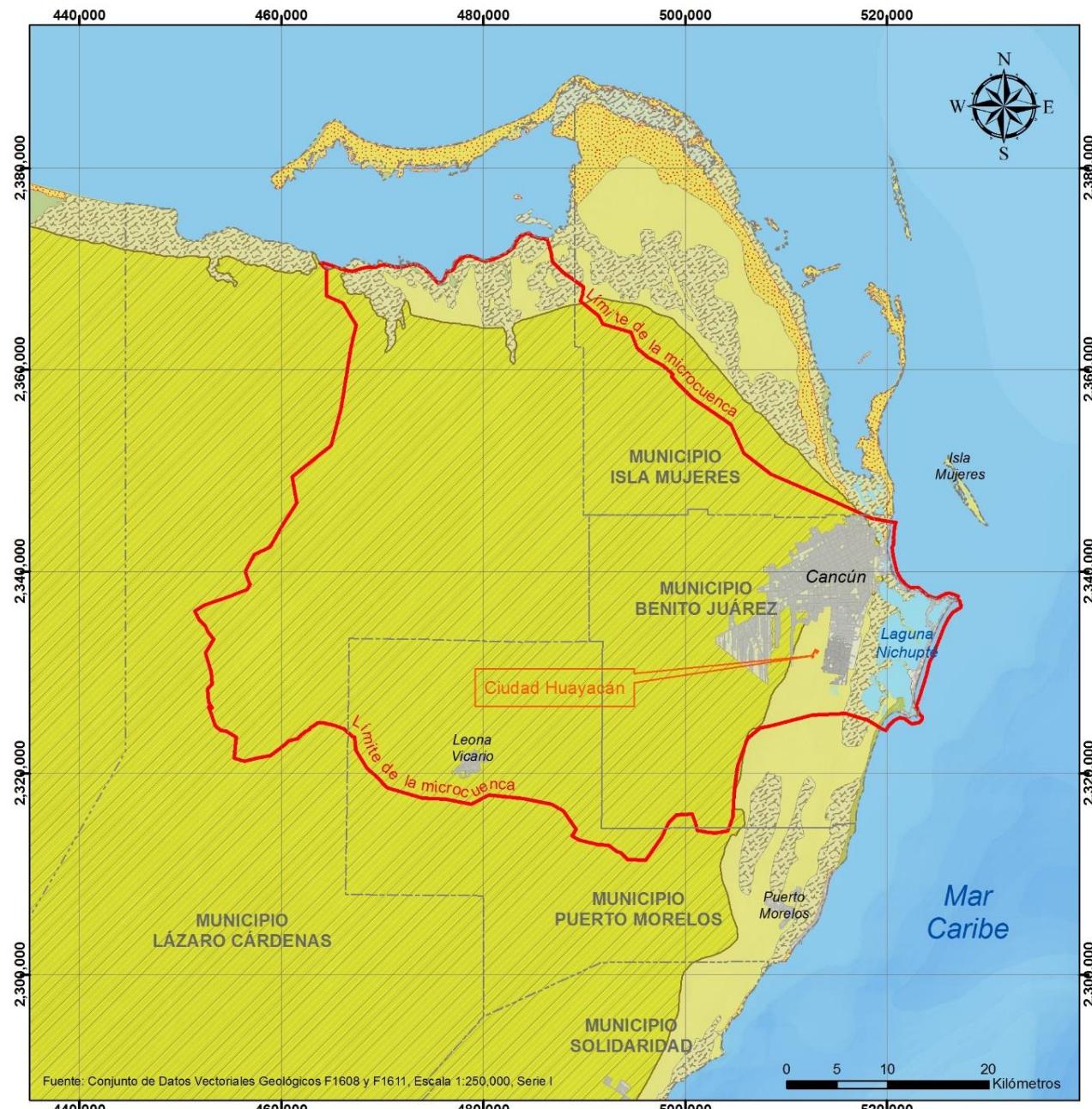
La mayor parte de la superficie de la microcuenca Cancún pertenece a la formación Carrillo Puerto, mientras que las zonas costeras norte y este dentro de la misma son, desde el punto de vista geológico, una de las zonas más jóvenes (Terciario-Cuaternario), cuya génesis se finca en depósitos post arrecifales a base de dunas litorales y eolianitas que subyacen a la Formación Carrillo Puerto (CONAGUA, Op. Cit.).

De acuerdo con la cartografía del INEGI, en la Microcuenca Cancún únicamente se presentan rocas sedimentarias de tipo caliza, las cuales son las rocas constituidas por carbonato de calcio ($>80\% \text{ CaCO}_3$), pudiendo estar acompañada de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por lo que son de gran importancia estratigráfica. Por su contenido orgánico, arreglo mineral y textura existe en gran cantidad de clasificaciones en calizas. Sin embargo en ninguna se considera la presencia de material clástico. En los casos donde es considerable o relevante la presencia de clásticos se clasifica la caliza y el tamaño de la partícula determina el nombre secundario: caliza arcillosa, caliza arenosa y caliza conglomerada (INEGI, 2005)²⁰.

Cabe mencionar que las rocas presentes en la microcuenca de estudio son de períodos o sistemas diferentes, ya que se manifiestan rocas calizas del periodo cuaternario “Q(cz)”, rocas calizas del Plioceno “Tpl(cz)” y rocas calizas del Neógeno “Ts(cz)”. Asimismo existen zonas que se encuentran en etapa de pedogénesis en las que únicamente se presenta una acumulación de material granular suelto como producto de los procesos de erosión e intemperismo, a los cuales se les denomina en función de los lugares en que se depositan, de tal forma que estos son: suelos de tipo aluvial (al), suelo lacustre (la), suelo palustre (pa), suelo litoral (li) y suelo eólico (eo) cuya distribución se muestra en la **Figura IV:8**.

- Suelo aluvial. Suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos.
- Suelo lacustre. Es un suelo integrado por depósitos recientes que ocurre en lagos. Generalmente está formado por arcillas y sales.
- Suelo palustre. Está formado por materiales no consolidados, ricos en materia orgánica, que se han depositado en zonas pantanosas.
- Suelo litoral. Está formado por materiales sueltos que se acumulan en zonas costeras por la acción de las olas y las corrientes marinas (arenas de playa).
- Suelo eólico. Es un suelo integrado por la acumulación de material derivado de rocas preexistentes, que ha sido transportado por la acción del viento (forma un relieve conocido como dunas).

²⁰ INEGI, 2005. Guía para la interpretación de Cartografía Geológica.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

[Límite municipal]	Límite municipal
■ Predio	
■ Microcuenca Cancún	

Tipo de rocas	
■ Q(al), Aluvial	Q(ii), Litoral
■ Q(cz), Caliza	Q(pa), Palustre
■ Q(eo), Eólico	Tpl(cz), Caliza
■ Q(la), Lacustre	Ts(cz), Caliza

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

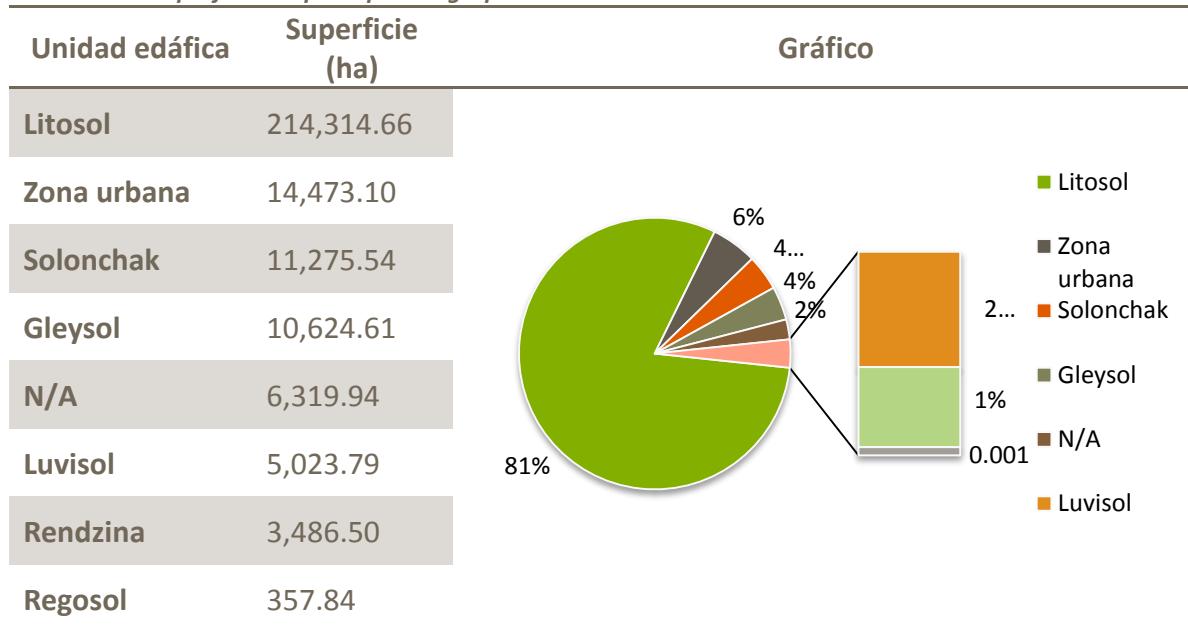
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura IV:8. Geología de la zona de estudio.

IV.3.4 Suelos

Al igual que en gran parte de la Península de Yucatán, el material geológico que dio origen a los suelos presentes en la microcuenca Cancún es de tipo sedimentario. Por otra parte Pope *et al.*, (1996)²¹ han correlacionado mapas de suelo y geología de la Península de Yucatán y reportaron una clara relación entre el tipo de suelo y la edad de la roca madre, en concordancia con la persistencia de suelo residual que es, en algunos casos, tan antiguo como el Eoceno, por lo cual concluye que existe una relación estrecha entre la distribución de los tipos de rocas madre y los grupos de suelo. De acuerdo con la cartografía de INEGI en la microcuenca Cancún existen cinco grupos de suelo dominantes: Gleysol, Litosol (Leptosol), Luvisol, Rendzina y Solonchak, los cuales dan origen a 16 unidades edafológicas con características de diagnóstico únicas. El grupo de suelo que mayor superficie ocupa dentro de la microcuenca es Litosol (**Cuadro IV:1**).

Cuadro IV:1. Superficie ocupada por los grupos de suelo en la Microcuenca Cancún.



A continuación se describen a detalle los grupos de suelo presentes en la microcuenca Cancún, que a diferencia de los descritos en la sección anterior, se encuentran definidos por sus características físico-químicas.

- Gleysol mólico

²¹ Pope, K. O., A. C. Ocampo, G. L. Kinsland, and R. Smith. 1996. Surface expression of the Chicxulub Crater. *Geology* 24:527-530.

Del ruso *gley*: pantano. Literalmente, suelo pantanoso. Estos suelos se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. La vegetación natural que presentan generalmente es de pastizal y tular. En general son muy variables en su textura pero en la microcuenca predominan los arcillosos (textura fina), esto trae como consecuencia que presenten serios problemas de inundación durante épocas de intensa precipitación.

- Litosol (Leptosoles)

Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Al igual que en gran parte del país estos suelos son de los más abundantes en la Península de Yucatán y lo de mayor presencia en la microcuenca de estudio. Son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales, aunque los litosoles presentes en zonas llanas presentan menor fertilidad que los presentes en pendientes de colinas.

- Luvisol crómico

Del latín *luvi*, *luo*: lavar. Suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcilla de alta actividad y una alta saturación con bases a alguna profundidad, en la microcuenca Cancún derivan de material parental no consolidado, principalmente depósitos aluviales. Se distribuyen algunas zonas bajas de la porción oeste de la microcuenca. Son suelos que se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo y son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. De acuerdo con la FAO²², la mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas, aunque los Luvisoles con alto contenido de limo son susceptibles al deterioro de la estructura lo cual los hace altamente susceptibles a la erosión. El calificador crómico hace referencia a que tiene dentro de 150 cm de la superficie, una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, con un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o ambos, un hue de 7.5 YR y un croma, húmedo, de más de 4.

²² IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

- Regosol calcárico

Del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. 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. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros, siendo las zonas costeras el único lugar donde se distribuyen dentro de la microcuenca. De acuerdo a la FAO (Op. Cit.), los Regosoles forman un grupo remanente taxonómico que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en alguno de los otros GSR. En la práctica, los Regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales fluvícos (Fluvisoles). El calificativo calcárico deriva del latín *calcareum*: calcáreo, haciendo referencia a que son suelos que tienen material calcárico entre 20 y 50 cm de la superficie o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida, dicho atributo los hace ricos en cal y nutrientes para las plantas (INEGI, 2004)²³.

- Rendzina

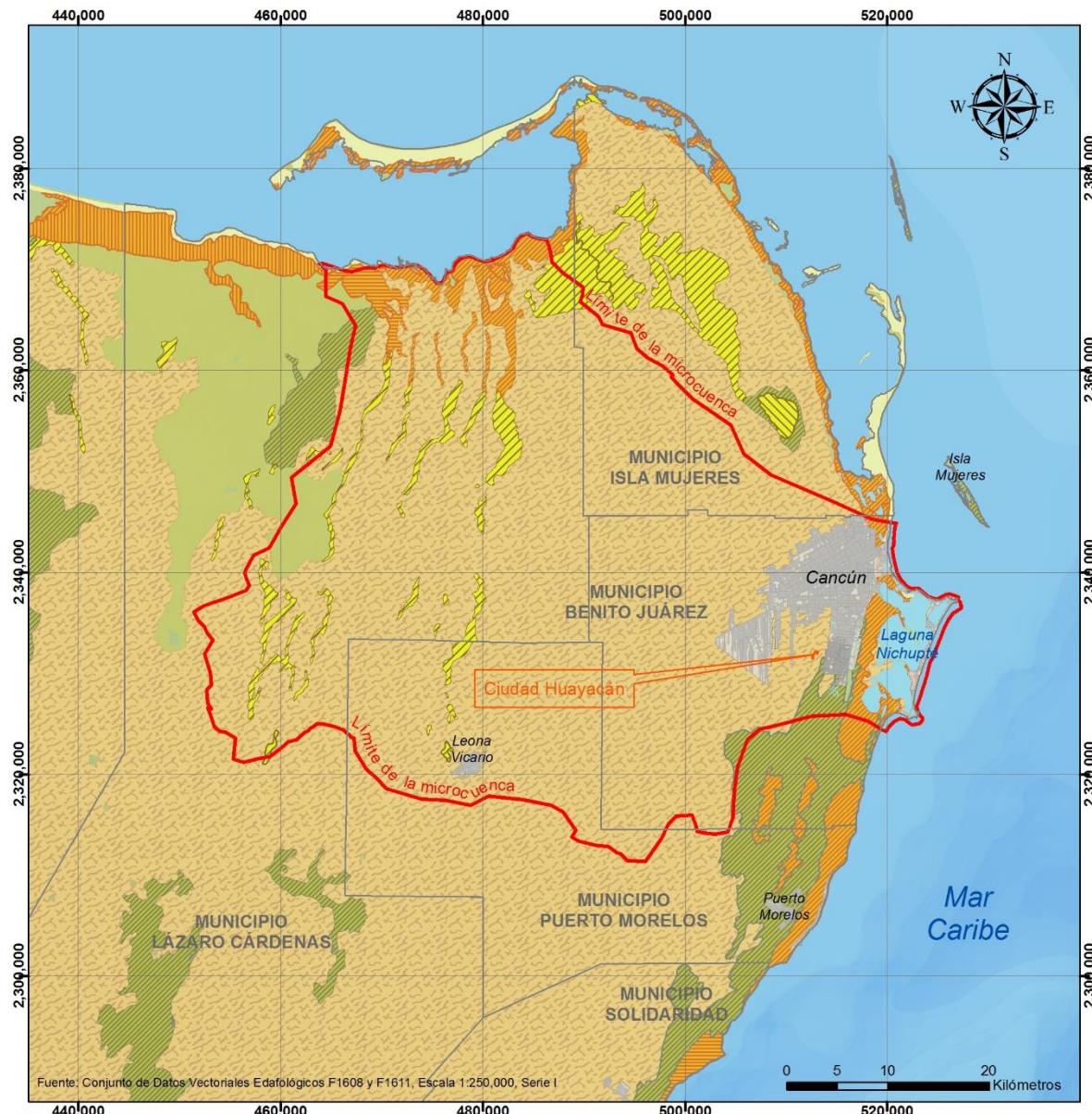
Del polaco *rzedzic*: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza 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.

- Solonchak gléyico y Solonchak órtico

Del ruso *sol*: sal. Son suelos que tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Los Solonchaks están ampliamente confinados a zonas costeras en todos los climas (FAO, Op. Cit.). Al igual que los gleysoles su distribución dentro de la microcuenca se encuentra definida por las depresiones lineales paralelas originadas por la Fractura de Holbox, pero en este caso, en las secciones más cercanas a las zonas costeras del norte de la microcuenca.

²³ INEGI, 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafológica.

En la **Figura IV:9** se muestra la distribución de cada uno de los grupos de suelos descritos dentro de la Microcuenca Cancún.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

Límites municipales	Unidades edáficas	Regosol, calcárico
Predio	Gleysol, mólico	Rendzina, N/A
Microcuenca Cancún	Gleysol, vértico	Solonchak, gléyico
	Litosol, N/A	Solonchak, mólico
	Luvisol, crómico	Solonchak, órtico

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura IV:9. Paisajes geomorfológicos de la zona de estudio.

IV.4 MEDIO BIOLÓGICO

IV.4.1 Tipos de Vegetación

De acuerdo con la Carta de uso de suelo y vegetación Serie IV del INEGI, en la microcuenca Cancún se presentan cinco principales tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana caducifolia, manglar y tular, cada uno de los cuales se presenta en diferentes estados de sucesión que dan origen a tipos de vegetación secundarios (**Cuadro IV:2 y Figura IV:10**).

Cuadro IV:2. Usos de suelo y vegetación presentes en la microcuenca Cancún

Clave INEGI	Uso de suelo	Superficie (ha)	% de la microcuenca
ADV	Área desprovista de vegetación	11.05	0.004
AH	Asentamiento humano	14,877.89	5.6
H ₂ O	Cuerpo de agua	6,365.77	2.39
PC	Pastizal cultivado	3,244.38	1.22
SMQ	Selva mediana subperennifolia	63,996.50	24.07
SMS	Selva mediana subcaducifolia	18,230.87	6.86
TA	Agricultura de temporal de ciclo anual	114.92	0.04
VM	Vegetación de manglar	9,048.69	3.4
VSA/VM	Vegetación secundaria arbustiva de manglar	990.84	0.37
VSA/SMS	Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subcaducifolia	107.53	0.04
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subperennifolia	48,765.15	18.34
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	84,101.45	31.63
VSh/SMQ	Vegetación secundaria herbácea de selva mediana subperennifolia	2,583.48	0.97
VT	Vegetación de tular	9,093.49	3.42
ZU	Zona urbana	4,342.71	1.63
Total		265,874.72	100

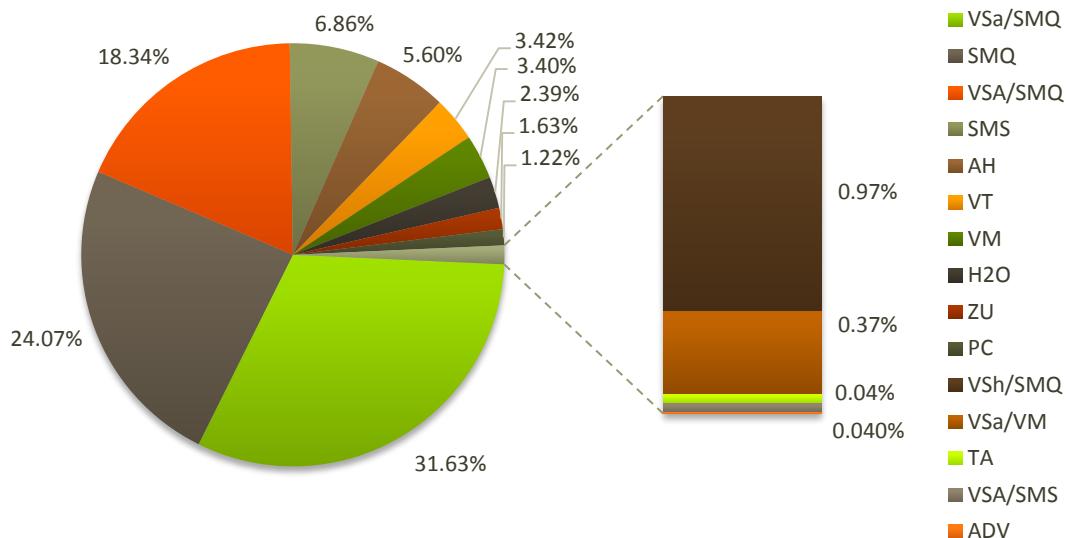


Figura IV:10. Usos de suelo y vegetación dentro de la microcuenca Cancún. Fuente: Elaboración propia a partir del geoprocессamiento (clipping) del conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación Escala 1:250,000 Serie IV del INEGI.

- Selva mediana subperennifolia (SMQ)

Se caracteriza porque algunos árboles que la forman (alrededor de 25-50%) pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca. Este tipo de selva cubren áreas extensas con clima cálido (temperatura media anual superior a 20°C.) y subhúmedo (precipitación anual media superior a 1,200 mm.) con algunas lluvias en la temporada seca que es más marcada que en las zonas de selva perennifolia (Miranda y Hernández, 1963)²⁴. La selva mediana subperennifolia es el tipo de vegetación más extenso en el estado de Quintana Roo. Se distribuye de norte a sur y de este a oeste, en la porción oeste extremo colinda con la selva mediana subcaducifolia. En la microcuenca Cancún la SMQ, ocupa el 24.07%, distribuyéndose principalmente al suroeste (**Figura IV:11**).

Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y poseen gran cantidad de epífitas y bejucos. Los árboles tienen una altura de entre 15 y 25 m, con troncos

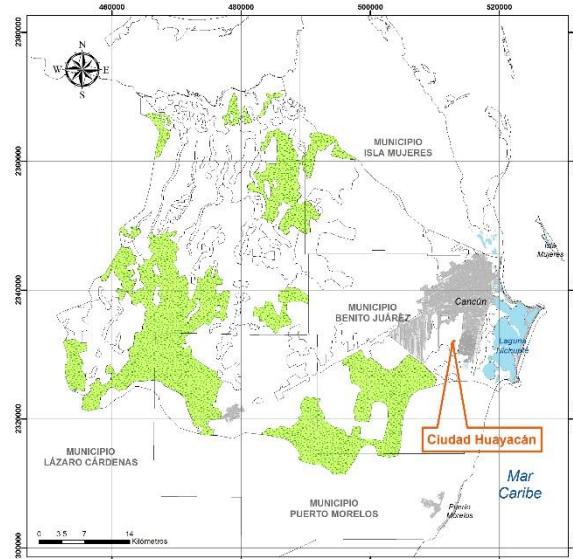


Figura IV:11. Distribución de la selva mediana subperennifolia en la microcuenca Cancún.

²⁴ Miranda F. y Hernández X. E. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. UNAM-ENA. México, D.F.

menos gruesos que los de la selva alta perennifolia, aun cuando se trata prácticamente de las mismas especies. También presenta tres rangos de altura (árboles de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 20 a 30 m). Las palmas forman parte de los estratos, especialmente del bajo y del medio. Las especies representativas para este tipo de vegetación son: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* (Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*, entre otras. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas (INEGI, 2005)²⁵.

- Selva mediana subcaducifolia (SMS)

Esta comunidad vegetal se caracteriza porque entre el 50 y 75% de los árboles altos pierden sus hojas durante lo más álgido de la época seca (Miranda y Hernández, Op. Cit.). Esta selva se localiza al norte del estado de Quintana Roo y en el centro oeste, en el límite con Yucatán, franja donde alcanza su máximo desarrollo. En la microcuenca, la SMS ocupa el 6.86 %, distribuyéndose en el extremo noroeste (**Figura IV:12**). La altura promedio de los árboles es de entre 25 y 30 m. La densidad de los árboles y de la cobertura vegetal es menor que la

observada en las selvas perennifolias y subperennifolias.

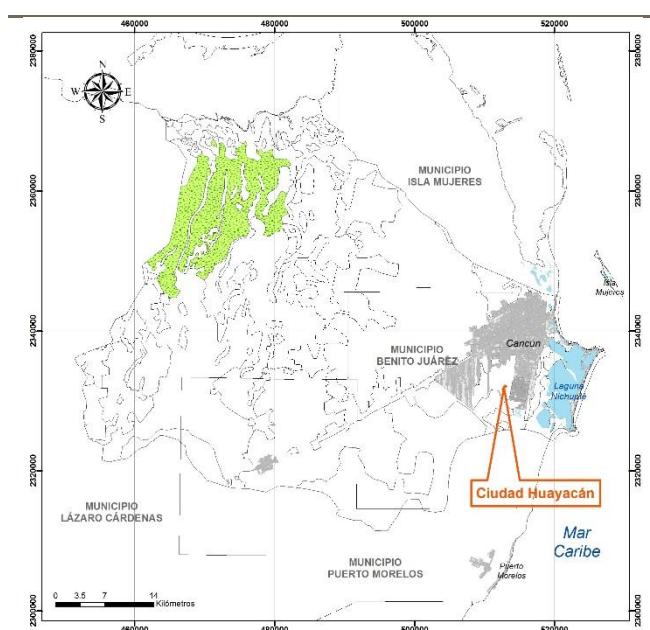


Figura IV:12. Distribución de la selva mediana subcaducifolia en la microcuenca Cancún.

berlandieriana, *Metopium brownei*, *Cameraria latifolia*, *Plumeria obtusa*, *Crescentia cujete*,

²⁵ INEGI. 2005. Guía para la interpretación cartográfica de uso del suelo y vegetación Serie III. INEGI, México, D.F.

²⁶ Miranda F. 1959. La vegetación de la Península de Yucatán, En: Beltrán E. Ed. *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, pp. 215-271, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.

Bursera simaruba, Tillandsia bulbosa, Acacia pennatula, Caesalpinia yucatanensis, entre otras.

- **Manglar (VM)**

Esta comunidad se distribuye principalmente en la zona costera de la microcuenca, encontrándose colindante en algunas ocasiones con la duna costera, los tulares y las selvas,

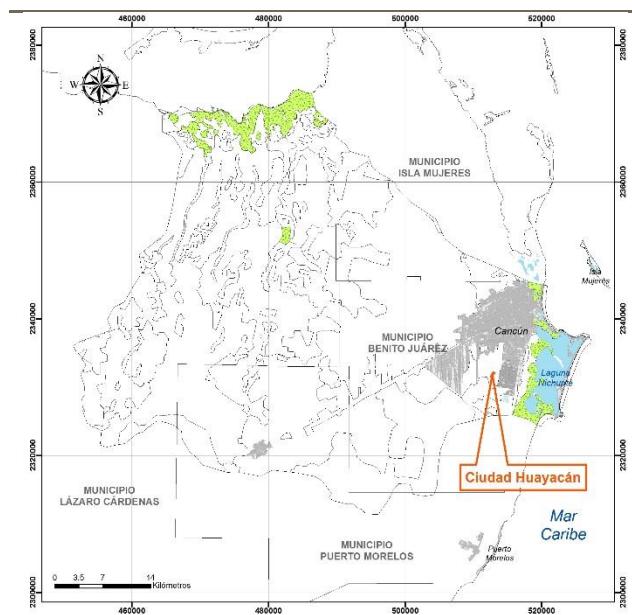


Figura IV:13. Distribución del manglar en la microcuenca Cancún

aunque son frecuentes en los bordes de las lagunas costeras, en particular el sistema lagunar Nichupté (**Figura IV:13**). Los manglares rojo (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*) y negro (*Avicennia germinans*) en el municipio llegan a tener alturas de hasta 12 m.

Las características y composición de especies están determinadas por las perturbaciones del área, la profundidad del agua y la salinidad del suelo y/o del agua. La especie que de manera característica se sitúa en las partes más elevadas es el mangle botonillo (*Conocarpus erectus*). A lo largo de la

microcuenca se pueden diferenciar tres tipos de manglares descritos por Olmsted *et al.* (1983)²⁷ como manglar de franja, manglar mixto y manglar chaparro; los cuales se describen a continuación:

Manglar de franja: Se denomina así al pantano situado a lo largo del litoral, tanto en sitios expuestos a mar abierto como en torno a bahías y lagunas costeras. La altura de los manglares rojo, blanco y negro llega a ser en el municipio de hasta 12 m. Las características y composición de especies están determinadas por las perturbaciones del área, la profundidad del agua y la salinidad del suelo y agua. La especie que de manera característica se sitúa en las partes más elevadas es el mangle botonillo. El manglar de franja marino está expuesto a la salinidad, el oleaje y las mareas, dominado principalmente por el mangle rojo y el negro. El manglar de franja lagunar se encuentra bordeando los litorales de las lagunas costeras o ríos a lo largo de toda la costa de la península, como ocurre en la laguna Nichupté.

²⁷ Olmsted C. I., López A. y Durán R. 1983. Vegetación de Sian Ka'an. En: CIQROO. Ed. *Sian Ka'an, estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como Reserva de la Biosfera*, pp. 63-83, Centro de Investigaciones Científicas de Quintana Roo A.C., Quintana Roo.

Manglar mixto: Dependiendo de su localización y características, se considera como manglar mixto aquellos que pueden incluirse dentro de la clasificación de manglar de ciénaga baja y al manglar de las lagunas fósiles. El primer tipo suele formar islotes arbóreos en las ciénagas, que se inundan o se secan según el régimen hidrológico de éstas. Permanece inundado la mayor parte del año, sobre todo en época lluviosa. Los valores de salinidad pueden ser muy elevados, sobre todo en la época de sequía cuando disminuyen los niveles de inundación. La principal especie en esta comunidad es el mangle negro, seguido en importancia por el mangle rojo.

Manglar chaparro: Esta comunidad vegetal se establece en suelos margosos (marga: roca sedimentaria de dureza moderada, formada por carbonato de calcio y arcilla), con alto contenido de carbonato de calcio, producto en gran medida de la precipitación provocada por la acción de las algas verde azules del periphyton, son extremadamente pobres en nutrientes, lo cual determina su estructura ya que no alcanzan más de 1 a 2 m de altura, con manchones que miden hasta 3 m en lugares donde se acumula materia orgánica, siendo que las especies que lo componen ya sea mangle rojo, blanco, negro o botoncillo, normalmente crecen como grandes árboles. Esta es una vegetación que puede ser sumamente densa e infranqueable donde las ramas de los individuos se entrelazan, o por el contrario, puede encontrarse en densidades bajas con una dispersión de individuos de hasta 3 m.

- Comunidades secundarias

Son aquellas originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. En un principio se forman matorrales perennifolios, pero con el tiempo pasan a selvas secundarias, que cuando son suficientemente altas, se confunden con selvas primarias a las que sustituyen. Por lo general estas selvas secundarias se distinguen por las especies arbóreas que las forman, que son árboles de crecimiento muy rápido y de maderas blandas, como los guarumbos o chancarros (*Cecropia* sp.) majahuas (*Helicarpus* sp.),

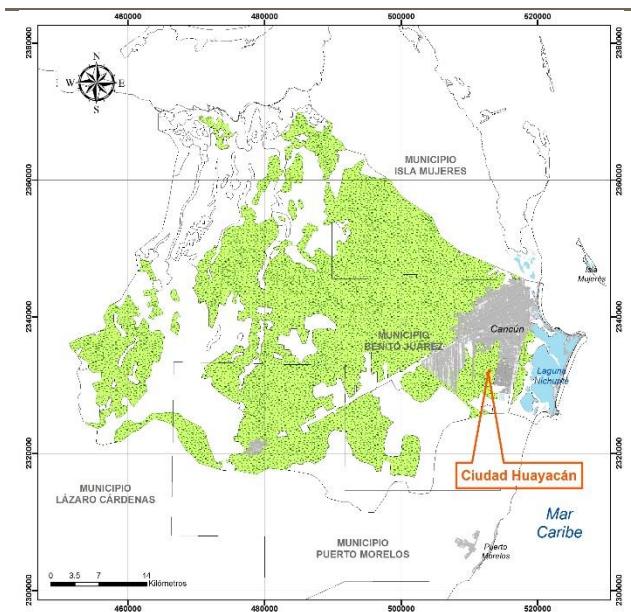


Figura IV:14. Distribución de la vegetación secundaria en la microcuenca Cancún

sangregado (*Croton draco*), Guanacaste (*Schizolobium parahybum*), entre otros. La reversión a la selva primaria puede realizarse con suficiente tiempo si la alteración no ha sido muy profunda y si las causas de destrucción dejan de actuar.

En la microcuenca Cancún se registra vegetación secundaria de manglar en estado sucesional arbustiva, selva mediana subperennifolia herbácea, arbustiva y arbórea, y vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subcaducifolia; en conjunto ocupan el 51% de la superficie total de la microcuenca (**Figura IV:14**). La mejor representada es la vegetación secundaria arbustiva derivada de selva mediana subperennifolia con el 31%, distribuyéndose principalmente en el centro de la microcuenca.

- Tular (VT)

El tular está constituido por agrupaciones densas de plantas herbáceas, pero cuyas hojas largas y angostas, o bien buena parte de los tallos (cuando carecen de hojas), sobresalen de

la superficie del agua (helófitos). En esta comunidad se incluyen también las agrupaciones de plantas herbáceas adaptadas a inundaciones temporales constituidas principalmente por monocotiledóneas de 20 cm hasta 2.5 m de altura de hojas alargadas y angostas (gramíneas y cyperaceas). Se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente.

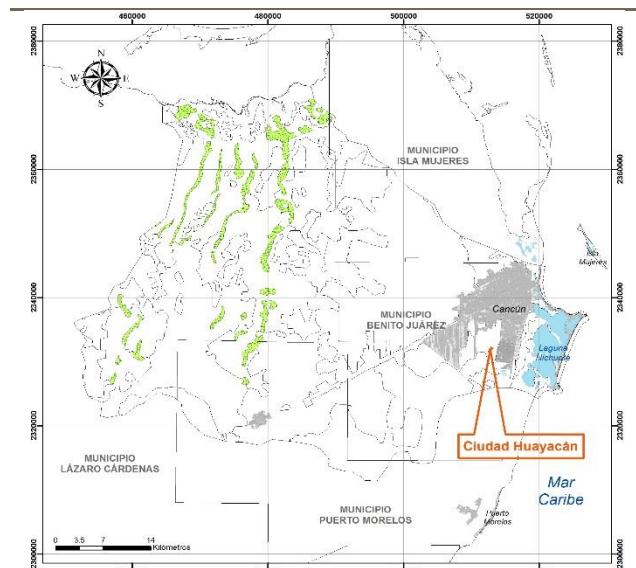
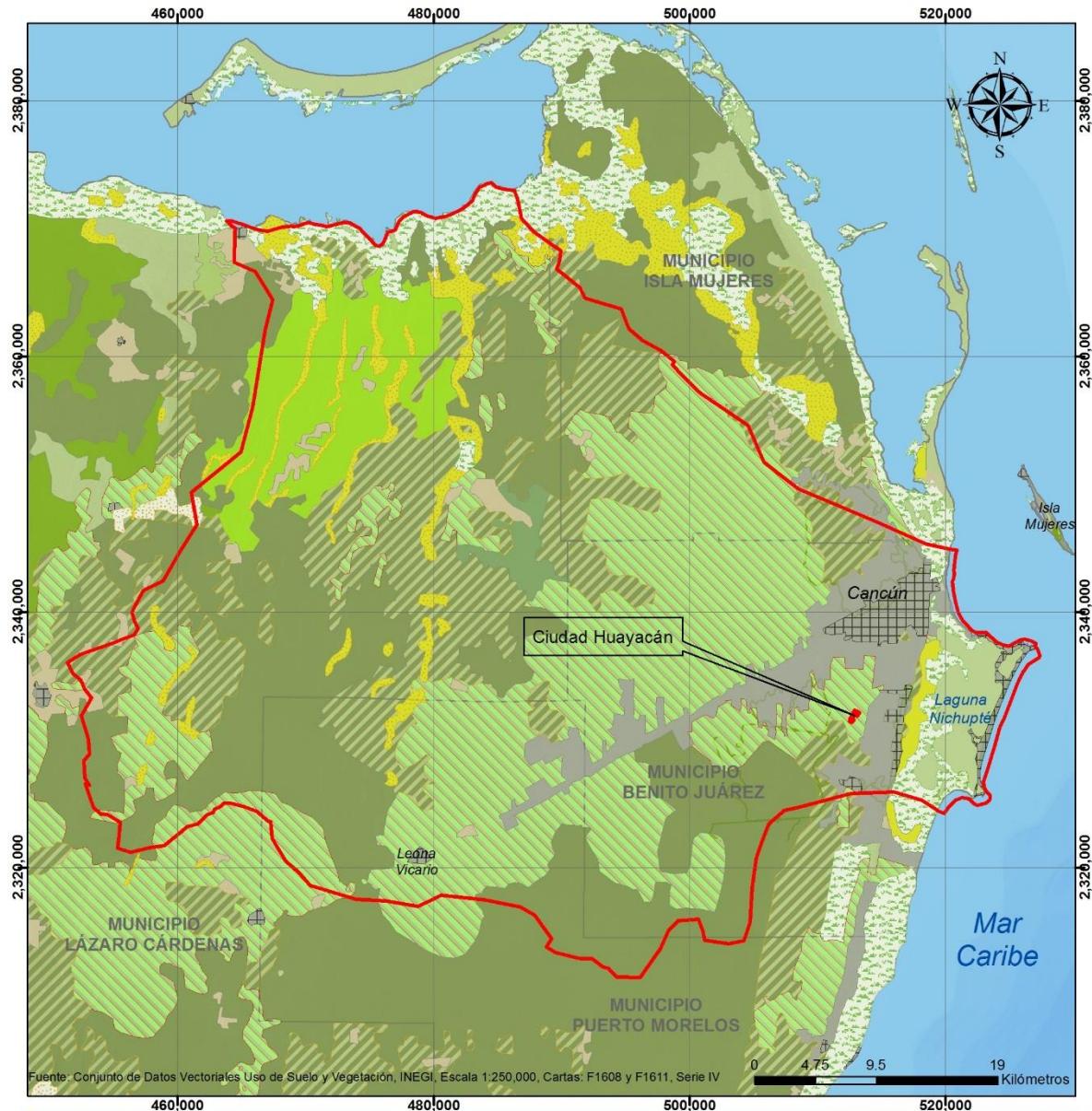


Figura IV:15. Distribución de la vegetación de tular en la microcuenca Cancún

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha domingensis*), aunque también se pueden encontrar manchones de carrizales con dominancia de *Phragmites australis*, y *Cladium jamaicense*.

Finalmente, en la **Figura IV:16** se representan cada uno de los tipos de vegetación presentes en la microcuenca Cancún, de acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV INEGI.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Usos de suelo y vegetación	
SMQ	VT
SMS	VSA/VM
SBC	VSA/SMQ
PC	TA
VM	VSA/SMQ
	ADV
	VSh/SMQ
	AH
	VSA/SMS
	ZU

Ciudad de Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura IV:16. Mapa de uso de suelo y vegetación. Fuente: Elaboración propia a partir de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación F16-08 y F16-11 escala 1:250,000 INEGI, Serie IV.

IV.4.2 Riqueza florística

De acuerdo con los inventarios de flora presentados en las fases de caracterización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez tanto del 2005 como su actualización en 2014²⁸ existen 266 especies de plantas vasculares. Sin embargo, dado que dicho municipio representa una fracción de la extensión total de la microcuenca Cancún el listado fue complementado con los resultados preliminares reportados en el plan de manejo para el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Lagunar Nichupté y el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, así como los datos preliminares reportados en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009, utilizando, de este último, únicamente los conglomerados que se ubicaron dentro de los límites de la microcuenca (Figura IV:17).

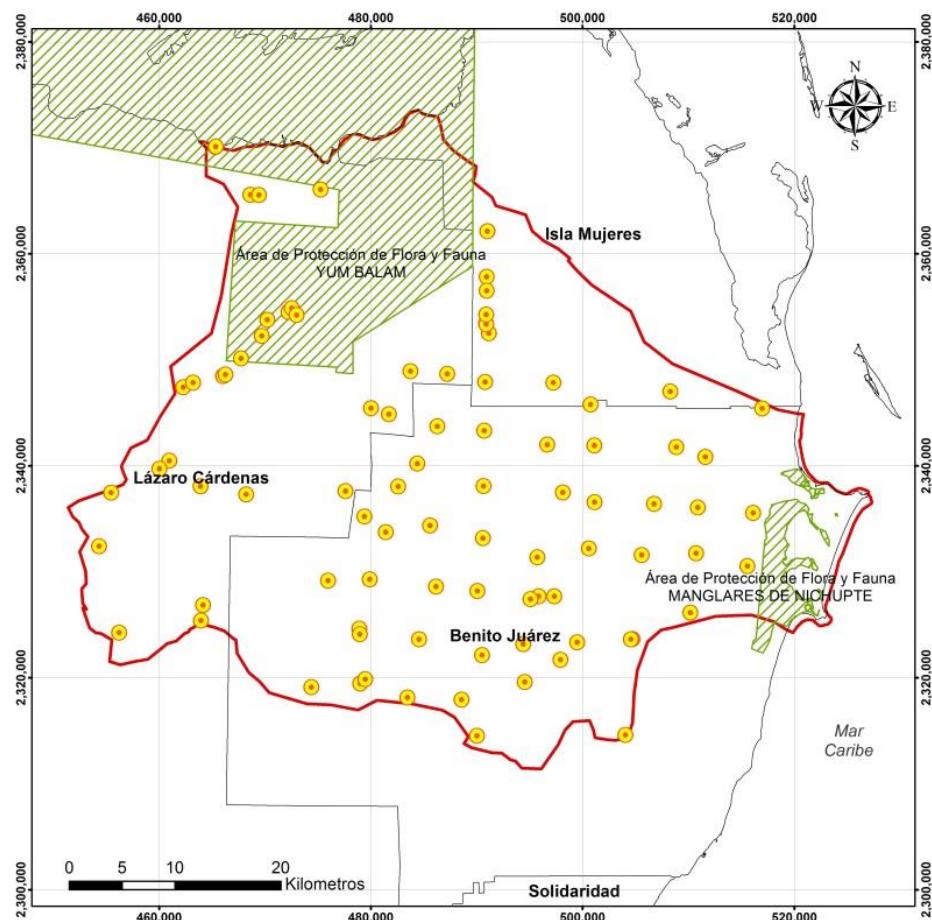


Figura IV:17. Conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

²⁸ Periódico Oficial del estado de Quintana Roo. 2014. Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. <<http://sema.qroo.gob.mx/bitacora/index.php/descargas-de-ordenamientos-y-plaes-de-manejo/programa-de-ordenamiento-ecologico-local-del-municipio-de-benito-juarez#>>> (Consultado abril 2016)

El listado florístico final de la microcuenca Cancún registró una riqueza total de 459 especies, en 313 géneros y 97 familias, cuyo listado se presenta en el **Anexo 1**.

Las familias con mayor número de géneros y especies son Leguminosae (31 géneros-58 especies), Rubiaceae (17-22) y Euphorbiaceae (13-20) (**Figura IV:18**). De acuerdo con Duno de Stedano (2010)²⁹, la familia Leguminosae es un elemento representativo del paisaje yucateco y se pueden observar en abundancia en casi todos los ecosistemas, en especial, en la selva baja caducifolia y en áreas perturbadas.

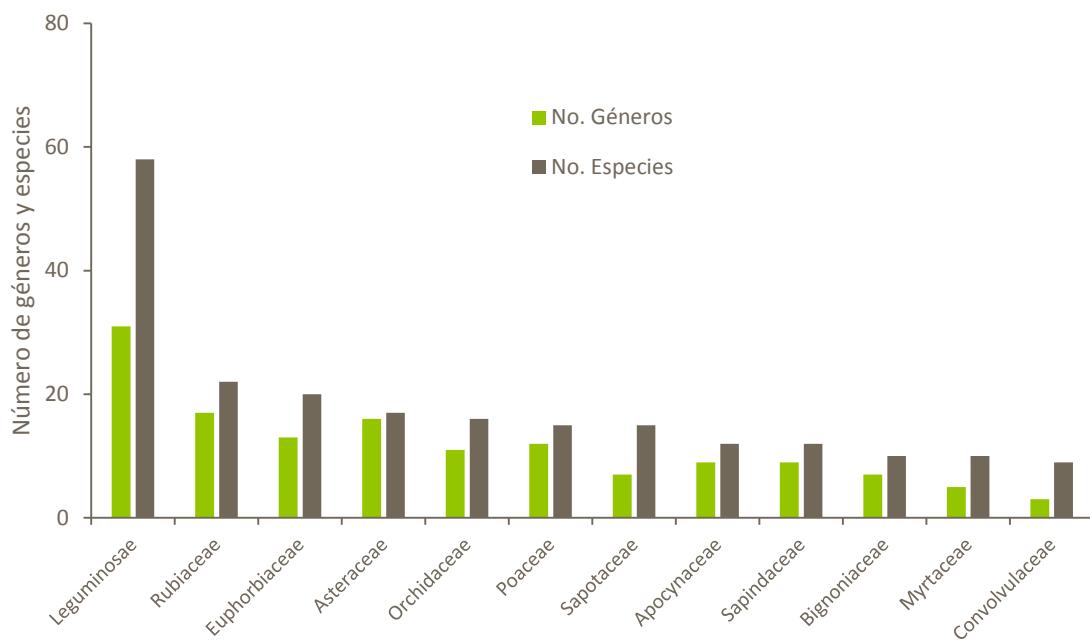


Figura IV:19. Familias con mayor número de especies y géneros en la microcuenca Cancún

En relación con los géneros, los mejor representados son *Acacia* y *Pithecellobium* con 8 y 7 especies, siguiéndole *Coccoloba*, *Ficus*, *Caesalpinia* y *Diospyros* con seis cada una (**Figura IV:19**).

²⁹ Duno de Stedano R. 2010. Leguminosas. En: Durán R. y Méndez M. Eds. Biodiversidad y Desarrollo Huamno en Yucatán, p. 188, CICY, CONABIO, SEDUMA, Yucatán.

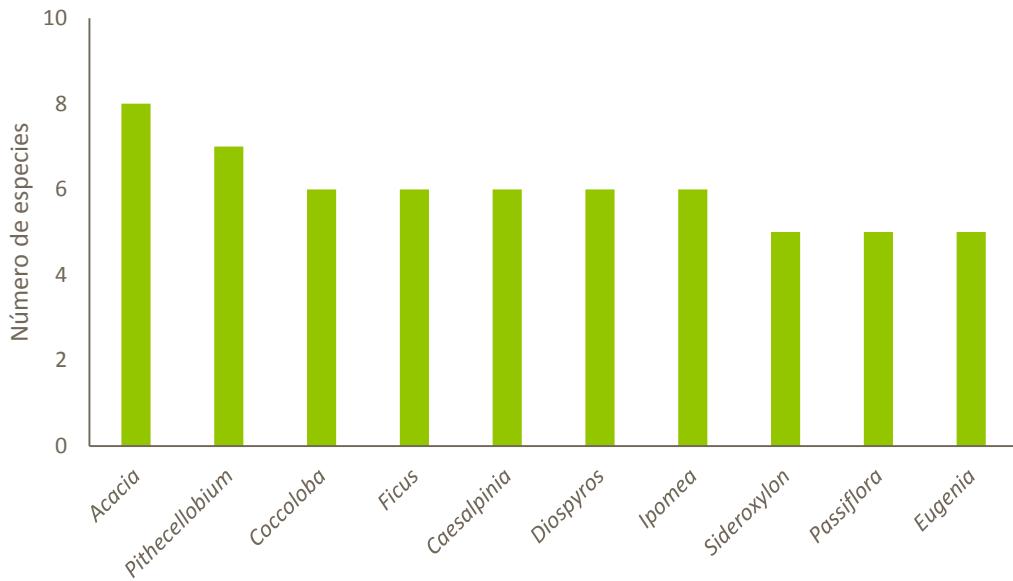


Figura IV:19. Géneros con mayor número de especies en la microcuenca Cancún

Por otra parte, en la microcuenca se registraron 16 especies protegidas bajo la NOM,-059-SEMARNAT-2010, solo cuatro se encontraron bajo la categoría protección especial y el resto en la categoría amenazada (**Cuadro IV:3**).

De las 16 especies protegidas, cuatro son endémicas, *Beaucarnea pliabilis*, *Coccothrinax readii*, *Rhizophora mangle* y *Vanilla planifolia*. Cabe mencionar que la Península de Yucatán, cuenta con 119 plantas endémicas, representando el 5.17% de las especies endémicas de país (Fernández-Carnevali *et al.*, 2012)³⁰.

Cuadro IV:3. Listado de especies vegetales registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

FAMILIA	ESPECIE	INFyS 2004-2009	POEL-05	POEL-14	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	X	X		No endémica	A
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>			X	No endémica	A
Nolinaceae	<i>Beaucarnea pliabilis</i>			X	Endémica	A
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	X		X	No endémica	Pr
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>			X	Endémica	A
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>			X	No endémica	A
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum sanctum</i>			X	No endémica	A
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>			X	No endémica	A
Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>			X	No endémica	A
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	X	X	X	Endémica	A
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>			X	No endémica	Pr
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>			X	No endémica	A
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	X	X		No endémica	A
Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia</i>		X		Endémica	Pr

³⁰ Fernández-Carnevali G.C., Tapia-Muñoz J.L., Duno de Stefano R., Rámirez-Morillo I.M., Can Itza L., Hernández-Aguilar S. y Castillo A. 2012. La flora de la Península de Yucatán Mexicana: 250 años de conocimiento florístico. *Biodiversitas*, 101:6-10.

FAMILIA	ESPECIE	INFyS 2004-2009	POEL-05	POEL-14	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA
Zamiaceae	<i>Zamia loddigesii</i>		X	No endémica	A	
Zamiaceae	<i>Zamia polymorpha</i>		X	No endémica	Pr	

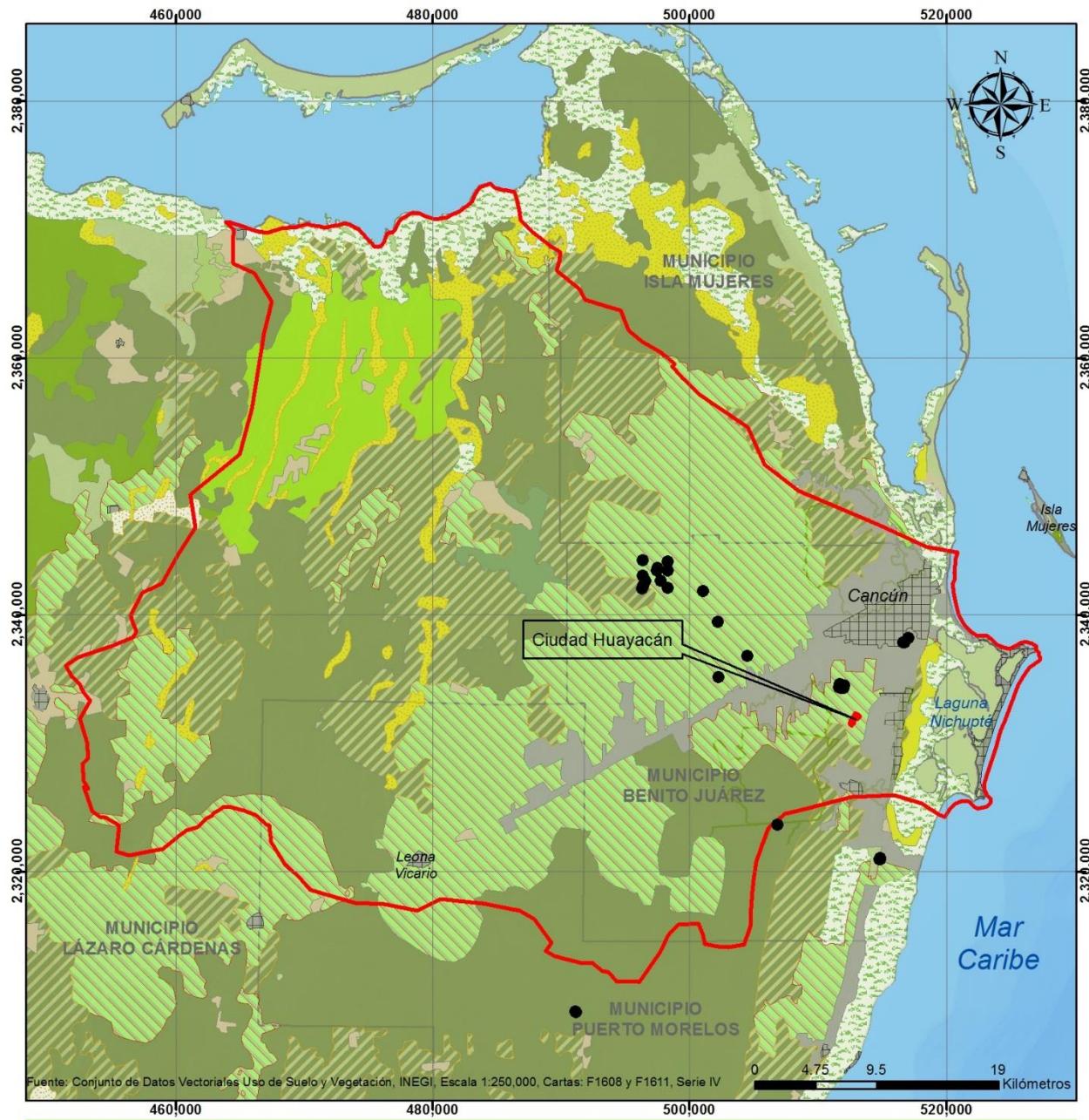
Nota: A=Amenazadas, Pr= Protección especial

- Caracterización de la Selva Mediana Subperennifolia en la microcuenca Cancún

Con el fin de estimar índices de importancia, riqueza y diversidad de la comunidad vegetal Selva Mediana Subperennifolia presente en la microcuenca se llevó a cabo un muestreo considerando diversos sitios testigo dentro de la misma y zonas aledañas (**Figura IV:19**). Dichos sitios fueron establecidos en vegetación secundaria y primaria de selva mediana subperennifolia, y dada la extensión de la misma, en total fueron establecidos 42 sitios cuyas coordenadas de ubicación se presentan en el **Cuadro IV:4**.

Cuadro IV:4. Coordenadas de los sitios testigos dentro de la Microcuenca Cancún.

ID	Ubicación	X	Y	ID	Ubicación	X	Y
1	Parque Kabah	516727	2337873	22	Este Cancún	511968	2334282
2	Parque Kabah	516645	2337872	23	Noroeste Cancún	496534	2342655
3	Parque Kabah	517017	2338221	24	Noroeste Cancún	496335	2343049
4	Norte Cancún	501043	2341847	25	Noroeste Cancún	497738	2342651
5	Norte Cancún	504508	2336816	26	Noroeste Cancún	497455	2343476
6	Norte Cancún	502206	2339451	27	Noroeste Cancún	497471	2343654
7	Norte Cancún	502232	2335131	28	Noroeste Cancún	498291	2344177
8	Este Cancún	511672	2334609	29	Noroeste Cancún	498282	2343438
9	Este Cancún	511661	2334484	30	Noroeste Cancún	498266	2342086
10	Este Cancún	511646	2334335	31	Noroeste Cancún	496326	2344235
11	Este Cancún	511717	2334555	32	Noroeste Cancún	496289	2342064
12	Este Cancún	511729	2334404	33	Noroeste Cancún	496340	2342172
13	Este Cancún	511786	2334498	34	Noroeste Cancún	496392	2342315
14	Este Cancún	511818	2334570	35	Sur Cancún	514801	2320932
15	Este Cancún	511796	2334322	36	Sur Cancún	514825	2320943
16	Este Cancún	511855	2334416	37	Sur Cancún	514838	2320971
17	Este Cancún	511914	2334512	38	Sur Cancún	514847	2321016
18	Este Cancún	511898	2334338	39	Sur Cancún	514853	2321050
19	Este Cancún	511982	2334431	40	Sur Cancún	506849	2323663
20	Este Cancún	512014	2334503	41	Sur Cancún	491063	2309126
21	Este Cancún	512001	2334357	42	Sur Cancún	491129	2309051



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Usos de suelo y vegetación	VT	VSa/VM
SMQ	VSA/SMQ	TA
SMS	VSa/SMQ	ADV
SBC	VSh/SMQ	AH
PC	VSA/SMS	ZU
VM		
	● Sitios testigo	

Ciudad de Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura IV:19. Distribución de los sitios testigo en la microcuenca Cancún

La caracterización de la vegetación en campo consistió en la identificación de un punto de muestreo concéntrico con dirección al norte, este punto sirvió para ubicar tres parcelas circulares. La primer parcela tuvo como objetivo registrar las características dasométricas del arbolado con diámetro normal mayor o igual a 10 cm, en una radio de 12.6 m, por tanto superficie de 500 m².

Mientras, el segundo sitio, con superficie de 100 m² y radio de 5.64 m, el objetivo principal fue registrar los individuos presentes en el estrato arbustivo; es decir, los individuos con diámetro normal mayor o igual a 5 y menores a 10 cm. Finalmente, el tercer sitio contó con una superficie de 5 m² y radio de 1.26 m, el objetivo fue registrar las especies dentro del estrato herbáceo con diámetros menor o igual a 5 cm (**Cuadro IV:5**).

Cuadro IV:5. Síntesis de las características de muestreo para el levantamiento forestal en los sitios de muestreo.

DINÁMICA DE MUESTREO	SUPERFICIE DEL SITIO	PARÁMETROS PARA LA TOMA DE DATOS	VARIABLES REGISTRADAS
	500 m ² Radio de 12.6 m	Diámetro normal ≥ 10 cm.	<ul style="list-style-type: none"> Altura total Altura al fuste limpio Plantas epífitas Forma de fuste Estado o condición
	100 m ² Radio de 5.64 m	Diámetro normal ≥ 5 cm y <10	<ul style="list-style-type: none"> Altura total Altura al fuste limpio Forma de fuste Estado o condición
	5 m ² Radio de 1.26 m	Diámetro normal < 5 cm.	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura Altura total

En cada uno de los sitios se registró el número de especies, el número de individuos y la cobertura. Luego, se calcularon por estrato los atributos que definen la estructura biológica de una comunidad (Riqueza florística, abundancia, densidad, dominancia y frecuencia). Posteriormente, se obtuvo el índice de riqueza específica de Margalef; el índice de diversidad de Simpson, el índice de equidad y diversidad de Shannon-Wiener, y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie.

- Riqueza florística en los sitios testigo

En los sitios testigo se registraron 64 familias, 120 géneros y 167 especies, distribuidas en 3,388 individuos. La familia Leguminosae es la mejor representada con 32 especies y 24 géneros, siguiéndole principalmente Sapindaceae y Sapotaceae; lo anterior es coherente

con las principales familias encontradas en la literatura y reportadas en la sección anterior (**Figura IV:20**).

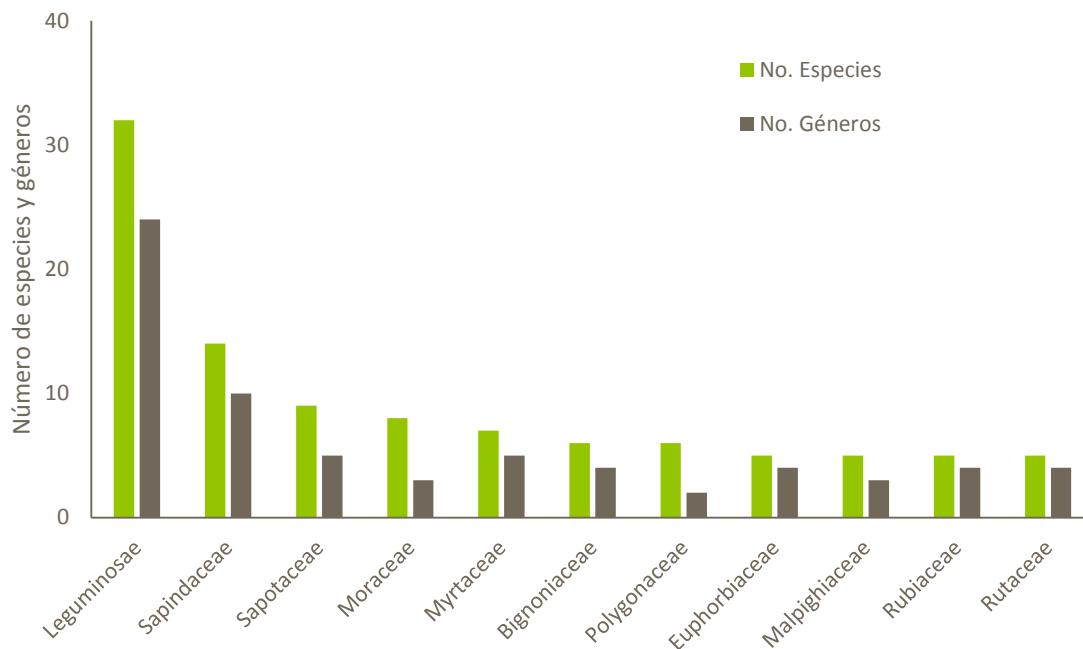


Figura IV:20. Familias con mayor número de especies y géneros en la microcuenca Cancún

Los individuos se encontraron en las categorías de altura 2.5 a 20. La categoría 2.5 fue la mejor representada con 1,603 individuos (**Figura IV:21**), mientras en la categoría 20 solo se registran dos individuos, siendo la especie *Vitex gaumeri* la que registra la altura máxima con 20 metros.

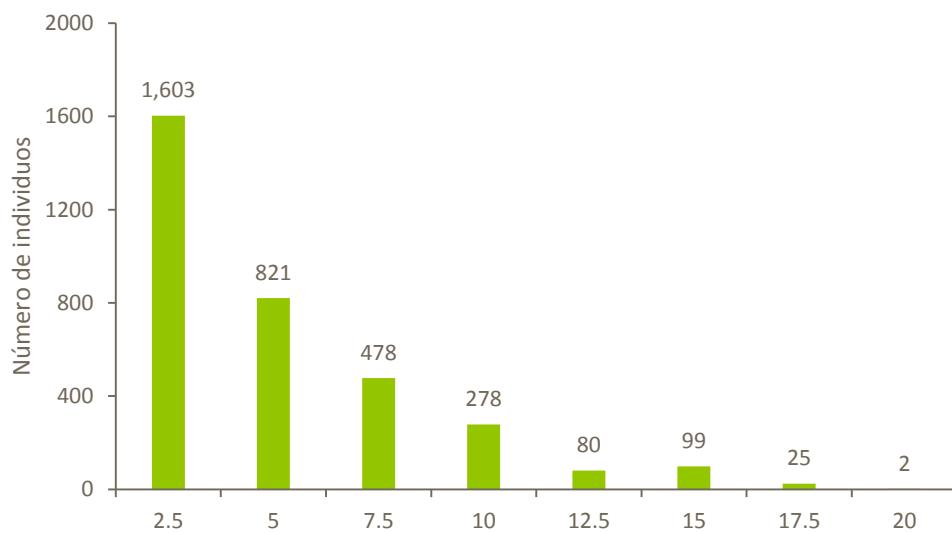


Figura IV:21. Categorías de altura registradas en la microcuenca

Por otra parte, los individuos van de la categoría diamétrica 5 a 105 centímetros. Sin embargo, la categoría 5 es la mejor representada con 1,811 individuos (**Figura IV:22**). Mientras, a partir de la categoría 65 se registra solo un individuo. El árbol con el diámetro máximo registrado es *Manilkara zapota*, conocido comúnmente como Chicozapote.

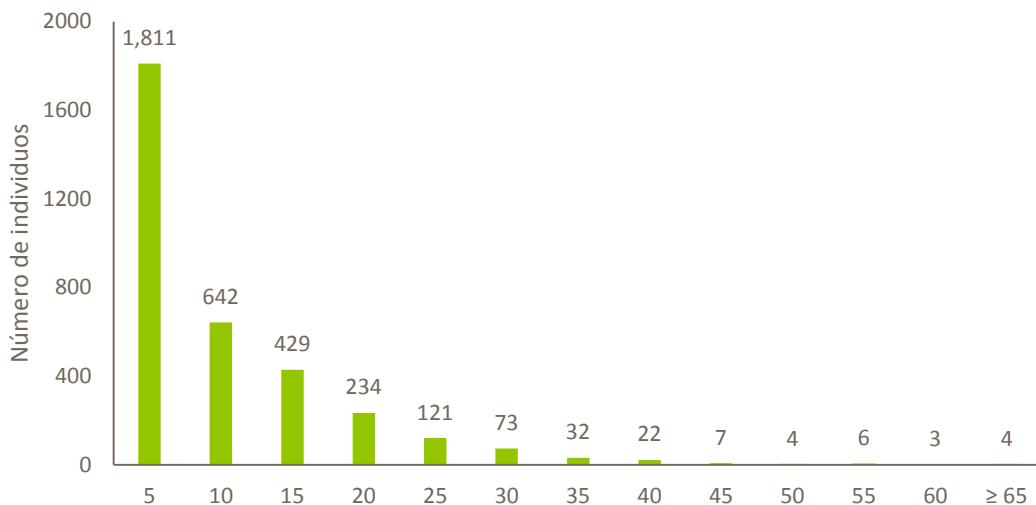


Figura IV:22. Categorías diamétricas registradas en la microcuenca

IV.4.3 Abundancia y densidad

- *Estrato arbóreo*

El estrato arbóreo registra 89 especies distintas de las cuales, las más abundantes son *Lysiloma latisiliquum*, *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba*, *Acacia dolichostachya* y *Vitex gaumeri*, en conjunto representan el 54 %; sin embargo, *L. latisiliquum* es la mejor representada con 25% (**Figura IV:23**).

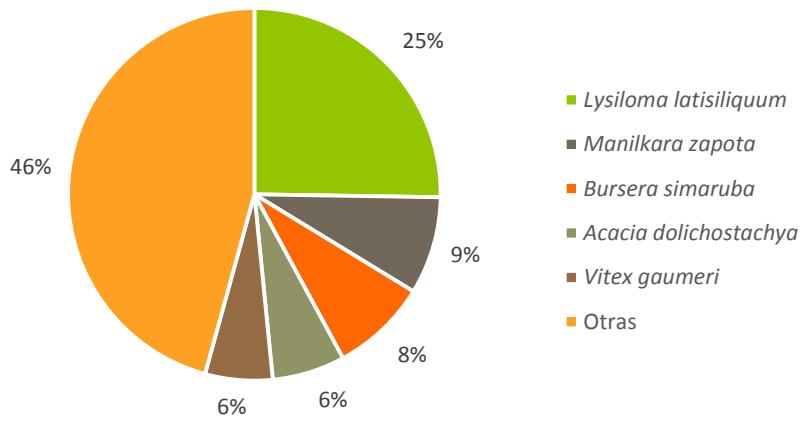


Figura IV:23. Especies más abundantes del estrato arbóreo en la microcuenca Cancún.

- *Estrato arbustivo*

Por su parte, el estrato arbustivo registra 112 especies, en este caso *Bursera simaruba* y *Nectandra salicifolia* son las más abundantes con solo 7%; análogamente *Guettarda spicata*, *Coccoloba spicata* y *Ficus tecolutensis* representan el 5% cada una. Sin embargo, cabe notar que en conjunto solo ocupan el 29%, contrario al estrato arbóreo donde cinco especies ocupan más del 50% (Figura IV:24). Por tanto, en el estrato arbustivo la abundancia está distribuida en mayor número de especies que en el estrato arbóreo.

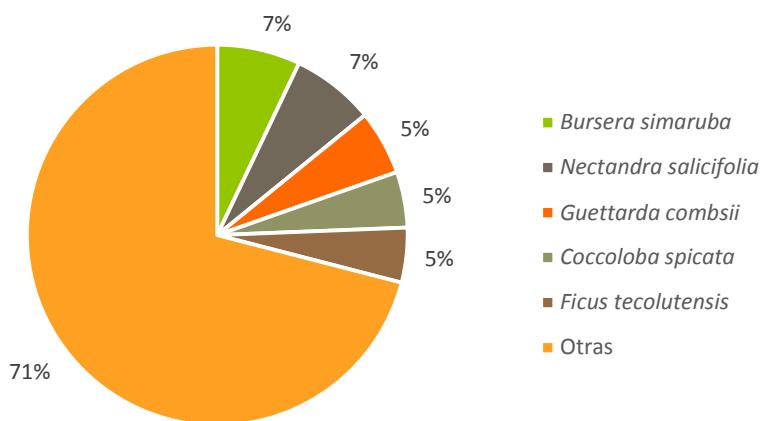


Figura IV:24. Especies más abundantes del estrato arbustivo en la microcuenca Cancún

- *Estrato herbáceo*

Con respecto al estrato herbáceo, registra 104 especies con una densidad de 21 individuos por hectárea. Al igual que el estrato arbustivo, alrededor del 30% está representado por cinco especies, *Nectandra coriacea*, *Oplismenus hirtellus*, *Smilax mollis*, *Nectandra salicifolia* y *Dendropanax arboreus* (Figura IV:25). Sin embargo, cabe destacar que son especies no registradas como abundantes en el estrato arbóreo y arbustivo, por tanto este estrato aumenta significativamente la diversidad y riqueza en la microcuenca.

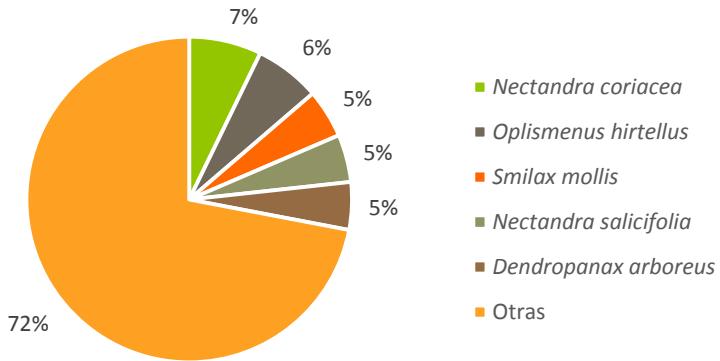


Figura IV:25. Especies más abundantes del estrato herbáceo en la microcuenca Cancún.

Por último, cabe destacar que el estrato arbóreo es el que presenta la mayor densidad y abundancia. Respecto a las especies más abundantes, el estrato arbóreo y arbustivo coincide en *Bursera simaruba* dentro de las mejor representadas, ocupando el tercer y primer lugar respectivamente. Mientras el estrato arbustivo y herbáceo coinciden en la presencia de *Nectandra salicifolia* (Anexo 2).

IV.4.4 Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (I.V.I) define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Curtis y McIntosh, 1951)³¹. El I.V.I se calcula mediante la sumatoria de la densidad, frecuencia y dominancia relativa.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} * 100$$

Cabe destacar que en una comunidad vegetal los árboles pequeños o sotobosques pueden ser superiores numéricamente, aunque la mayor parte de la biomasa pertenece a unos pocos árboles grandes que ensombrecen a los más pequeños. Por tal razón, se busca definir la dominancia según alguna combinación de características que incluyan tanto al número como al tamaño de los individuos (Smith y Smith, Op. Cit.)³². Razón por la cual, para el

³¹ Curtis J.T. y McIntosh R.P. 1951. An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32:476-496.

³² Smith T.M. y Smith R.L. 2007. *Ecología Sexta edición*. Editorial Pearson. Madrid, España.

cálculo de la dominancia absoluta del estrato arbóreo y arbustivo se utilizó el área basal y para el estrato herbáceo la cobertura de copa.

- Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo destaca la presencia de *Lysiloma latisiliquum* (50%), *Manilkara zapota* (31%) y *Bursera simaruba* (22%) (**Figura IV:26**). En el caso de *Lysiloma latisiliquum* la densidad relativa contribuye en mayor medida el I.V.I, mientras la frecuencia solo aporta el 5%. En contraste, para *Bursera simaruba* y *Manilkara zapota* la dominancia es la de mayor peso; en otras palabras, estas especies a pesar de no contar con densidades altas, tiene individuos de grandes dimensiones; lo que es coherente con la altura y diámetro máximo registrado. En el **Anexo 3** se muestran los valores de I.V.I para cada especie registrada en el estrato arbóreo.

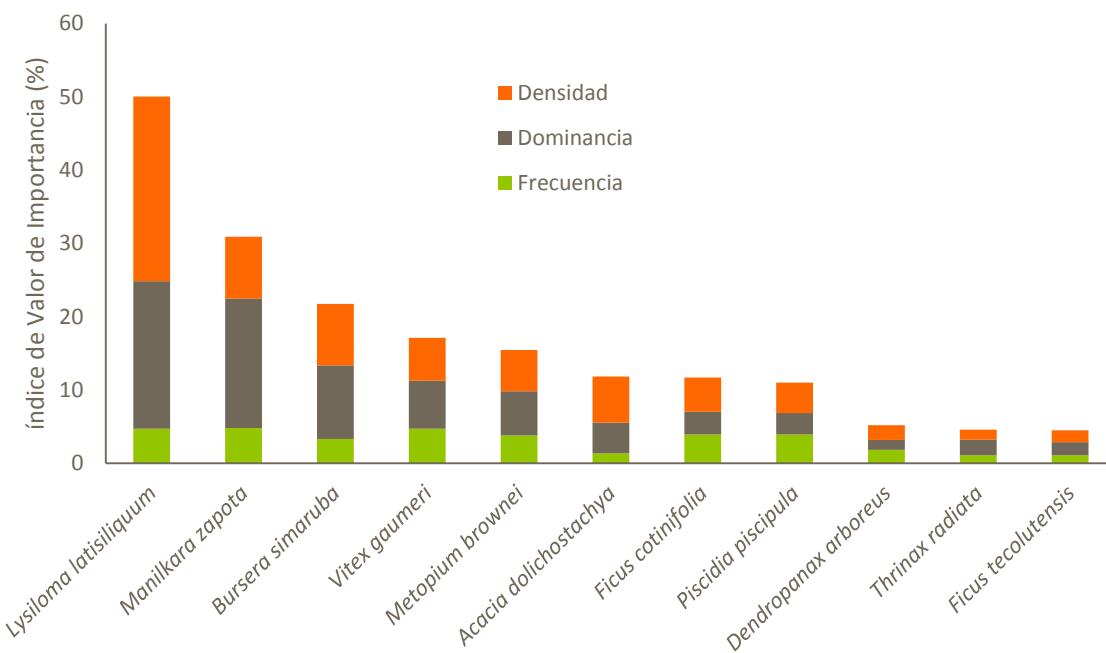


Figura IV:26. Especies con el I.V.I más alto en el estrato arbóreo

- Estrato arbustivo

En relación al estrato arbustivo, *Bursera simaruba* y *Nectandra salicifolia* con 17 y 15 % respectivamente son las mejor representadas. En este caso, el I.V.I no se concentra en un pequeño grupo de especies, como en el estrato arbóreo, mientras la dominancia y la densidad son los parámetros que más contribuyen al IVI por especie (**Figura IV:27**). El **Anexo 4** muestra el cálculo del I.V.I para cada especie registrada en el estrato arbustivo.

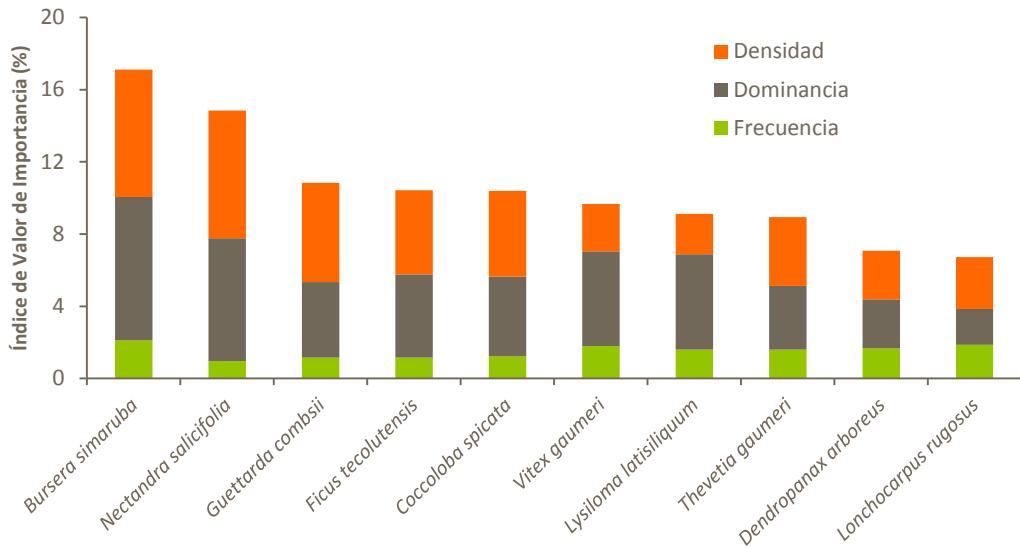


Figura IV:27. Especies con el I.V.I más alto en el estrato arbustivo.

- Estrato herbáceo

Nectandra coriacea es la especie con el I.V.I más alto en el estrato herbáceo con 15%; siguiéndole *Oplismenus hirtellus*, *Psychotria nervosa* y *Dendropanax arboreus* con 11% cada una (**Figura IV:28**). Del mismo modo que en el estrato arbustivo, la dominancia y frecuencia son los parámetros que más contribuyen en el I.V.I. El **Anexo 5** presenta los valores de I.V.I para cada especie del estrato herbáceo.

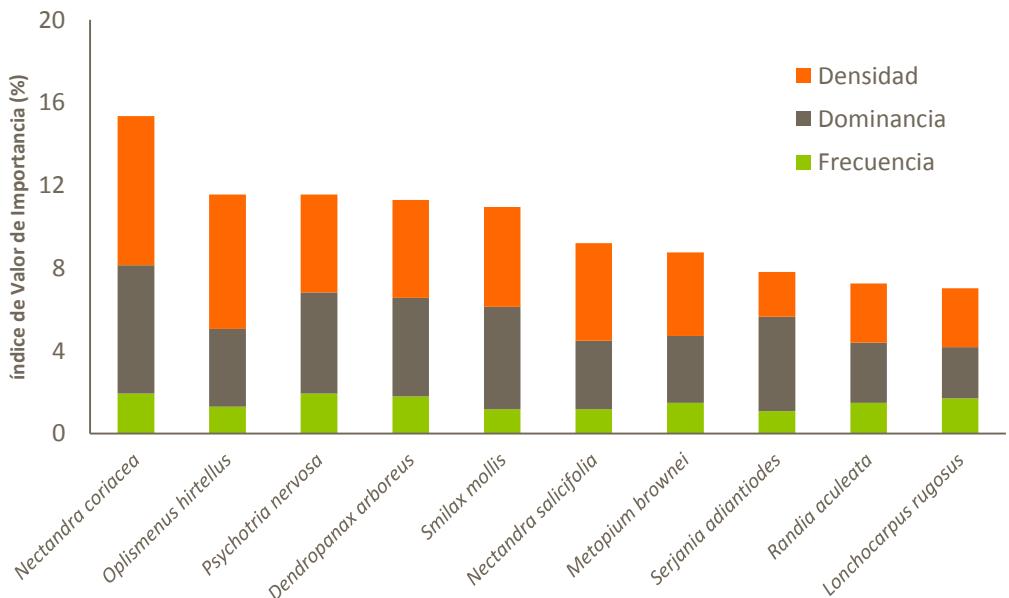


Figura IV:28. Especies con I.V.I más alto en el estrato herbáceo.

IV.4.5 Índice de diversidad

El índice de Margalef es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Magurran, 1998)³³. La expresión matemática es la siguiente:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde:

S=Número de especies

N=Número total de individuos

Por ende, el valor mínimo de este índice es 0, y ocurre cuando solo existe una especie en el sitio. Por otra parte, el índice de Simpson considera la probabilidad de que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie (Smith y Smith, 2007)³⁴. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie. El índice de dominancia de Simpson se estima mediante la siguiente expresión:

$$D = \sum pi^2$$

Donde:

D=Dominancia

ni=Número de individuos por especie

N=Número total de individuos

Lo anterior, parte de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y por ende la distribución es más equitativa. A través de este índice, el valor de 0 corresponde a una diversidad infinita y 1 sin diversidad; es decir, a mayor valor de dominancia (D), menor diversidad. Para mejor interpretación numérica, a menudo se emplea sustraer de 1 el valor de D. Por tanto, el índice de diversidad de Simpson, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S = 1 - D$$

De este modo, los valores del índice varían entre 0 y 1, donde 1 es el máximo.

Además del índice de diversidad de Simpson, se calculó el **índice de Shannon** (Shannon y Weaver 1964)³⁵ el cual evalúa el grado de incertidumbre respecto a que dos individuos de

³³ Magurran A. E. 2013. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Oxford.

³⁴ Smith T.M. y Smith R.L. 2007. *Ecología Sexta edición*. Editorial Pearson. Madrid, España.

³⁵ Shannon C. E. y Weaver W. 1964. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

la muestra pertenezcan a la misma especie, por lo que su valor es proporcional al grado de equidad entre las especies, y se calcula con la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

Donde:

S=Número de especies

p_i =Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i: n_i/N)

n_i =Número de individuos de la especie i

N=Número de todos los individuos de todas las especies

Ln=Logaritmo natural

Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos (Pla, 2006)³⁶.

Derivado de este índice, se puede determinar la equitatividad de Shannon, mediante la siguiente expresión matemática:

$$E = H / \ln S$$

Donde:

H=Índice de Shannon

Ln=Logaritmo natural

S= Riqueza

Este varía entre 0 y 1, donde 0 significa una equidad baja y 1 significa la máxima equidad, es decir, que todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1966)³⁷.

- Estrato arbóreo

El estrato arbóreo tiene 89 especies en 1,299 individuos; lo que indica un valor de 12.27 con el índice de riqueza Margalef, y por consiguiente un valor de índice de equidad de 0.70; los valores anteriores, indican alta riqueza en el estrato arbóreo. Por otra parte, el índice de diversidad de Shannon indica un valor de 3.13. Además, con la finalidad de obtener mayor certeza en la estimación de la diversidad, se calculó el índice de diversidad Simpson, obteniendo un valor de dominancia de 0.09, por consiguiente un valor de diversidad de

³⁶ Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31:583-590.

³⁷ Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13:131-144.

0.90; lo que indica alta diversidad (**Cuadro IV:6**). La conclusión de alta diversidad es coherente con los valores obtenido en ambos índices (Shannon y Simpson). En el **Anexo 6** se presenta la estimación para cada una de las especies del estrato.

Cuadro IV:6. Indicadores de diversidad y riqueza en el estrato arbóreo.

Parámetro	Valor
Número de especies	89
Número de individuos	1,299
Índice de diversidad Shannon	3.13
Índice de Simpson	
D	0.095
D-1	0.90
Índice de Riqueza Margalef	12.27
Índice de Equidad	0.70

- Estrato arbustivo

En relación con el estrato arbustivo, mediante el índice de diversidad Shannon se obtuvo un valor de 4.04, riqueza de especies de 15.90 mediante el índice de Margalef; estos valores fueron obtenido a partir de 112 especies y 1,075 individuos. Cabe destacar que el estrato presenta valores más altos de diversidad y más bajos en riqueza en comparación al estrato arbóreo (**Cuadro IV:7**). Con base en el índice de diversidad Shannon, se concluye que el estrato presenta alta diversidad. Además, la conclusión anterior se confirma con el valor resultante mediante el índice de Simpson, 0.97, el cual debido a su valor cercano a 1, indica alta diversidad. En el **Anexo 7** se presenta la estimación de los índices de diversidad para cada una de las especies.

Cuadro IV:7. Indicadores de diversidad y riqueza en el estrato arbustivo.

Parámetro	Valor
Especies	112
No. individuos	1075
Índice de diversidad Shannon	4.04
Índice de Simpson	
D	0.03
D-1	0.97
Índice de Riqueza Margalef	15.9
Índice de Equidad	0.86

- Estrato herbáceo

El estrato está representado por 104 especies, distribuidas en 1,014 individuos, por consiguiente un valor de 14.88 con el índice de riqueza Margalef y un valor de 3.92 con el índice de Shannon. Lo anterior indica alta diversidad y riqueza de especies. Por otra parte, el índice de Simpson presenta un valor de dominancia de 0.03; por tanto 0.97 de diversidad;

lo que indica alta diversidad en el estrato, coherente con el índice de Shannon (**Cuadro IV:8**).

En el **Anexo 8** se presenta la estimación para cada especie del estrato herbáceo.

Cuadro IV:8. Indicadores de diversidad y riqueza en el estrato herbáceo.

PARÁMETRO	VALOR
Especies	104
No. individuos	1,014
Índice de diversidad Shannon	3.92
Índice de Simpson	
D	0.03
D-1	0.97
Índice de Riqueza Margalef	14.88
Índice de Equidad	0.84

IV.4.6 Estado de conservación de la Selva Mediana Subperennifolia en la microcuenca Cancún

La Selva Mediana Subperennifolia (SMQ) en la microcuenca Cancún ocupa el 75 % de la superficie total. La SMQ está representada en 32 % por vegetación primaria y 62 % secundaria. Lo anterior indica que el 62 % de la SMQ de la microcuenca Cancún se encuentra perturbada. La vegetación secundaria está representada por vegetación arbórea (25 %), arbustiva (42 %) y herbácea (1 %) (**Figura IV:29**). Es decir, la vegetación a pesar de presentar alta perturbación indican recuperación positiva ya que la mayor superficie se encuentra en sucesión ecológica secundaria arbustiva, además presenta mayor superficie de estado arbóreo que herbáceo.

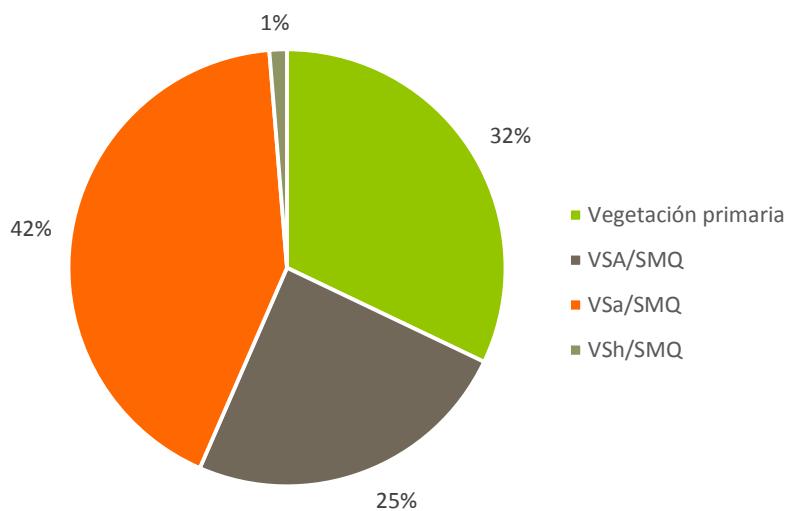


Figura IV:29. Especies con I.V.I más alto en el estrato herbáceo

Lo anterior es coherente con el análisis del Inventario Estatal Forestal y de Suelos (2013)³⁸, el cual menciona que la vegetación de SMQ presenta perturbación en 75% y dominancia de vegetación secundaria arbustiva.

Respecto al grado de perturbación, la microcuenca se encuentra en estado intermedio con tendencia a condición tardía. La aseveración anterior se sustenta en la hipótesis de Michel Huston y Joseph Connel, la cual menciona que en un estado sucesional secundario con frecuencia intermedia de perturbación, todas las especies coexisten y la diversidad está en su punto máximo, situación observada en el estrato arbustivo de la microcuenca, el cual presenta mayor diversidad, equidad y riqueza de especies de los tres estratos (**Cuadro IV:9**).

Cuadro IV:9. Indicadores de diversidad y riqueza en el estrato herbáceo.

PARÁMETRO	ESTRATO		
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Especies	89	112	104
No. individuos	1,299	1,075	1,014
Índice de diversidad Shannon	3.13	4.04	3.92
Índice de Simpson			
D	0.095	0.03	0.03
D-1	0.90	0.97	0.97
Índice de Riqueza Margalef	12.27	15.9	14.88
Índice de Equidad	0.70	0.86	0.84

En el mismo contexto, Carreón y Valdez³⁹, menciona que la vegetación secundaria de las selvas medianas subperennifolias de Quintana Roo, las especies de condición intermedia son *Pouteria reticulata*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownei*, *Psidium sartorianum*, *Alseis yucatanensis*, *Gymnanthes lucida* y *Drypetes laterifolia*. Mientras, algunas de las especies del estrato tardío son *Bursera simaruba*, *Piscidia piscipula*, *Gymnanthes lucida* y *Vitex gaumeri*. Análogamente, en el estrato arbóreo de la microcuenca las especies más abundantes y con el índice de valor de importancia más alto son *Lysiloma latisiliquum*, *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba* y *Vitex gaumeri*. Mientras en el estrato arbustivo son *B. simaruba*, *Nectandra salicifolia*, *Guettarda combsii*, *Ficus tecolutensis* y *Coccoloba spicata*.

³⁸ CONAFOR-SEMARNAT. 2013. Inventario Estatal Forestal y de suelos. Quintana Roo. Zapopan, Jalisco.

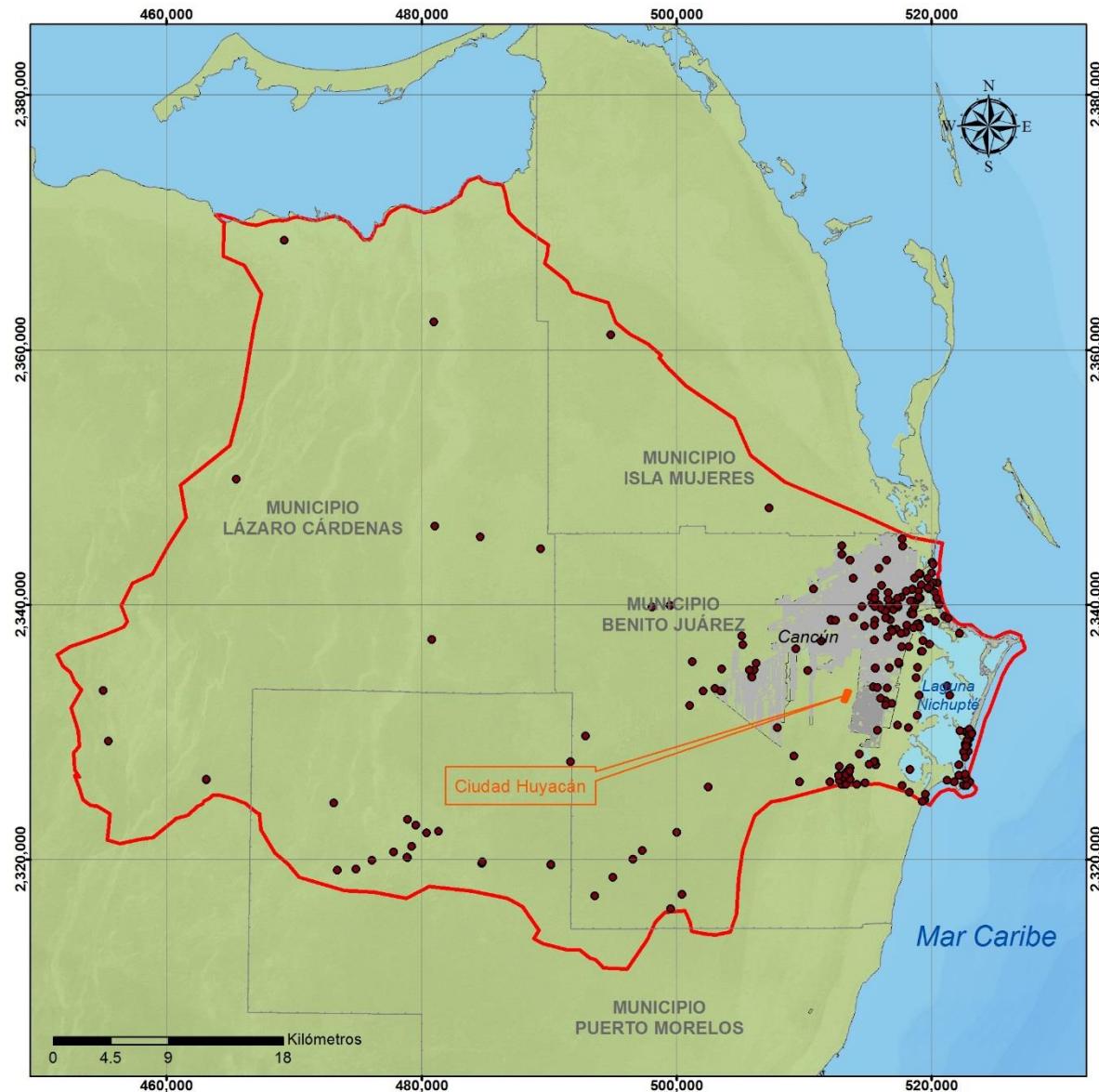
³⁹ Carreón-Santos R.J. y J.I. Valdez-Hernández. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20:119-130.

IV.4.7 Fauna

IV.4.7.1 Metodología

Para conocer la riqueza, abundancia y diversidad faunística en la microcuenca Cancún se consultó la base de datos GBIF por sus siglas en inglés Global Biodiversity Information Facility⁴⁰. GBIF es una base de datos de libre acceso, con 32, 331 bases de datos que engloban 1, 634, 951 especies en 648, 768, 182 registros en todo el mundo. GBIF opera a través de una red de nodos, en coordinación con los centros de información sobre biodiversidad de los países y organizaciones participantes, en México colabora con la Comisión Nacional para el Conocimiento y la biodiversidad (CONABIO). Para México GBIF cuenta con 8, 066, 801 registros de los cuales 5,143 pertenecen a la microcuenca Cancún (**Figura IV:30**).

⁴⁰ GBIF. Global Biodiversity Information Facility. <<http://www.gbif.org/>> (23 de mayo de 2016).



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

- Registros de fauna en la Microcuenca Cancún
- Límite del predio
- [Límite municipal]
- [Límite estatal]
- Microcuenca Cancún

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte

Proyección: Transversal de Mercator

Datum: WGS 1984

Falso Este: 500,000.0000

Falso Norte: 0.0000

Meridiano central: -87.0000

Factor de escala: 0.9996

Latitud de origen: 0.0000

Unidades: Metros

Figura IV:30 Sitos de registro de fauna dentro de la microcuenca. Fuente: Elaboración propia a partir de Roskov et al. 2015.

IV.4.7.2 Riqueza

La riqueza faunística de la microcuenca Cancún está representada por 434 especies distribuidas en cuatro grupos, anfibios, aves, mamíferos y reptiles. Las aves son el grupo más diverso con 22 órdenes, 63 familias, 212 géneros y 329 especies. La orden Passeriforme es la mejor representada con 21 familias, 90 géneros y 150 especies, mientras el resto están entre el rango 38 a 1 especie (**Figura IV:31**). En contraste, los anfibios están representados solo por las órdenes Anura y Caudata, que engloban cinco familias, ocho géneros y 11 especies. La orden Anura es la mejor representada con 10 especies.

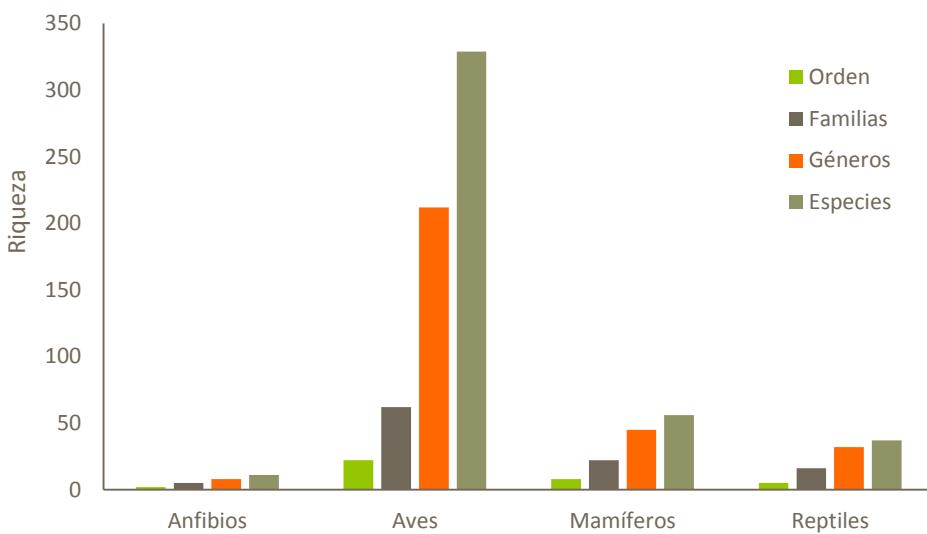


Figura IV:32. Riqueza de fauna por grupos en la microcuenca Cancún.

Por otra parte, los mamíferos están representados por ocho órdenes, 22 familias, 45 géneros y 56 especies. En este caso, los órdenes Chiroptera, Rodentia y Carnivora son los mejor representados con 23, 14 y 9 especies. Finalmente, el grupo reptiles está representado por 37 especies, dividiéndose en cinco órdenes, 18 familias y 52 géneros. La orden Squamata es la mejor representada con 21 especies. El listado de riqueza faunística de la microcuenca para cada grupo se presenta **Anexo 9**.

IV.4.7.3 Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Se identificó un total de 80 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales, 23 están en la categoría de Amenazadas (A), 13 están en peligro de extinción (P) y 44 están Sujetas a Protección Especial (Pr). De estas especies, 6 se establecen como endémicas (*) en la Norma. La relación de estas especies y se presentan en el **Cuadro IV:10**.

Cuadro IV:10. Relación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059
Anfibios	Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatana</i>	Salamandra yucateca	Pr*
Anfibios	Anura	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana leopardo	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilan bicolor	A
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Agamia agami</i>	Garza agamí	Pr
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frentiblanco	Pr
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	A*
Aves	Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides axillaris</i>	Rascón Cuello Rufo	A
Aves	Gruiformes	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	Carao	A
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pecho sucio	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla Aura.	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus urubitinga</i>	Gavilán cangrejero grande	Pr
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero picoplata	Pr
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	Matraca yucateca	P*
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	Pr
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Celeus castaneus</i>	Carpintero castaño	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilán pico gancho	Pr
Aves	Galliformes	Cracidae	<i>Crax rubra</i>	Hocofaisán	A
Aves	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú canelo	Pr
Aves	Passeriformes	Dendrocolaptidae	<i>Dendrocincla anabatina</i>	Trepatornos sepia	Pr
Aves	Passeriformes	Furnariidae	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	Trepatornos barrado norteño	Pr
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Doricha eliza</i>	Colibrí cola hendida	P*
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	Garceta rojiza	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	Milano tijereta	Pr
Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Eucometis penicillata</i>	Tangara cabecigrís	Pr
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranospiza caerulescens</i>	Gavilán Zancón	A
Aves	Gruiformes	Gruidae	<i>Grus canadensis</i>	Gruya gris	Pr
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Hylophilus decurtatus</i>	Verdillo gris	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Ictinia plumbea</i>	Milano plomizo	Pr
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Chipe coronicafé	Pr
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Melanoptila glabrirostris</i>	Maullador negro	Pr
Aves	Galliformes	Phasianidae	<i>Meleagris ocellata</i>	Pavo ocelado	A
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón montés collarejo	Pr
Aves	Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Pr
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>	Colorín siete colores	Pr
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas leucocephala</i>	Paloma coronita	A
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas speciosa</i>	Paloma escamosa	Pr
Aves	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamenco rosado	A
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Pionus senilis</i>	Loro coroniblanco	A
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Platyrinchus cancrominus</i>	Mosquero Pico Chato.	Pr
Aves	Passeriformes	Polioptilidae	<i>Polioptila plumbea</i>	Perlita tropical	Pr
Aves	Piciformes	Ramphastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo collarejo	Pr
Aves	Gruiformes	Rallidae	<i>Rallus longirostris</i>	Tingua	A
Aves	Piciformes	Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán pico iris	A
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Caracolero común	Pr
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	Zopilote rey	P
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Spizaetus ornatus</i>	Águila crestada real	P
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Spizaetus tyrannus</i>	Águila azor negra	P
Aves	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Macá gris	Pr
Aves	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	Trogón de Collar	Pr
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Vireo Manglero	Pr
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida aurita</i>	Zenaida caribeña	Pr
Mamíferos	Primates	Cebidae	<i>Alouatta pigra</i>	Mono ahullador	P
Mamíferos	Primates	Cebidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	P
Mamíferos	Carnívora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Hurón mayor	P
Mamíferos	Carnívora	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Yaguarundi	A
Mamíferos	Carnívora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Lonchorhina aurita</i>	Murciélagos nariz de espada	A
Mamíferos	Rodentia	Muridae	<i>Otonyctomys hattii</i>	Ratón vespertino	A

Grupo	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059
Mamíferos	Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	P
Mamíferos	Rodentia	Muridae	<i>Reithrodontomys spectabilis</i>	Ratón de la cosechas	A
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Tonatia evotis</i>	Murciélagos oreja redonda mesoamericano	A
Mamíferos	Sirenia	Trichechidae	<i>Trichechus manatus</i>	Manatí	P
Reptiles	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa constrictora	A
Reptiles	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta</i>	Tortuga caguama	P
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus rodecki</i>	Huico de cancún	P*
Reptiles	Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	Cuija yucateca	A
Reptiles	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo mexicano	Pr
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	A
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Dipsas brevifacies</i>	Culebra caracolera chata	Pr
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Elaphe phaescens</i>	Culebra uatoqua	Pr
Reptiles	Serpentes	Colubridae	<i>Imantodes cenchoa</i>	Culebra cordelilla chata	Pr
Reptiles	Sauria	Corytophanidae	<i>Laemancus serratus</i>	Lemanto coronado	Pr
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Coral ratonera	A
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra perico mexicana	A
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus cozumelae</i>	Lagartija espinosa de Cozumel	Pr
Reptiles	Squamata	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo	Pr
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Sympimus mayae</i>	Culebra labios blancos maya	Pr*
Reptiles	Serpentes	Colubridae	<i>Thamnophis marcianus</i>	Culebra listonada manchada	A

IV.4.7.4 Abundancia

- Anfibios

En el predio se registraron 11 especies de anfibios en 38 individuos. *Smilisca baudinii*, *Hyla microcephala*, *Hyla picta*, *Lithobates berlandieri* y *Agalychnis callidryas* son las mejor representadas ya que en conjunto ocupan el 66% del total (**Figura IV:32 y Cuadro IV:11**).

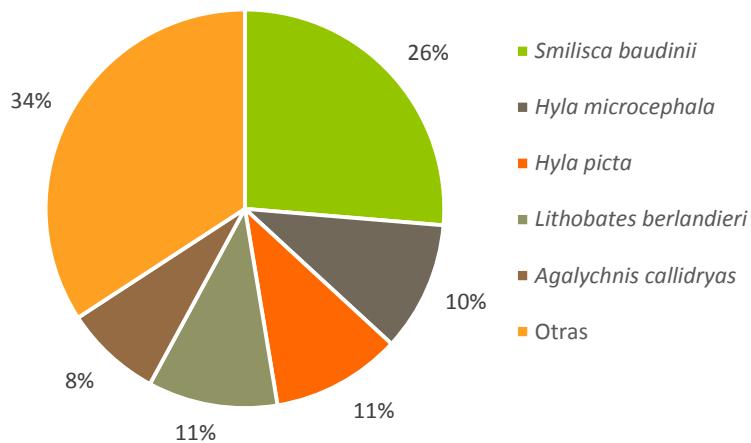


Figura IV:32. Abundancia relativa de las principales especies del grupo anfibios.

Cuadro IV:11. Abundancia por especies del grupo anfibios en la microcuenca Cancún

Orden	Familia	Especie	Géneros	Nombre común	No. Individuos	Abundancia relativa
Anura	Hylidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	<i>Agalychnis</i>	Rana verde	3	7.89
Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatana</i>	<i>Bolitoglossa</i>	Salamandra yucateca	1	2.63
Anura	Hylidae	<i>Hyla loquax</i>	<i>Hyla</i>	Rana arborea	3	7.89
Anura	Hylidae	<i>Hyla microcephala</i>	<i>Hyla</i>	Ranita	4	10.53
Anura	Hylidae	<i>Hyla picta</i>	<i>Hyla</i>	Rana	4	10.53
Anura	bufonidae	<i>Incilius marinus</i>	<i>Incilius</i>	Sapo marino	1	2.63
Anura	bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	<i>Incilius</i>	Sapo costero	3	7.89
Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanotus</i>	<i>Leptodactylus</i>	Rana de sabinal	3	7.89
Anura	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	<i>Lithobates</i>	Rana leopardo	4	10.53
Anura	Hylidae	<i>Phrynohyas venulosa</i>	<i>Phrynohyas</i>	Rana lechera común	2	5.26
Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	<i>Smilisca</i>	Rana	10	26.32
Total					38	99.99

- Aves

El grupo de las aves está representado por 329 especies distribuidas en 4,692 individuos. Las especies más abundantes son *Quiscalus mexicanus* (197 individuos), *Mimus gilvus* (163), *Fregata magnificens* (111), *Tyrannus melancholicus* (107) y *Cathartes aura* (96); en conjunto representan el 14 % del total (**Figura IV:32**). La abundancia por especie del grupo aves se presenta en el **Anexo 10**.

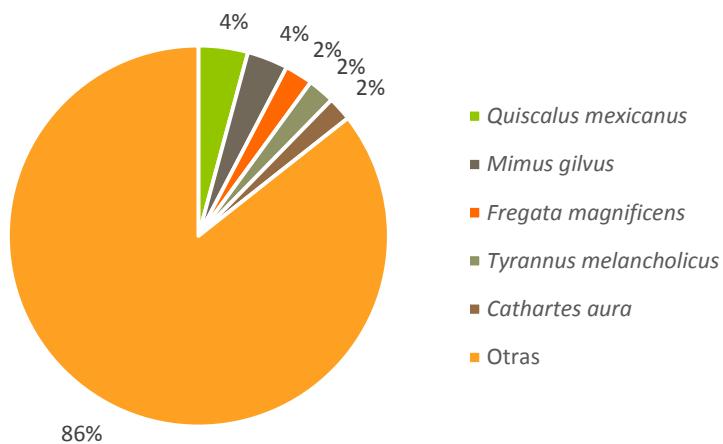


Figura IV:32. Abundancia relativa de las principales especies del grupo aves.

- Mamíferos

El grupo mamíferos está representado por 56 especies distribuidas en 214 individuos. Las especies mejor representadas son *Artibeus jamaicensis* (21 individuos), *Peromyscus yucatanicus* (16), *Ototylomys phyllotis* (13), *Ateles geoffroyi* (12) y *Peromyscus leucopus* (9)

(Figura IV:32). En conjunto las especies mencionadas ocupan el 33% del total. La abundancia por especie del grupo mamíferos se presenta en el **Anexo 11**.

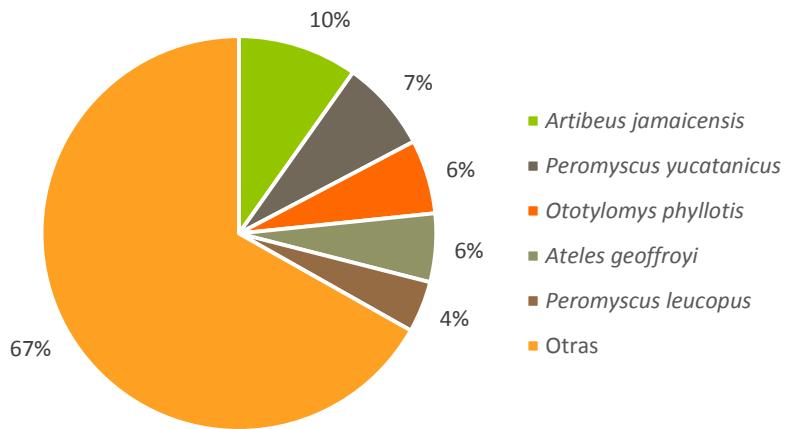


Figura IV:32. Abundancia relativa de las principales especies del grupo mamíferos.

- Reptiles

El grupo reptiles está representado por 37 especies en 199 individuos, la especie más abundante es *Sceloporus cozumelae* comúnmente llamada “Largartija espinoza de Cozumel” representando el 45% del total con 89 individuos. Además, le sigue *Sceloporus chrysostictus* con 14 %, *Ctenosaura similis* con 5%, *Anolis sagrei* y *Cnemidophorus rodecki* ocupan el 3% cada una (Figura IV:33). Finalmente, el resto de las especies ocupan solo el 30% del total; la abundancia por especie del grupo reptiles se exhibe en el **Anexo 12**.

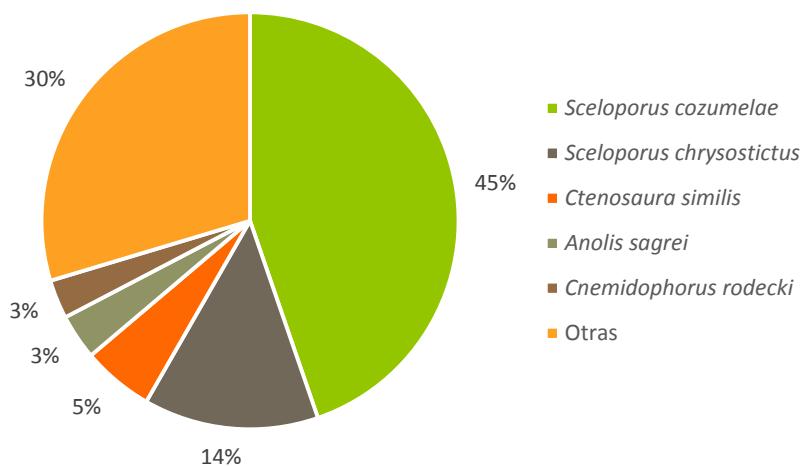


Figura IV:33. Abundancia relativa de las principales especies del grupo reptiles.

IV.4.7.5 Índices de diversidad

- Anfibios

El grupo anfibios obtuvo un valor de 2.21 con el índice de Shannon, mientras con el índice de Simpson es 0.87. El primero indica diversidad media, mientras el segundo diversidad alta. La estimación de ambos índices por especie se presenta en el **Anexo 13**. Además de los índices de diversidad, se obtuvo el índice de riqueza Margalef el cual arroja bajos valores (2.21), por otra parte el índice de equidad indica alta equidad entre especies con un valor de 0.91 (**Cuadro IV:12**).

Cuadro IV:12. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca.

Parámetros	Valor
Número de especies	11
Número de individuos	38
Índice de diversidad Simpson	0.869
Índice de diversidad Shannon-Wiener	2.21
Índice de riqueza Margalef	2.75
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.91

- Aves

El grupo aves presenta alta diversidad con el índice de diversidad Shannon y Simpson, con valores de 5.09 para el primero y 0.99 para el segundo, lo cual revela alta diversidad para el grupo. El cálculo para ambos índices se presenta en el **Anexo 14**.

Por otra parte, el índice de riqueza Margalef indicó un valor de 38.80; es decir alta riqueza de especies del grupo aves, por otro lado el índice de equidad presenta valores muy cercanos a 1 (0.88); por tanto, indica alta equidad entre especies, en otras palabras, existen diversas especies con abundancia parecida entre ellas (**Cuadro IV:13**).

Cuadro IV:13. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca.

Parámetro	Valor
Número de especies	329
Número de individuos	4692
Índice de diversidad Simpson	0.99
Índice de diversidad Shannon-Wiener	5.09
Índice de riqueza Margalef	38.80
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.88

- Mamíferos

El grupo mamíferos presenta diversidad alta aunque con valores menores al grupo aves; el índice de Shannon indica 3.66, mientras el de diversidad Simpson es igual a 0.96. Los valores y el cálculo de los índices por especie se puede visualizar en el **Anexo 15**.

Por otra parte, el índice de equidad indica un valor de 0.91, es decir alta equidad entre especies, lo cual implica pocas especies abundantes, existiendo distintos tipos de especies que ocupando la superficie del predio; lo anterior es coherente con el valor obtenido mediante el índice Margalef, donde un valor de 10.25 indica alta riqueza de especies, sin embargo menor riqueza en comparación al grupo aves (**Cuadro IV:14**).

Cuadro IV:14. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca.

Parámetro	Valor
Número de especies	56
Número de individuos	214
Índice de diversidad Simpson	0.96
Índice de diversidad Shannon-Wiener	3.66
Índice de riqueza Margalef	10.25
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.91

- Reptiles

Finalmente, el cuarto grupo, los reptiles, están representados por 37 especies y 199 individuos, con un valor de diversidad media (2.35) con el índice de Shannon; en contraste, el índice de Simpson indica diversidad alta con 0.77. Sin embargo, los valores son bajos en comparación al grupo aves y mamíferos. El cálculo de los índices por especie se puede concebir en la **Anexo 16**.

Por otra parte, el índice de Margalef arrojó un valor de 6.80, lo que significa baja riqueza. Lo anterior es confirmado mediante el índice de equidad, el cual presenta valores medios, en comparación a los otros grupos, con 0.65; cabe señalar que el índice indica alta equidad cuando presenta valores cercanos a 1. Los resultados para cada índice se resumen en el **Cuadro IV:15**.

Cuadro IV:15. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca.

Parámetro	Valor
Número de especies	37
Número de individuos	199
Índice de diversidad Simpson	0.77
Índice de diversidad Shannon-Wiener	2.23
Índice de riqueza Margalef	6.80
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.65

IV.4.8 Conclusiones sobre el estudio de fauna en la microcuenca Cancún

El estudio de fauna muestra alta diversidad y riqueza para el grupo aves, mientras el grupo anfibios presenta la diversidad y riqueza más baja (**Cuadro IV:16**). La baja diversidad del grupo anfibios es un indicador biológico de fragmentación en la composición de las comunidades faunísticas y florísticas de la microcuenca; ya que desempeñan un papel importante en la cadena trófica, controlan poblaciones de insectos y mantienen diversas comunidades de depredadores, por tanto son los más susceptibles a los factores que estresan un ecosistema (Rice *et al.*, 2006⁴¹; Charrier, 2008⁴²; Luna-Reyes *et al.*, 2010⁴³). Lo anterior, es coherente con el grado de perturbación intermedia de la vegetación de la microcuenca.

Cuadro IV:16. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad por grupo faunístico en la microcuenca

Grupo	Anfibios	Aves	Mamíferos	Reptiles
Número de especies	11	329	56	37
Número de individuos	38	4,692	214	199
Índice de diversidad Simpson	0.869	0.99	0.96	0.77
Índice de diversidad Shannon-Wiener	2.21	5.09	3.66	2.23
Índice de riqueza Margalef	2.75	38.80	10.25	6.80
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.91	0.88	0.91	0.65

En el mismo contexto, las especies más abundantes del grupo aves (*Mimus gilvus* y *Tyrannus melancholicus* y *Quiscalus mexicanus*) son características de zonas fragmentadas o zonas urbanas (Rúan, 2006⁴⁴). Mientras, la especie más abundante del grupo mamíferos es *Artibeus jamaicensis*, la cual es tolerante a zonas fragmentadas⁴⁵.

Finalmente, se concluye que las especies abundantes por grupo faunístico son indicadoras de zonas fragmentadas, lo que es coherente con la condición de perturbación intermedia de la vegetación.

⁴¹ Rice K., Mazzott F., Waddle H. y Conill M. 2006. Uso de Anfibios como Indicadores del Éxito de la restauración de ecosistemas. University of Florida. <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ufw/ufw23600.pdf>>

⁴² Charrier, A. 2008. Declinación global de anfibios. Fundación Biológica Senda Darwin. Chile.

⁴³ Luna-Reyes, R., Ramírez-Velázquez, A., Jiménez-Lang, O., García-Jiménez, M., Morales-Barrales, Y., Zuñiga-Juárez, E., Sánchez-Estrada J. y Aranda-Coello, J. 2010. Estrategia para la conservación de anfibios críticamente amenazados en Chiapas, México. SEMAVIHN-CI-CPEF. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

⁴⁴ Rúan, I. 2006. Efectos de la fragmentación sobre las comunidades de pequeños mamíferos en remanentes de Bosque Mesófilo de Montaña del centro de Veracruz, Tesis de maestría, Instituto de Ecología. A.C., Xalapa, México. 64 p.

⁴⁵ CONABIO, 2016. Murciélagos frutero (*Artibeus jamaicensis*). <<http://www.naturalista.mx/taxa/41005-Artibeus-jamaicensis>> (consultado 24 de agosto de 2016)

V DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PREDIO QUE INCLUYA LAS FINES A QUE ESTE DESTINADO, CLIMA, TIPO DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y FAUNA

V.1 CLIMA

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981)⁴⁶, al igual que en la mayor parte de la microcuenca, en el predio se manifiesta un clima Aw0(x') cálido subhúmedo, siendo el menos húmedo de los climas subhúmedos, presentando un régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm y una temperatura media anual mayor a 22°C. La precipitación media anual es de 1,331.48 mm, siendo octubre el mes más lluvioso con un precipitación media de 267.3 mm, mientras que el mes con menor precipitación es abril con 30.5 mm. Por otra parte el mes más caluroso es agosto con una temperatura media de 29.8 °C, mientras que el mes de enero presenta las menores temperaturas medias con 24.1 °C. En la **Figura V:1** se presenta el diagrama ombrotérmico que representa de manera gráfica el comportamiento de estas variables a lo largo del ciclo anual.

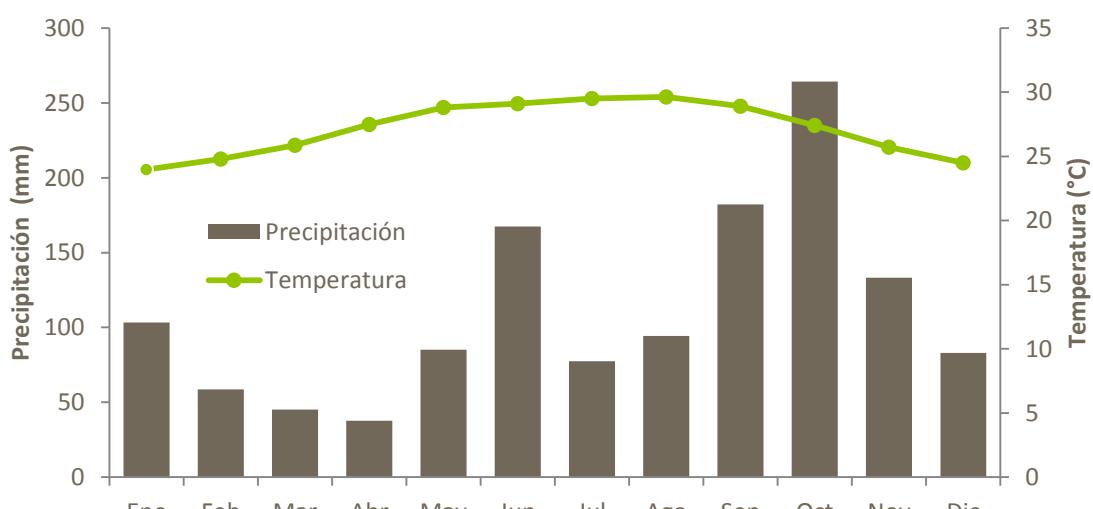


Figura V:1. Diagrama Ombrotérmico, Estación Meteorológica Cancún.

⁴⁶ García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246 p.

V.2 SUELO

De acuerdo con el trabajo de campo el tipo de suelo presente en el predio, al igual que en gran parte de la microcuenca corresponde a un Litosol, el cual posee una profundidad máxima de 10 cm, de tal manera que no presenta subtipos ni diferenciación de horizontes. Dicho suelo presenta un color pardo a rojizo que de manera específica le corresponde una Clave 5YR3/2 (**Figura V:2**), que mostró un reacción al ácido clorhídrico (HCL 10%) moderada.

La estructura de los terrones presenta una conformación de bloques angulares, con un diámetro de 11 a 20 mm, correspondiente a un terrón mediano con un grado desarrollo moderado. Las características ligeramente arcillosas del horizonte de diagnóstico sugieren que la denominación tentativa del mismo es O Mólico. Además de la profundidad somera presenta una fase física lítica con abundante pedregosidad y afloramiento de la coraza calcárea, su textura media es del tipo migajón arenoso. A pesar de su escasa profundidad presentan buen drenaje, que favorece la infiltración de la precipitación.



Figura V:2. Suelo de tipo Litosol presente en el predio.

V.3 PENDIENTE MEDIA

Al igual que en gran parte de la microcuenca Cancún, el predio presenta una topografía relativamente plana, con ondulaciones cuyo gradiente altitudinal es de apenas algunos metros, lo cual origina pendientes entre 0.01 y 9.7 % (**Figura V:3**).

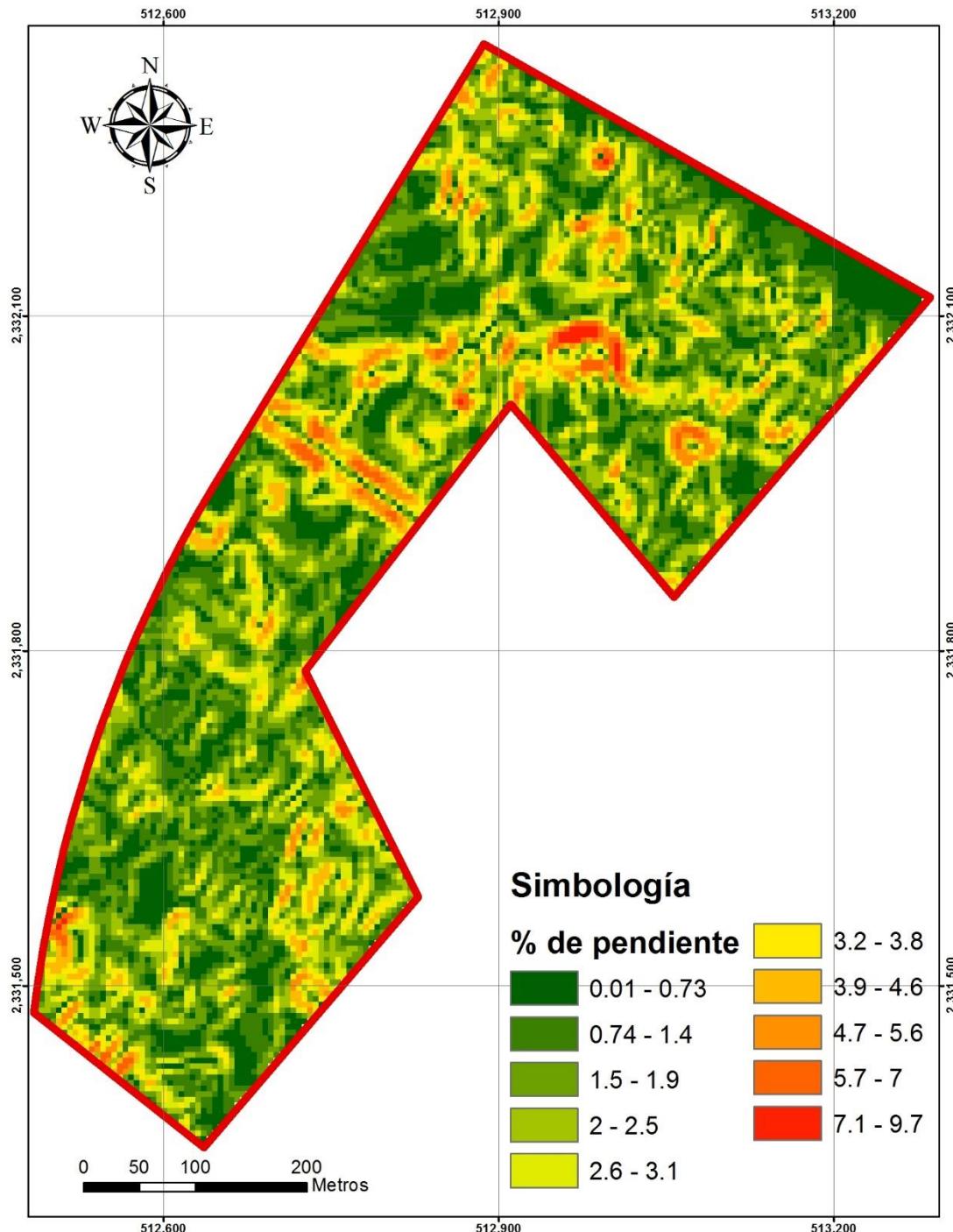


Figura V:3. Pendiente del predio. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos Lidar-INEGI.

V.4 HIDROGRAFÍA

Al igual que en gran parte del Norte de la Península de Yucatán, el predio de estudio presenta características cársticas, esta característica permite que el agua de precipitación pluvial se infiltre de manera rápida sin permitir la existencia de corrientes superficiales (Gutiérrez y Cervantes, 2008)⁴⁷. Derivado de esto, se tiene que los coeficientes de escurrimiento presentes en el predio son de 0 a 5%, lo cual señala que superficialmente puede escurrir máximo el 5% de la precipitación total que se presente en el terreno. Acorde a lo mencionado, la carta de geohidrológica del INEGI (escala 1:250,000) muestra que el predio en estudio se encuentra ubicado sobre un material consolidado con posibilidades altas de formar un acuífero (**Figura V:4**).

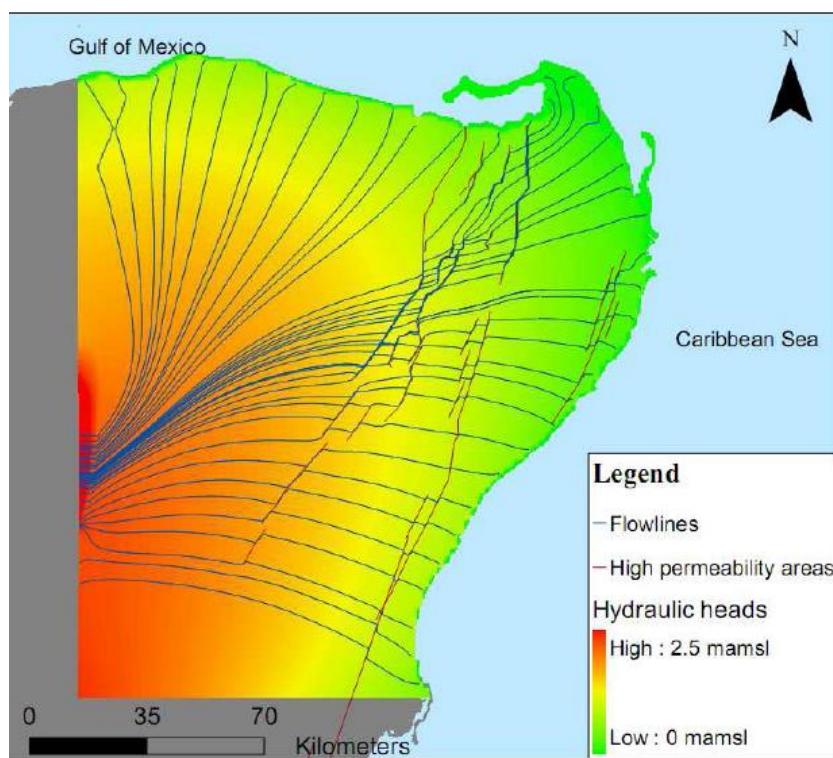


Figura V:4. Patrón del flujo hidrológico en el noreste de la Península de Yucatán. Fuente: Charvet (2009)⁴⁸.

Así mismo, Gutiérrez y Cervantes (Op. Cit.) manifiestan que de acuerdo con un estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua en el 2001, el flujo del escurrimiento subterráneo en la zona Norte del Estado de Quintana Roo se da en dirección perpendicular

⁴⁷ Gutiérrez M. A y Cervantes M. A. 2008b. Estudios Realizados en el Acuífero Norte de Quintana Roo, México, p9-35. En Gutiérrez M. A y Cervantes M. A. (Eds) Estudio Geohidrológico del Norte de Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.

⁴⁸ Charvet G., 2009. Exploration, modeling and management of groundwater resources in Northern Quintana Roo, Mexico. Master Thesis. Technical University of Denmark.

a la línea de costa, aunque a una escala de detalle se ha determinado que los flujos de agua subterránea de esta región son mucho más complejos, incluso con entrada y salida de agua simultáneamente en la zona más cercana a la costa. En el predio dado el escaso gradiente altitudinal y por consiguiente un bajo gradiente en la pendiente, el flujo hidrológico superficial del únicamente puede ser perceptible a través de su modelación en el sistema de información geográfica, utilizando como base el modelo digital de elevación obtenido de la interpolación de las curvas de nivel del levantamiento topográfico. En dicha modelación el flujo a penas presente en el predio muestra un ligero encause hacia la parte oriente (**Figura V:5**).



Simbología

- █ Límite del predio
- █ Zona de acumulación
- Zona de drenaje

Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falso Este: 500,000,000
Falso Norte: 0,000,000
Meridiana central: -87,00000
Factor de escala: 0,99996
Latitud de origen: 0,00000
Unidades: Metros

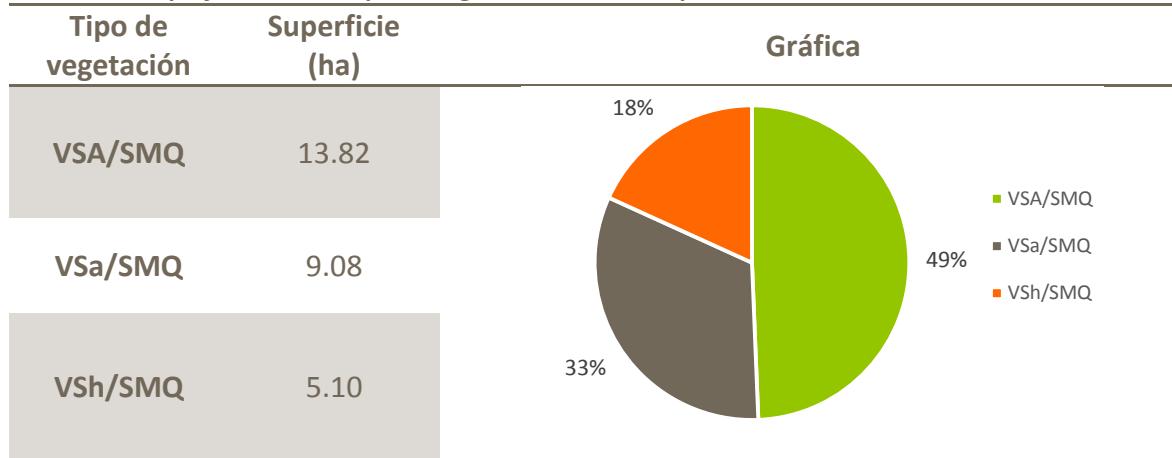
Figura V:5. Flujo superficial del predio. Fuente: Elaboración propia a partir de la modelación con la extensión Hidrology/Spatial Analyst del software ArcGIS 10.1.

V.5 TIPOS DE VEGETACIÓN

Como se mencionó en el capítulo IV la microcuenca Cancún presenta tres tipos de comunidades vegetales primarias (SMQ, SMS y VM), y cinco comunidades vegetales secundarias derivadas de estas tres (VSa/VM, VSA/SMS, VSA/SMQ, VSa/SMQ, VSh/SMQ). El predio se ubica en la zona de distribución de vegetación secundaria arbustiva, derivada de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ), de acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación serie IV del INEGI.

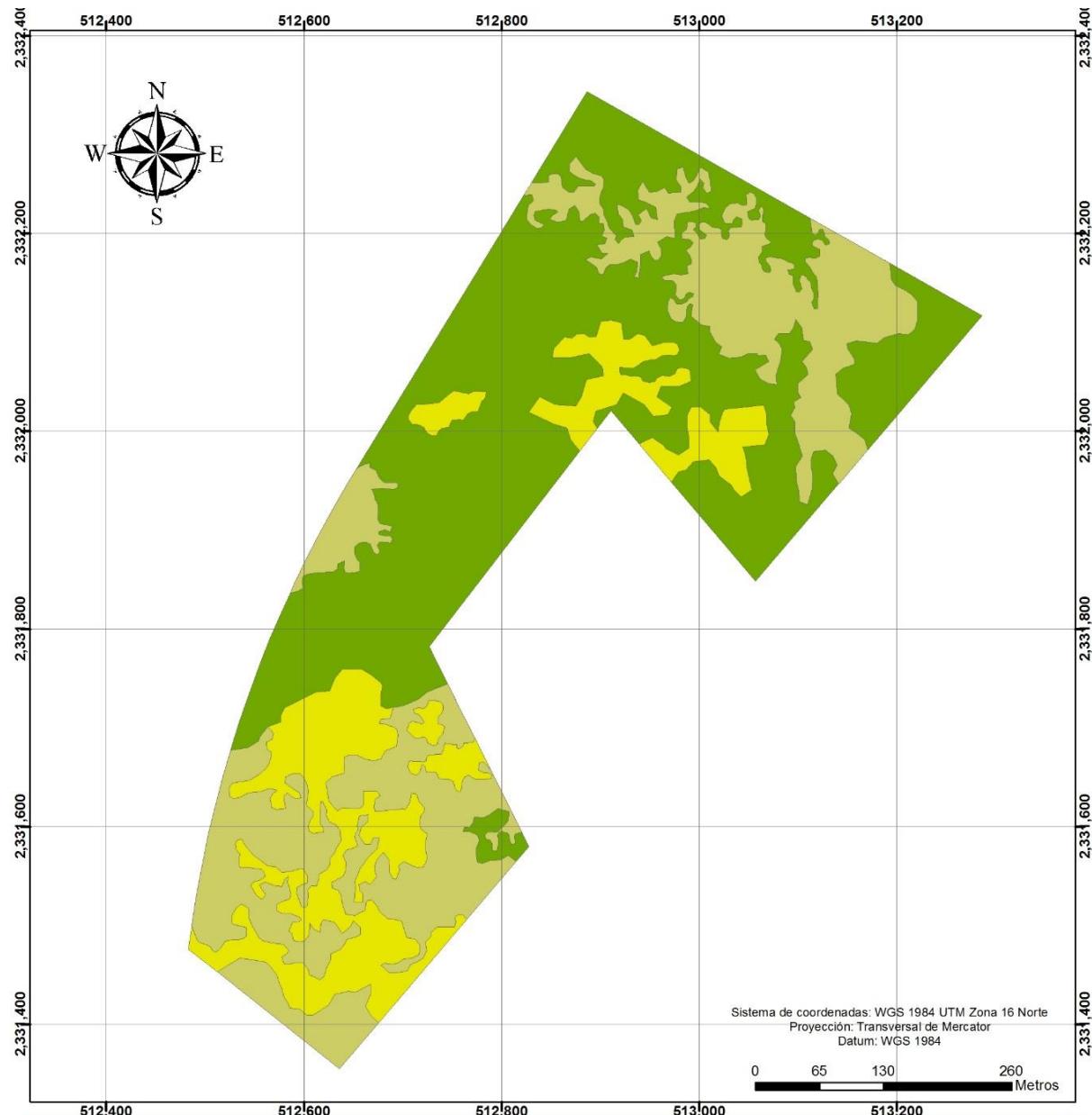
Sin embargo, con base en fotointerpretación de fotografías aéreas en conjunto con los sitios de muestreo en el predio es posible distinguir no sólo el tipo de vegetación secundaria arbustiva (VSa/SMQ) sino vegetación secundaria arbórea (VSA/SMQ) y herbácea (VSh/SMQ) derivada selva mediana subperennifolia (**Cuadro V:1**).

Cuadro V:1. Superficie de cada tipo de vegetación dentro del predio.



La **Figura V:6** presenta de forma espacial la distribución de cada uno de los tipos de vegetación en el predio. La vegetación secundaria arbórea ocupa alrededor del 49%, se distribuye en la mayor porción del predio.

Mientras, la vegetación secundaria arbustiva se presenta en 33% de la superficie, principalmente al suroeste y manchones al norte del predio. Finalmente, la vegetación secundaria herbácea ocupa solo el 18% de la superficie total, distribuyéndose en manchones principalmente al sur.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

Tipo de vegetación

- VSA/SMQ Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subperennifolia
- VSa/SMQ Vegetación secundaria arbustiva derivada de selva mediana subperennifolia
- VSh/SMQ Vegetación secundaria herbácea derivada de selva mediana subperennifolia

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Figura V:6. Superficie ocupada por tipo de vegetación.

V.5.1 Metodología para descripción de la vegetación

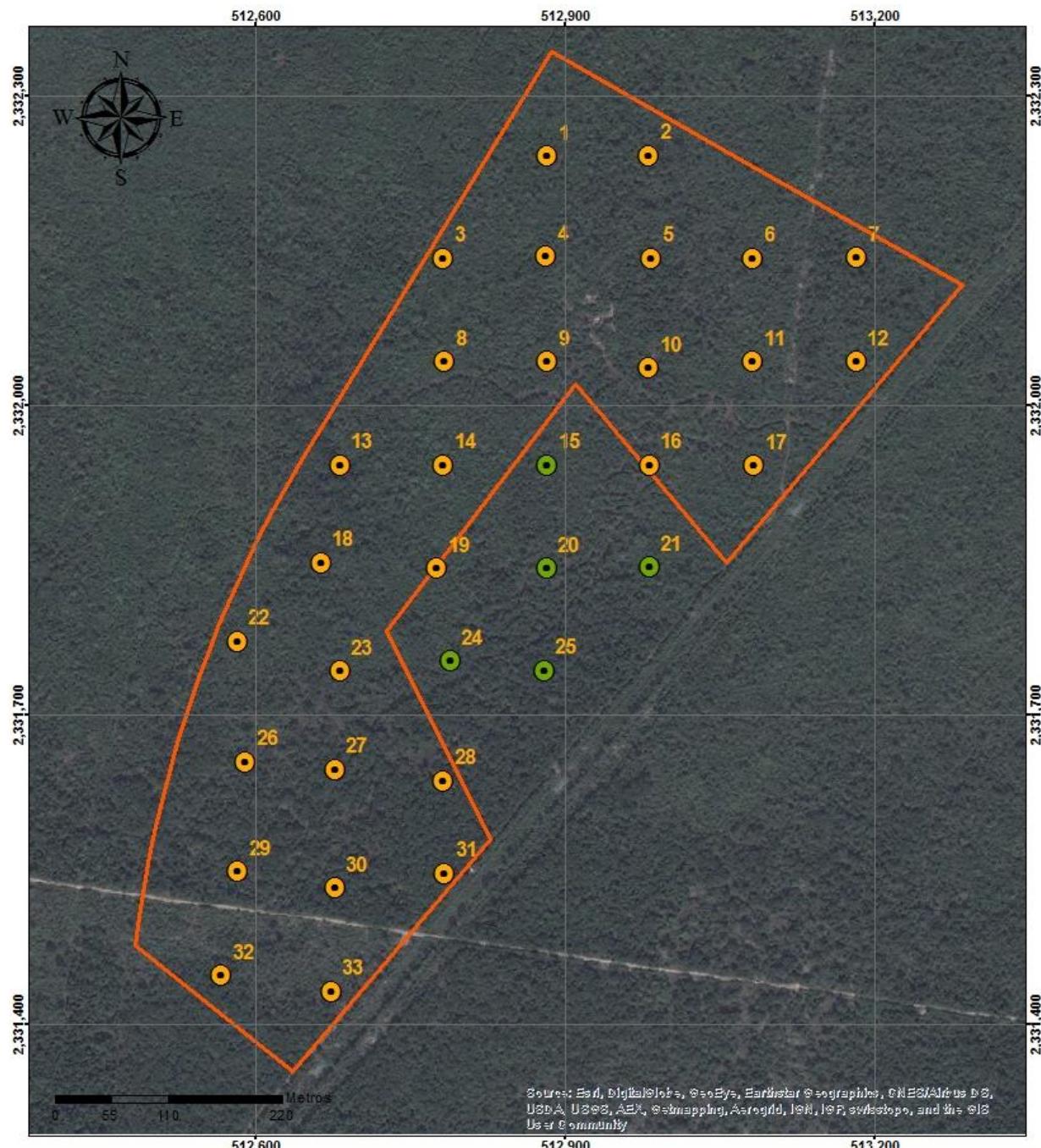
La descripción de la vegetación en el predio se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple, el cual se basa en el supuesto de que todos los elementos que conforman la población, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra (Bautista - Zúñiga *et al.*, 2004)⁴⁹.

Cabe mencionar, que el método de muestreo aleatorio simple fue seleccionado debido a que la única fuente de error es el azar. Además, el error debido al azar puede cuantificarse de forma precisa o al menos acotarse. Por tanto, el muestreo aleatorio simple permite fijar o calcular un margen de error y un nivel de confianza; parámetros fundamentales para determinar el tamaño de muestra representativo.

La estimación del tamaño mínimo de muestra se obtuvo mediante un modelo estadístico que se basa en la estimación de un coeficiente de variación a partir de la determinación del error y niveles de confianza (ver capítulo VI). Cabe señalar, que inicialmente se habían estimado 33 sitios de muestreo, en relación a la superficie inicial del polígono en estudio. Sin embargo, la superficie inicial se redujo, por lo cual para el análisis de vegetación se eliminaron los sitios encontrados fuera del nuevo polígono; en la **Figura V:7** se presenta la distribución de los sitios de muestreo y se indican los puntos eliminados para el análisis de la vegetación (puntos color verde). El **Cuadro V:2** presenta las coordenadas de los sitios de muestreo, incluyendo los puntos descartados para el análisis de vegetación. Cabe señalar que no se recorre la numeración con la finalidad de no perder la relación con la ubicación de los sitios de muestreo en campo.

En síntesis, el estudio florístico a nivel predio se realizó sobre la información recabada de 26 sitios circulares, con una intensidad de muestreo del 5 %. En cada uno de los sitios se registró el número de especies, el número de individuos y la cobertura. Luego, se calcularon por estrato los atributos que definen la estructura biológica de una comunidad (Riqueza de especies, abundancia, densidad, dominancia y frecuencia). Posteriormente, se obtuvo el índice de riqueza específica Margalef; el índice de diversidad de Simpson, el índice de equidad y diversidad de Shannon-Wiener y el Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada especie y grupo. En el capítulo IV, se detalla el cálculo para cada uno de los índices estimados y metodología del levantamiento de vegetación.

⁴⁹ Bautista-Zúñiga F., Cram-Heydrich S. y Sommer Cervantes I. 2004. Suelos. En: Bautista-Zúñiga F., Delfin-González H., Palacio Prieto J.L. y Delgado-Carranza M.C. pp. 73-115. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, UNAM, México, D.F.



Cuadro V:2. Coordenadas de los sitios de muestreo en el predio.

No. sitio	X	Y
1	512,883.0000	2,332,242.0000
2	512,982.0000	2,332,243.0000
3	512,783.0000	2,332,143.0000
4	512,882.0000	2,332,145.0000
5	512,984.0000	2,332,143.0000
6	513,083.0000	2,332,143.0000
7	513,183.0000	2,332,144.0000
8	512,784.0000	2,332,043.0000
9	512,883.0000	2,332,043.0000
10	512,982.0000	2,332,037.0000
11	513,083.0000	2,332,043.0000
12	513,183.0000	2,332,043.0000
13	512,683.0000	2,331,943.0000
14	512,863.0000	2,331,943.0000
15	512,884.0000	2,331,943.0000
16	512,983.0000	2,331,943.0000
17	513,084.0000	2,331,942.0000
18	512,664.0000	2,331,848.0000
19	512,777.0000	2,331,843.0000
20	512,883.0000	2,331,843.0000
21	512,983.0000	2,331,844.0000
22	512,583.0000	2,331,772.0000
23	512,683.0000	2,331,743.0000
24	512,790.0000	2,331,753.0000
25	512,881.0000	2,331,744.0000
26	512,591.0000	2,331,655.0000
27	512,678.0000	2,331,648.0000
28	512,783.0000	2,331,637.0000
29	512,584.0000	2,331,549.0000
30	512,678.0000	2,331,533.0000
31	512,784.0000	2,331,547.0000
32	512,568.0000	2,331,448.0000
33	512,674.0000	2,331,433.0000

V.5.2 Estructura y composición de la vegetación

V.5.2.1 Riqueza

La medida más simple de la estructura de las comunidades vegetales es la riqueza; se define como el recuento del número de especies que existen dentro de ella (Smith y Smith, Op. Cit.). El predio en cuestión registra 90 especies, en 75 géneros y 40 familias La familia Leguminosae es la mejor representada con 16 especies y 11 géneros, cabe mencionar que la familia Leguminosae es ampliamente distribuida en la Península de Yucatán y común en

zonas con disturbio (**Figura V:8**) (Duno de Stedano, 2010)⁵⁰. En el **Anexo 17** se presenta el listado florístico del predio.

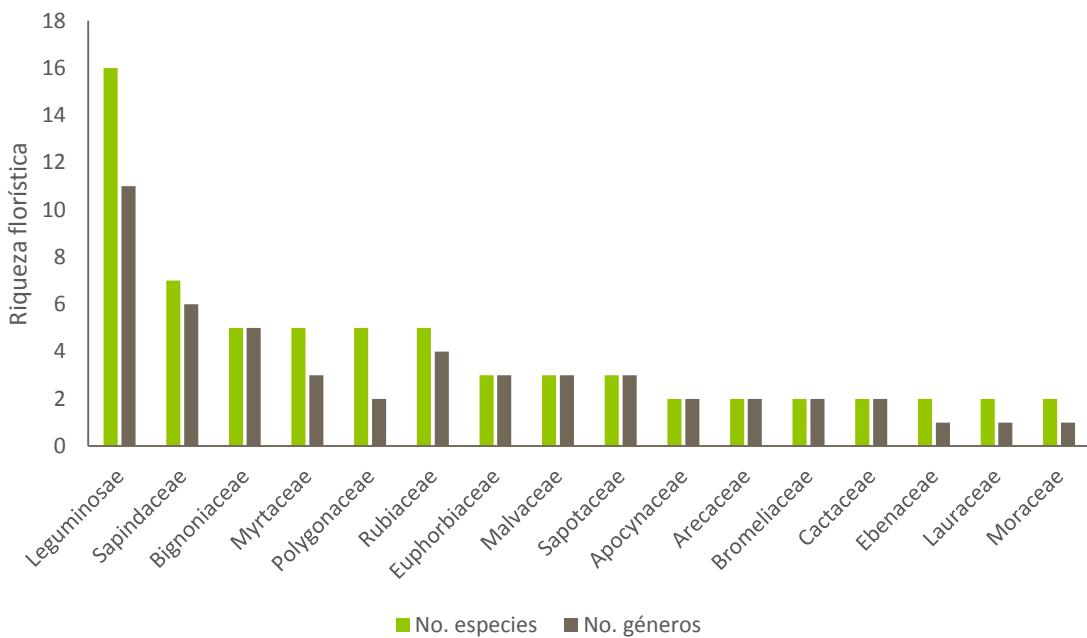


Figura V:8. Distribución de sitios de muestreo de vegetación en el predio.

Dentro de las 90 especies registradas, solo una especie, *Thrinax radiata* (la palma Chit) está en la categoría amenazada bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. La palma Chit es endémica de la Península de Yucatán y ampliamente utilizadas por los pobladores para la construcción de viviendas.

De las 90 especies el 60% son árboles, 21% arbustos, 8 % bejucos, y el resto se distribuye en epífitas, helechos, palmas y suculentas (**Figura V:9**). Cabe precisar, las especies de palmas y epífitas registradas en el predio. Las palmas registradas son *Sabal yapa* y *Thrinax radiata*, la primera comúnmente llamada guano, es utilizado para la construcción y artesanías por los pobladores de la Península de Yucatán, mientras la segunda como se mencionó anteriormente, se encuentran protegidas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las epífitas registradas son *Bromelia karatas*, *Tillandsia fasciculata* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

⁵⁰ Duno de Stedano R. 2010. Leguminosas. En: Durén R. y Méndez M. Eds. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán, p. 188, CICY, CONABIO, SEDUMA, Yucatán, México.

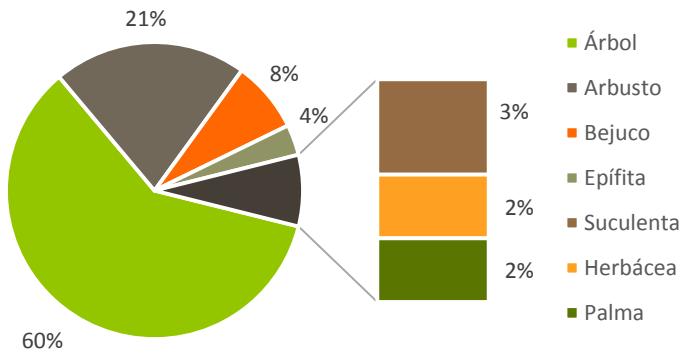


Figura V:9. Formas de vida registradas en el predio.

V.5.2.2 Densidad y abundancia por estrato

El 63% del estrato arbóreo está representado por *Lysiloma latisiliquum*, especie comúnmente conocido como Tzalam, que se distribuye principalmente en bosques secos y caducifolios en Cuba, Haití, Puerto Rico, República Dominicana, las Bahamas, al sur de la Florida, México y norte de América Central (CATIE, 2003). En la Península de Yucatán, es una de las principales especies en volúmenes aprovechados y con demanda creciente (Forster *et al.*, 2002). Otras especies que representaron el estrato arbóreo pero en menor medida son *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia*, *Metopium brownei* y *Coccoloba spicata* (**Figura V:10**).

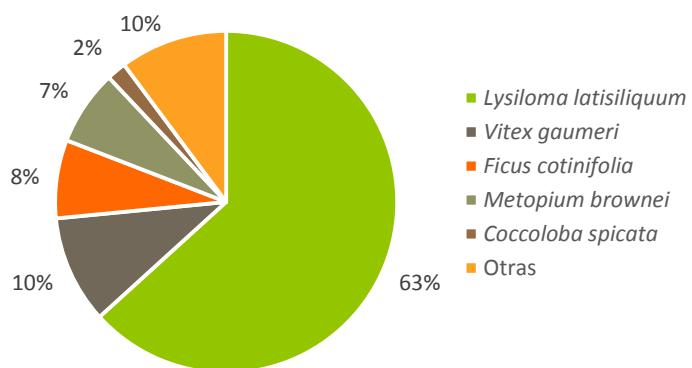


Figura V:10. Abundancia de especies en el estrato arbóreo

Por otra parte, el estrato arbustivo está representado por *Ficus cotinifolia*, *Lysiloma latisiliquum*, *Metopium brownei*, *Lonchocarpus rugosus* y *Vitex gaumeri* con 56 %, cabe señalar que ambos estratos coinciden en las principales especies abundantes, pero con diferentes porcentajes de abundancia (**Figura V:11**).

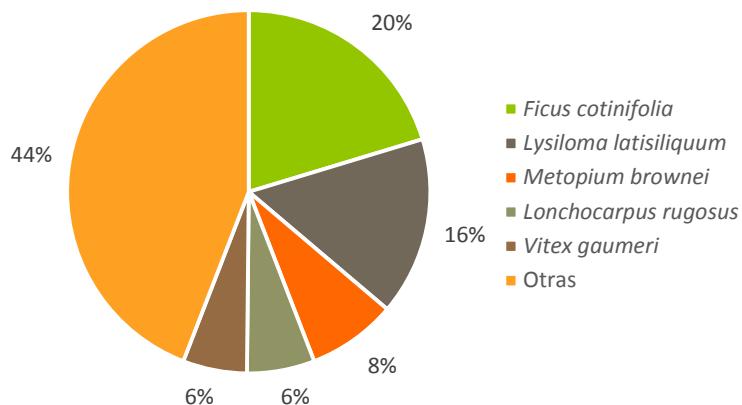


Figura V:11. Abundancia de especies en el estrato arbustivo.

Mientras el estrato herbáceo está representado por *Lonchocarpus rugosus*, *Ficus cotinifolia* y *Randia aculeata* con 8% cada una; además *Ardisia escallonioides* y *Psychotria nervosa* ocupan el 7% y 5%, respectivamente. Cabe notar que las cinco especies mencionadas representan el 44% en conjunto. Por otra parte, especies como *A. escallonioides*, *P. nervosa* y *R. aculeata* no aparecieron en los estratos arbóreo y arbustivo, lo anterior, posiblemente es debido a que requieren de la sombra del dosel para sobrevivir (**Figura V:12**).

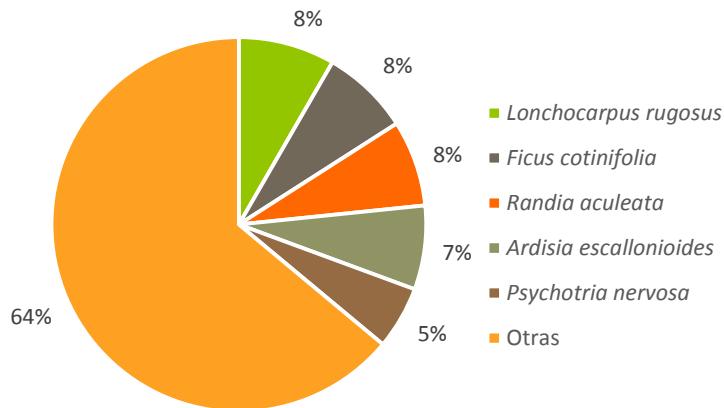


Figura V:12. Abundancia de especies en el estrato herbáceo

Por otra parte, cabe destacar la presencia de las especies epífitas y palmas que aunque no son de las más abundantes dentro de cada estrato, son de importancia ecológica, económica y cultural. En el **Cuadro V:3** se muestran las densidades por especie de epífitas y palmas, cabe mencionar que las especies *Bromelia karatas* y *Tillandsia fasciculata* marcadas con un asterisco (*) fueron vistas en el predio pero no encontradas en los sitios de muestreo; por lo cual, se estima solo la presencia de un individuo por hectárea.

Cuadro V:3. Abundancia de Epifitas y palmas registradas en el predio.

FORMA DE VIDA	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD (ind/ha)		
		Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo
Epífitas	<i>Bromelia karatas</i> *	-	-	1
	<i>Tillandsia fasciculata</i> *	-	-	1
Palmas	<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	214	-	-
	<i>Thrinax radiata</i>	285.7	-	0.71
	<i>Sabal yapa</i>	71.43	-	2.86

Finalmente, la abundancia y densidad para cada una de las especies por estrato se presentan en el **Anexo 18**.

V.5.2.3 Índice de Valor de Importancia (I.V.I)

El I.V.I presenta las especies con la mayor densidad, dominancia y frecuencia en un determinado sitio. En el estrato arbóreo el valor más alto lo presentó *L. latisiliquum* con 154, equivalente al 50% del valor total. Cabe destacar que *L. latisiliquum*, además de presentar alta densidad también es dominante con respecto al área basal que ocupa en el predio. Otras especies con IVI alto son *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia*, *Metropium brownei* y *Sabal yapa*, cabe destacar que *Coccoloba spicata* en este caso es desplazada en cuanto a las primeras cinco especies como sucedió en la abundancia, en otras palabras a pesar de ser una especie abundante, *Sabal yapa* es una especie más dominante (**Figura V:13**). En el **Anexo 19** se presentan la estimación del IVI para cada especie del estrato arbóreo.

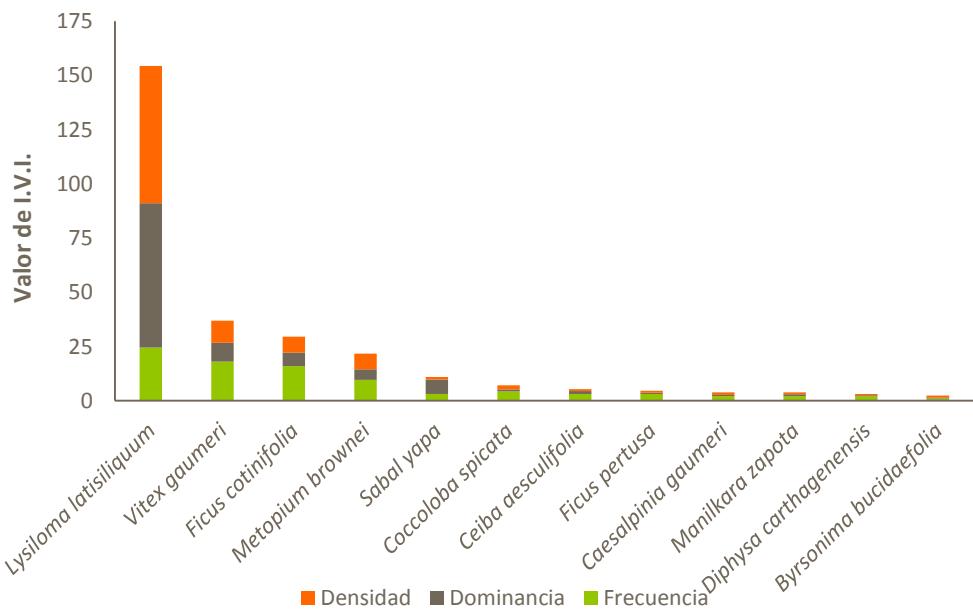


Figura V:13. Especies del estrato arbóreo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

Por otra parte, las especies con el I.V.I más alto en el estrato arbustivo corresponden a las especies más abundantes del mismo estrato, lo cual nos indica que además de presentar alta densidad, también son dominantes y frecuentes. Cabe observar que en éste estrato, *L. latisiliquum* no presenta el I.V.I más importante como en el estrato arbóreo, lo cual es coherente ya que es una especie pionera en la comunidad vegetal SMQ. La **Figura V:14** nos indica las especies del estrato arbustivo con el IVI más alto, mientras en el **Anexo 20** se presenta la estimación del IVI para cada especie.

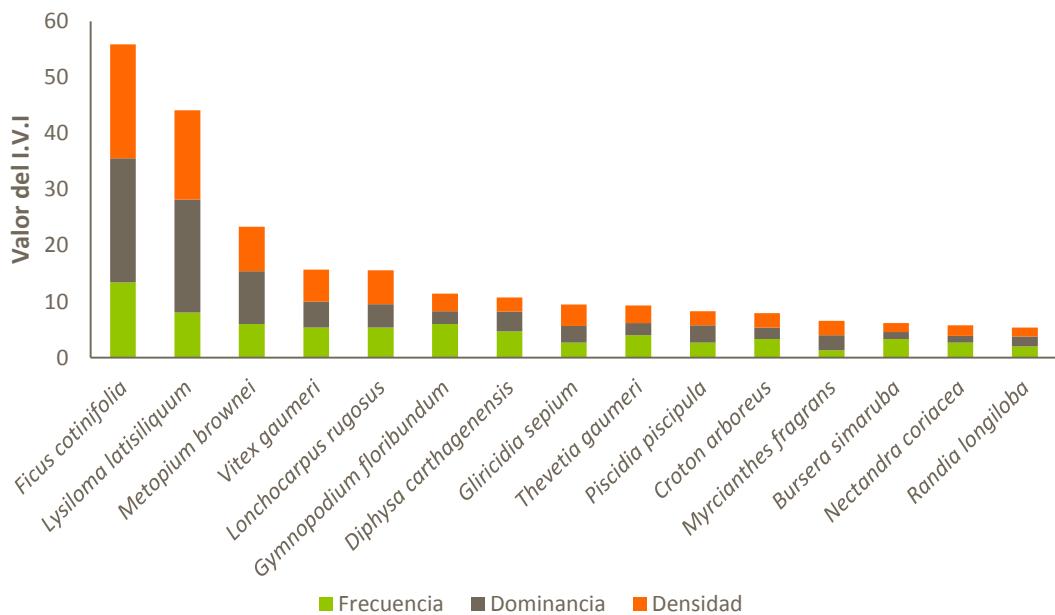


Figura V:14. Especies del estrato arbustivo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

Finalmente, en el estrato herbáceo sigue dominando *F. cotinifolia*, pero se añaden otras especies al grupo con IVI más alto, *Psychotria nervosa* y *Ardisia escallonioides*, estas especies a pesar de estar presentes en los estratos arbóreo y arbustivo no presentaron valores altos de IVI. En la **Figura V:15** se presentan las especies con el IVI más alto para el estrato herbáceo y en el **Anexo 21** se presenta la estimación para cada una de las especies del estrato herbáceo.

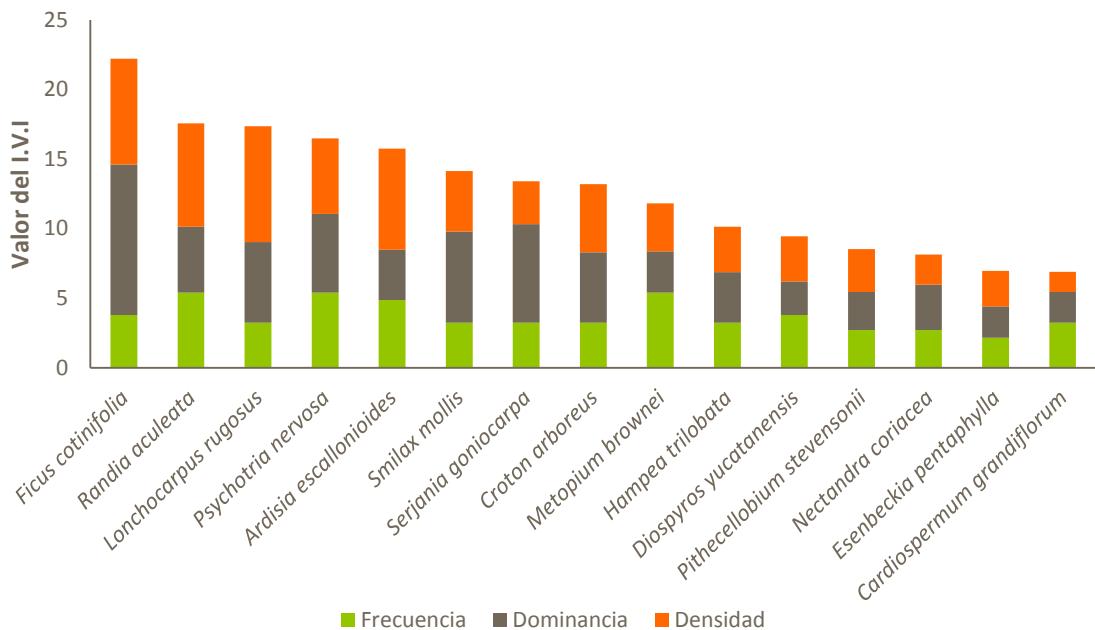


Figura V:15. Especies del estrato herbáceo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

Por último, cabe indicar que la presencia de las cinco principales especies en los tres estratos indican buena regeneración en la selva; es decir, la selva no tiene tendencias a cambiar de composición de especies, lo cual indica regeneración positiva.

V.5.2.4 Indicadores de diversidad y riqueza

Los índices de diversidad Shannon y Simpson nos indican que el estrato herbáceo es el más diverso de los tres; en contraste el estrato arbóreo es el menos diverso. Respecto a la riqueza se presenta el mismo comportamiento que la diversidad, esto es mayor riqueza en el estrato herbáceo y menor en el arbóreo. Lo anterior es debido a que el estrato arbóreo está compuesto por especies con estrategia de reproducción K; es decir tienen ciclo de vida largo, presentan alta natalidad y mortalidad, desarrollándose en competencia por lo tanto solo sobreviven los individuos más aptos. La principal competencia en las selvas es por la luz, por lo cual en el estrato arbóreo solo sobreviven las especies pioneras.

Cuadro V:3. Indicadores de diversidad y riqueza en el predio.

INDICADOR	ESTRATO		
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
No. especies	22	41	60
No. individuos	324	315	552
Índice de diversidad Shannon	1.48	3.02	3.47
Índice de diversidad Simpson	0.57	0.91	0.96

INDICADOR	ESTRATO		
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Equidad	0.48	0.81	0.77
Índice de riqueza Margalef	3.63	6.95	9.34

En contraste, las especies del estrato herbáceo principalmente son especies con estrategias r, es decir de ciclo corto, y especies tolerantes a la sombra, por lo cual son beneficiadas por el dosel de los árboles superiores, generando alta diversidad de especies.

Finalmente, en el **Anexo 22, Anexo 23 y Anexo 24** se presentan los cálculos para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, respectivamente.

V.5.2.5 Dimensiones de la comunidad

Los individuos de la comunidad se distribuyeron de la categoría de altura 2.5 a 15, la categoría 2.5 fue la mejor representada con 425 individuos (**Cuadro V:4**). En cambio, la categoría 15 registró solo un individuo, *Metopium brownei*, comúnmente llamado Chechem, el individuo presentaba 15 m de altura en condición sana, sin bifurcaciones.

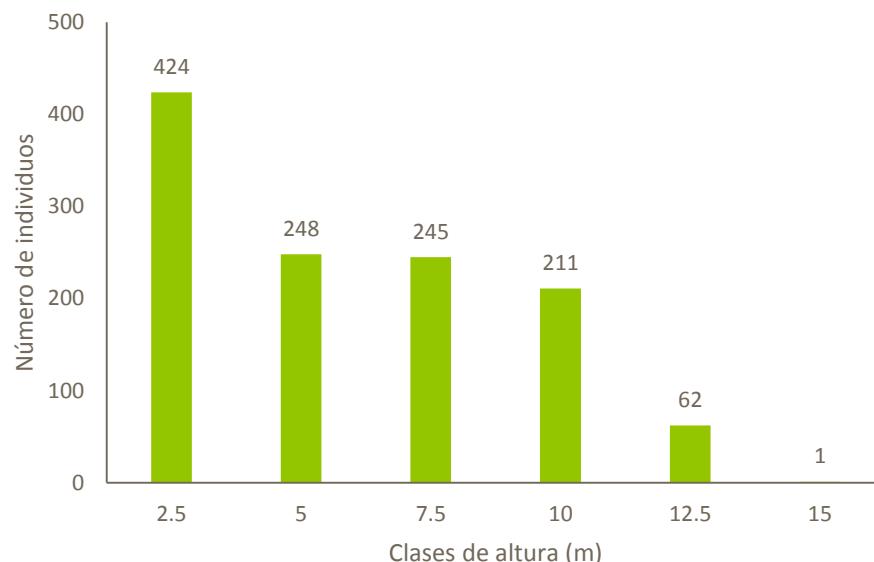


Figura V:15. Clases de altura registradas en el predio.

Respecto a los diámetros, van de menores a 5 cm hasta la categoría 45. La mayoría de los individuos se encuentran en la categoría menor a 5 cm, mientras las categorías 40 y 45 son las que están presentadas solo por un individuo, siendo *Sabal yapa*, el huano, la especie con el diámetro máximo encontrándose en los sitios de 100 m².

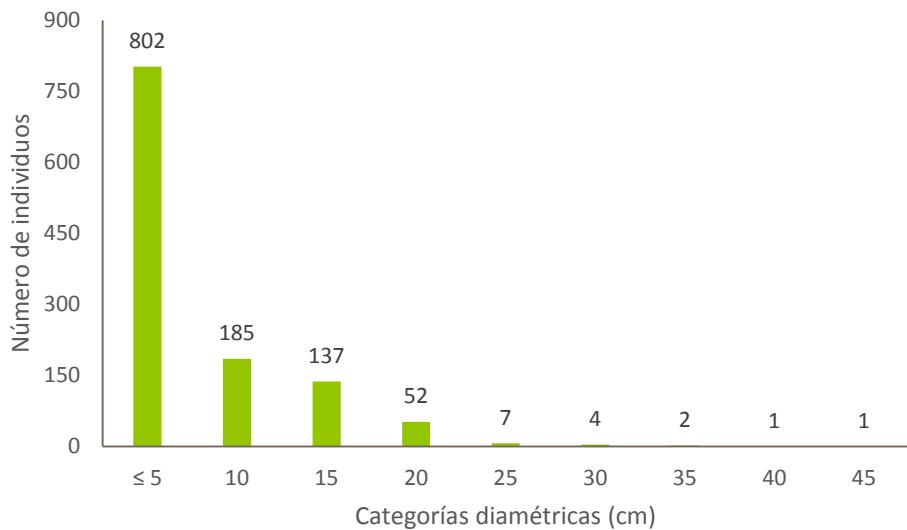


Figura V:15. Categorías diamétricas registradas en el predio.

V.5.3 Estado de conservación de la vegetación del predio

El predio Ciudad Huayacán sujeto a cambio de uso de suelo registra vegetación de selva mediana subperennifolia en estado sucesional secundaria, en tres estructuras forestales, arbórea, arbustiva y herbácea; es decir tres tipos de vegetación secundaria, arbórea, arbustiva y herbácea, siendo la vegetación secundaria arbórea la dominante. La presencia de vegetación en estado sucesional secundaria en la totalidad de la superficie del predio indica perturbación (CONAFOR, Op. Cit).

Por otra parte, con base en el análisis de la vegetación, el predio presenta grado de perturbación en estado intermedio con tendencia a condición tardía. La aseveración anterior se sustenta en dos puntos, los valores de los índices de diversidad y las especies dominantes por estrato.

En diversos estudios de sucesión ecológica se ha demostrado que la diversidad de especies aumenta en los estratos herbáceos y después disminuye en los estratos arbustivos, como ocurre en el predio Huayacán. En el mismo contexto, la hipótesis de Michel Huston y Joseph Connell menciona que un estado sucesional secundario con frecuencia intermedia de perturbación el punto en la diversidad más alta ocurre durante el período de transición, después de la llegada de especies más tardías en la sucesión pero antes de la reducción.

El predio presenta dominancia de especies intermedias, como *Pouteria reticulata*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownei*, *Psidium sartorianum*, *Alseis yucatanensis*, *Gymnanthes lucida* y *Drypetes laterifolia* (Carreón y Valdez, Op Cit), lo cual indica que la vegetación del predio se encuentra en período de transición. Pero, además de presentar

especies intermedias presenta especies de condición tardía, como *Lysiloma latisiliquum*, *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba* y *Vitex gaumeri* (Carreón y Valdez, Op. Cit).

V.6 FAUNA

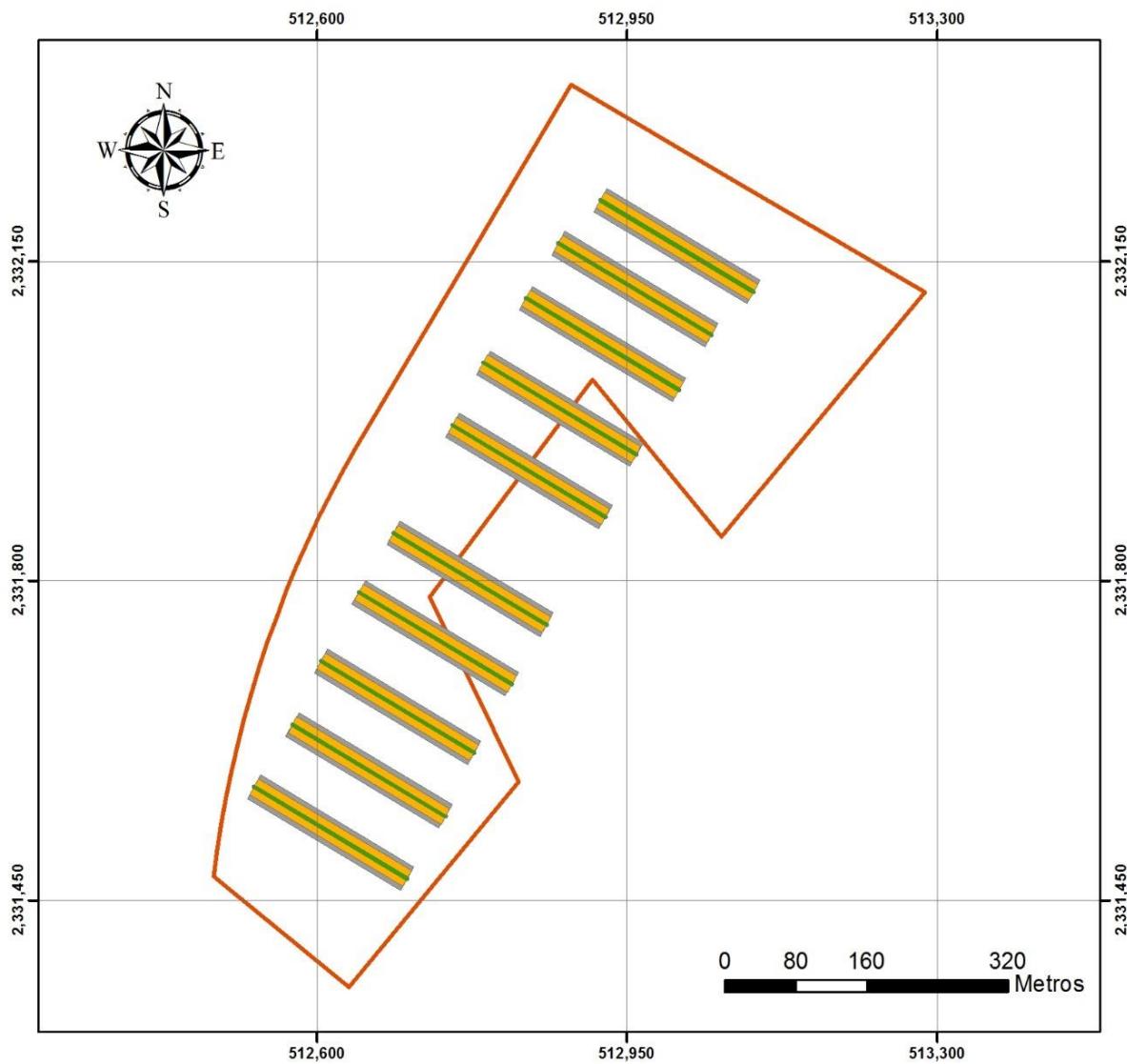
El estudio faunístico del predio tuvo como objetivo conocer la riqueza, abundancia relativa y diversidad, así como identificar las especies protegidas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para cumplir con lo anterior, se utilizó el método de muestreo por transectos, el cual se realiza a lo largo de una línea de muestreo. El método se basa en los siguientes puntos:

- 1). Todos los animales son observados
- 2). Los animales son observados en su ubicación inicial, antes de ser perturbados por el observador y un mismo individuo no es registrado tres veces,
- 3). Las detenciones son eventos independientes
- 4). El método es utilizado para estudiar poblaciones y comunidades, a través de técnicas directas, indirectas y de captura.

Cabe destacar que para el método transectos se pueden identificar cuatro tipos: puntos, lineales, banda o franja y conteo en caminos; para el presente estudio se utilizó el método banda o franja, ya que de acuerdo con Mandujano (1994)⁵¹, es una opción bastante interesante para estimar la densidad, ya que es relativamente fácil de aplicar en campo, no es costoso, lo respalda una teoría simple pero sólida, hay facilidades para el cómputo de datos y tiene ciertas ventajas frente a otros métodos de muestreo.

Los transectos en banda o franja consisten en realizar observaciones a lo largo de una línea que son establecidas dentro del área de muestreo considerando límites en cada uno de los lados y todos los animales dentro de este son contados por el observador, excluyendo a los que se encuentren fuera de la banda, la cual puede variar de acuerdo a las condiciones de la especie, hábitat, vegetación, etc. Los sitios de muestreo se distribuyeron de forma homogénea en todo el predio, de tal forma que toda la propiedad esté representada en los diferentes muestreos dirigidos a los grupos de fauna (**Figura V:16**). En total se llevaron a cabo 10 transectos en banda o franja, sin embargo las dimensiones y horario de muestreo cambiaron de acuerdo al grupo objetivo de estudio, lo cual se describe a continuación y se sintetiza en el **Cuadro V:5**.

⁵¹ Mandujano, S. 1994. Conceptos generales del método de conteo de animales en transectos. Ciencia, 45, 203-211.



**Documento Técnico Unificado Modalidad A
Ciudad Huayacán**

Simbología

- [Green square] Anfibios y reptiles
- [Yellow square] Aves
- [Grey square] Mamíferos
- [Orange square] Predio Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01
Lotes 1-03, 1-04, 1-06 y 1-10
Ciudad de Cancún, Benito Juárez
Quintana Roo

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

Figura V:16. Ubicación de los sitios de muestreo (transectos) recorridos en el predio

La identificación de aves se llevó acabo en transectos de 200*20 m, es decir en una superficie de 4,000 m². Este ancho de banda fue definido con el fin de asegurar la identificación y el registro de todos los individuos presentes en su interior, tal como lo sugiere Wunderle (1994). En los individuos que estuvieran fuera del ancho de banda, solo se registró a la especie para poder considerarlas en el listado final, mas no para el cómputo de la densidad y la abundancia. Los muestreos fueron matutinos y vespertinos durante las horas de mayor actividad de las aves.

Por otra parte, el muestreo de mamíferos de talla mediana y grande se llevó acabo en transectos de 200*30 m, equivalente a 6,000 m². La presencia de los mamíferos se registró mediante métodos directos con observaciones diurnas y vespertinas, en los horarios de 07:00 a 12:00 hrs y 17:00 a las 19:30 hrs. Debido a las bajas observaciones en el muestreo directo, la riqueza de especies se complementó mediante muestreos indirectos; es decir, por medio de rastros (huellas, excretas, pelos, rascaderos y madrigueras) siguiendo las recomendaciones hechas por Mandujano y Aranda (1993)⁵², Reid (1997)⁵³ y Aranda (2000)⁵⁴. Cabe mencionar que solo se registraba la especie a la que pertenecía el rastro, sin que específicamente estuviera adentro del transectos.

El muestreo para reptiles y mamíferos se llevó a cabo en transectos de 800 m²; esto es 200*4 m. Durante los recorridos se realizó una búsqueda exhaustiva de cada individuo, revisando entre la hojarasca, debajo de troncos, piedras y sobre las ramas de los árboles y entre los arbustos. Para la identificación de especies se utilizaron las guías de campo de Lee (2000)⁵⁵, Campbell (1998)⁵⁶, así como el ordenamiento filogenético y la nomenclatura recopilada por Flores-Villela *et al.* (1995)⁵⁷. Los anfibios (ranas y sapos) se muestrearon por la noche, en el horario de 20:00 hrs hasta las 23:00 hrs; mientras los reptiles se dividieron en dos grupos: lagartijas en los horarios de 11:00 hrs a 15:00 hrs, mientras las serpientes y tortugas se muestrearon a la par con los anfibios y lagartijas; es decir, en los horarios de 11:00 hrs a 15:00 hrs y de 20:00 hrs hasta las 23:00 hrs. La intención de realizar transectos

⁵² Mandujano, S. y J. M. Aranda. 1993. Conteo de venados (*Odocoileus virginianus*: CERVIDAE) en transectos: recomendaciones para su aplicación. Revista BIOTAM 5: 43-46.

⁵³ Reid, F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press, Nueva York. 400 p.

⁵⁴ Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. CONABIO. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 212 p.

⁵⁵ Lee, J. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world. Cornell University Press, Ithaca NY, 402 p.

⁵⁶ Campbell J. 1998 Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan and Belize. University of Oklahoma Press Norman, Oklahoma 380 p.

⁵⁷ Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. González-Porter. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publ. Esp. Museo Zool., Univ. Nac. Aut. México (10):1-285.

en ambos horarios fue para incrementar los esfuerzos de muestreo y procurar verificar y contabilizar el mayor número de especies e individuos posibles.

Cuadro V:5. Síntesis del muestreo faunístico del predio.

Grupo	Dimensiones del transecto (m)	Horario de muestro	Técnicas de muestreo
Aves	200 * 20	Matutino y vespertino	Auditivo y visual
Mamíferos	200 * 30	Matutino y vespertino	Visual
Anfibios	200 * 4	Nocturno	Visual moviendo Hojarasca, piedras, ramas y arbustos
Reptiles	200 * 4	Matutino y nocturno	

La información generada fue capturada en hojas de campo, obteniendo el número de registros por grupo y especie (riqueza) y el número de individuos observados por especie (abundancia). A partir de la riqueza y abundancia, se obtuvieron los indicadores densidad, ind: siguientes

- **Densidad**

La densidad es el número de individuos por hectárea. Este valor puede ser considerado como un índice de abundancia relativa. Las densidades de las especies se obtendrán mediante la fórmula:

$$D = \left(\frac{n}{2wL} \right) 10,000$$

Donde;

n= número de individuos registrados dentro del transecto

L= largo del transecto en metros

w= ancho del transecto en metros

10,000 metros es el factor de conversión de metros a hectáreas.

- **Índice de Diversidad Shannon-Wiener**

El índice de Shannon refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Pla, 2006)⁵⁸. Esto significa que, cuanto mayor sea el índice, más diversa o heterogénea es la comunidad. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. El índice de Shannon aumenta con el número de especies en las comunidades y en la práctica en comunidades biológicas su valor no debería exceder de 5.0 (Washington, 1984). Para el cálculo del índice de Shannon, se empleó la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i * \ln p_i)$$

Donde, pi es la relación entre número de individuos de cada especie i (abundancia por especie), y el número de individuos total del muestreo, y Ln es el símbolo para el logaritmo natural.

- **Índice de Diversidad Simpson**

El índice de dominancia de Simpson, cuya propuesta tiene el objetivo de definir una medida de concentración en términos de restricciones de población. De acuerdo con la interpretación de Smith y Smith (2007)⁵⁹, este índice mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie o categoría. El valor de D oscila entre 0 y 1. Dado que cuanto mayor sea el valor de D (índice de Simpson), menor es la diversidad, el complemento de D (1-D) indica la diversidad del sitio. En ausencia de diversidad, donde hay sólo una especie presente, el valor de D es 1. Cuando la riqueza y la equitatividad de la especie se incrementan, el valor de D se approxima a 0. El índice de Simpson se obtiene de la siguiente ecuación:

⁵⁸ Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583-590.

⁵⁹ Smith, R. L., & Smith, T. M. 2007. Ecología. Ed. Pearson-Addison Wesley. 775 pp.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Donde:

λ =Índice de dominancia de Simpson

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

y a su vez,

n_i = Número de individuos por cada especie (i)

N = Número de individuos de todas las especies

Lo anterior, parte de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y por ende la distribución es más equitativa. A través de este índice, el valor de 0 corresponde a una diversidad infinita y 1 sin diversidad; es decir, a mayor valor de dominancia (D), menor diversidad. Para una mejor interpretación numérica, a menudo se emplea el complemento del índice de Simpson, es decir se sustrae de 1 el valor de D. Por tanto, el índice de diversidad de Simpson se expresa, en el análisis de los resultados, mediante la siguiente ecuación:

$$S = 1 - D$$

- **Índice Riqueza de Margalef**

El índice de Margalef, transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1998)⁶⁰. En otras palabras, mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Citado por Campo y Duval, 2004)⁶¹ . Por definición, el valor mínimo de este índice es 0, y ocurre cuando solo existe una especie en el sitio. La expresión matemática es la siguiente:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde:

S=Número de especies

N=Número total de individuos

⁶⁰ Magurran, A. E. (2013).Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.

⁶¹ Campo, A. M. y Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). En: Anales de Geografía de la Universidad Complutense (Vol. 34, No. 2, pp. 25-42).

Por ende, el valor mínimo de este índice es 0, y ocurre cuando solo existe una especie en el sitio.

- **Índice de equidad**

De acuerdo con Smith y Smith (2007), se denomina equidad o equitatividad de las especies a la distribución de los individuos de cada especie. Cuanto más grande sea este indicador, mayor es la homogeneidad del sitio. El índice de equidad utilizado fue el propuesto por Pielou (1966)⁶². En este método, la muestra se incrementa progresivamente mediante la adición de nuevos cuadrantes. El incremento en la diversidad total que resulta del agrandamiento de la muestra proporciona una estimación de la diversidad por individuos en la población total. Este varía entre 0 y 1, donde 0 significa una equidad baja y 1 significa la máxima equidad, es decir, que todas las especies son igualmente abundantes. Para el cálculo de este índice, se empleó la siguiente expresión:

$$E = H / \ln S$$

Donde:

H=Índice de Shannon

Ln=Logaritmo natural

S= Riqueza

Este varía entre 0 y 1, donde 0 significa una equidad baja y 1 significa la máxima equidad, es decir, que todas las especies son igualmente abundantes.

V.6.1 Resultados

V.6.1.1 Riqueza

El primer atributo analizada de la fauna fue la riqueza específica, entendida como el número de especies encontradas en el sitio (Villareal *et al.* 2006)⁶³. En el **Cuadro V:6** se presentan las especies identificadas en el sitio por grupo y familia.

La **Figura V:17** presenta el número de familias, géneros y especies por grupo a las que pertenecen. Esta figura, indica que las aves son el grupo que presenta mayor riqueza

⁶²Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, **13**:131-144.

⁶³ Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., & Villarreal, H. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

específica, seguido de mamíferos. Ahora bien, los grupos que presentó menor riqueza fue el de los anfibios.

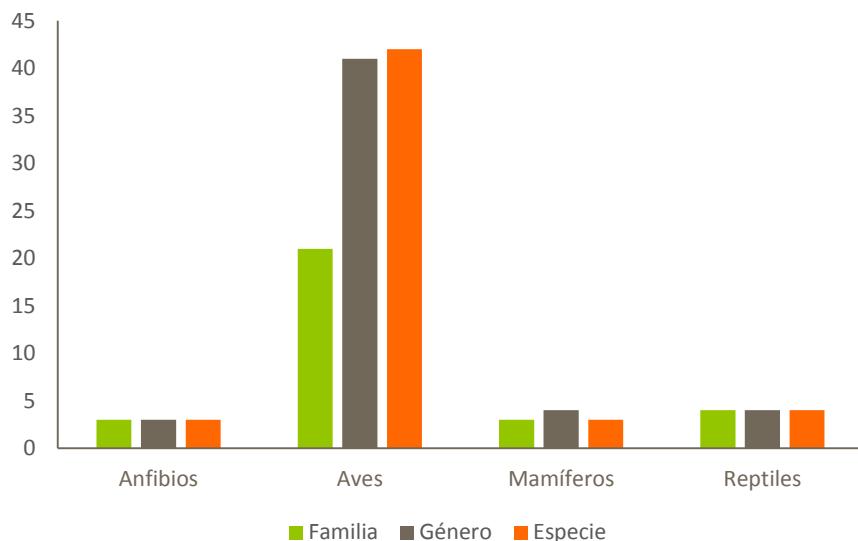


Figura V:17. Riqueza florística del predio

Cuadro V:6. Riqueza faunística identificadas en el predio.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Cardinalidae	<i>Saltator atriceps</i>	Saltator cabecinegro
		<i>Saltator coerulescens</i>	Saltator grisáceo
	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Aura común
		<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote carroñero común
	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
		<i>Leptotila jamaicensis</i>	Paloma perdiz pechiclara
		<i>Cyanocorax morio</i>	Chara pea
		<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
		<i>Tityra semifasciata</i>	Titira puerquito
	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
	Cucullidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy
		<i>Buteo brachyurus*</i>	Aguililla cola corta
	Falconidae	<i>Buteo magnirostris</i>	Aguililla caminera
		<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia gorjinegra afín
	Fringillidae	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos picomarfil
		<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
		<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
		<i>Icterus chrysater</i>	Bolsero dorsidorado
		<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero cuculado

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de altamira
		<i>Icterus prosthemelas</i>	Bolsero prostemelo
	Mimidae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano
		<i>Melanoptira glabrirostris</i>	Mímido negro
	Picidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical
		<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero pechileonado
	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro fretilanco
		<i>Araninga nana</i>	Perico pechisucio
	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolotito bajeño
		<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú canelo
	Tinamidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí vientre canelo
		<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Colibrí tijereta esperalda
	Trochilidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Troglodita pechimanchado
		<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon pechiamarillo
	Trogonidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copeton triste
		<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Copetón yucateco
	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregorio
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo
	Vireonidae	<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano tropical salvador
		<i>Tyrannus melancholicus*</i>	Tirano tropical común
	Corytophanidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
		<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero
	Phrynosomatidae	<i>Basiliscus vittatus*</i>	Tolok
		<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Merech
	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Toloquito
		<i>Iguanidae</i>	Iguana rayada
	Anfibios	<i>Hylidae</i>	Rana de árbol
		<i>Leptodactylidae</i>	Rana de bigotes
	Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	Sapo del golfo
		<i>Procyonidae</i>	Mapache
Mamíferos	Didelphidae	<i>Procyon lotor*</i>	Tlacuache
		<i>Didelphis virginiana</i>	Ratón venado
Cricetidae			

*Vista u oída en el predio más no en los transectos

Como se menciona anteriormente, el grupo de las aves presentó mayor número de especies de los cuatro analizados. Se identificó un total de 42 especies de aves distribuidas en 21 familias, siendo la más representada la familia Icteridae con 7 especies, seguida de Tyrannidae con 6 especies. La **Figura V:18** muestra la proporción de especies encontradas en el sitio, en relación a las familias a las que pertenecen.

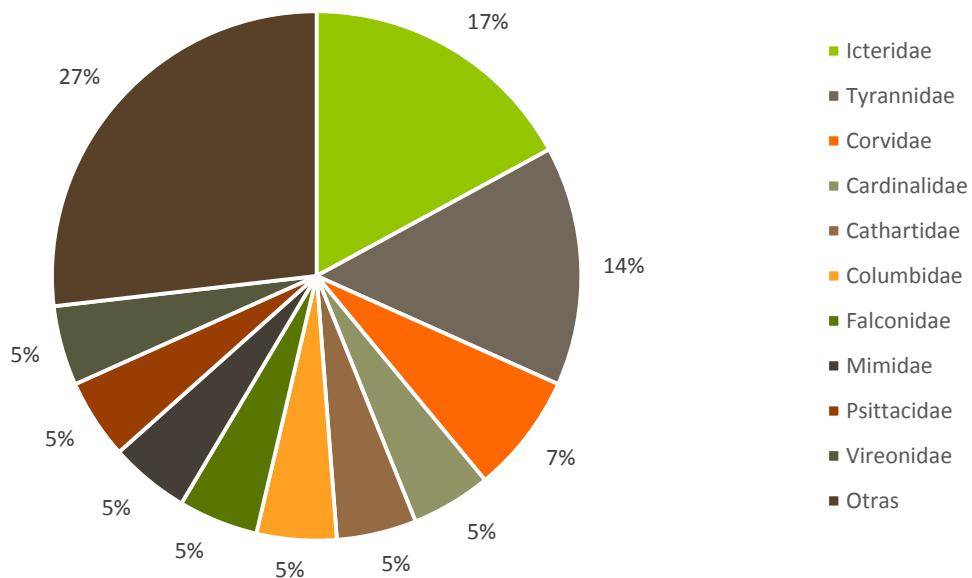


Figura V:18. Distribución de la riqueza específica del sitio en relación a las familias para el grupo de las aves

Los reptiles identificados pertenecieron a cuatro especies englobadas en las familias, Corytophanidae, Phrynosomatidae, Polychrotidae e Iguanidae. Las especies de reptiles identificadas fueron *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus chrysostictus*, *Anolis sagrei* y *Ctenosaura similis*.

Respecto a lo anfibios se identificaron tres especies pertenecientes a tres familias. Las especies de anfibios encontradas fueron *Smilisca baudinii*, *Leptodactylus fragilis* y *Incilius valliceps*. Finalmente, se identificaron tres especies de mamíferos (*Procyon lotor*, *Didelphis virginiana* y *Peromyscus mexicanus*) pertenecientes a 3 familias (Procyonidae, Didelphidae y Cricetidae).

V.6.1.2 Densidad y Abundancia

El grupo aves presentó la mayor densidad y abundancia de los grupos analizados en el presente estudio. La especie más abundante fue el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*), con 1,076 individuos en el predio.

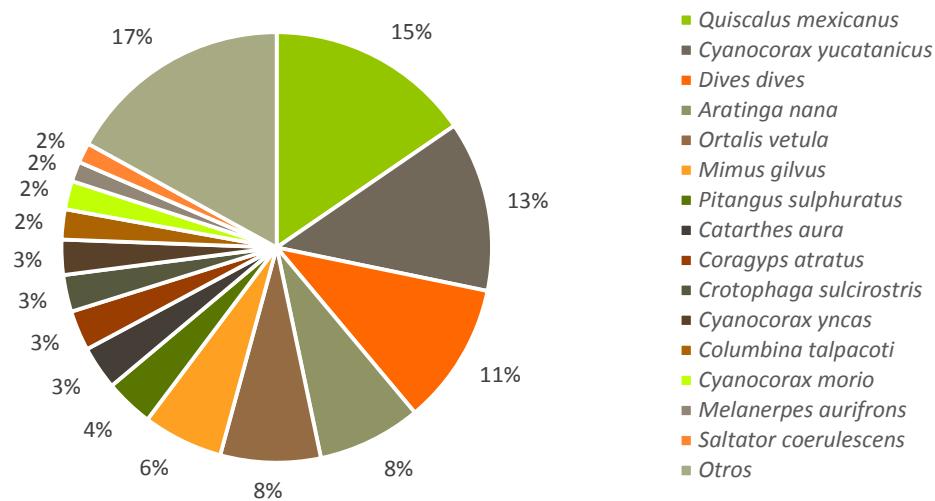


Figura V:18. Especies más abundantes para el grupo de las aves en el predio.

Respecto a los reptiles, la especie más abundante fue *Sceloporus chrysostictus*, con 438 individuos en el predio, mientras que la especie menos abundante fue *Ctenosaura similis*. El grupo de los anfibios solo registró dos individuos, uno por especie, *Smilisca baudinii* y *Smilisca baudinii*. En relación al grupo de los mamíferos, *Didelphis virginiana* registró dos individuos y *Peromyscus mexicanus* un individuo, en los 10 sitios de muestreo.

Cuadro V:6. Densidad y abundancia de aves en el predio

Grupo	Especie	Abundancia	Densidad (ind/ha)
AVES	<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	0.25
	<i>Amazona albifrons</i>	2	0.5
	<i>Aratinga nana</i>	62	15.5
	<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.5
	<i>Cathartes aura</i>	26	6.5
	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.25
	<i>Columbina talpacoti</i>	18	4.5
	<i>Coragyps atratus</i>	24	6
	<i>Crotaphaga sulcirostris</i>	22	5.5
	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	7	1.75
	<i>Cyanocorax yncas</i>	21	5.25
	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	102	25.5
	<i>Cyanocorax morio</i>	17	4.25
	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	3	0.75
	<i>Dives dives</i>	85	21.25
	<i>Euphonia affinis</i>	7	1.75
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	0.25
	<i>Icterus auratus</i>	1	0.25
	<i>Icterus cristater</i>	2	0.5

Grupo	Especie	Abundancia	Densidad (ind/ha)
Aves	<i>Icterus gularis</i>	1	0.25
	<i>Icterus prosthemelas</i>	9	2.25
	<i>Icterus cucullatus</i>	10	2.5
	<i>Leptotila jamaicensis</i>	11	2.75
	<i>Melanerpes aurifrons</i>	12	3
	<i>Melanoptila glabrirostris</i>	9	2.25
	<i>Mimus gilvus</i>	48	12
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	4	1
	<i>Myiarchus yucatanensis</i>	6	1.5
	<i>Myiozetetes similis</i>	9	2.25
	<i>Ortalis vetula</i>	60	15
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	29	7.25
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	123	30.75
	<i>Saltator atriceps</i>	4	1
	<i>Saltator coerulescens</i>	12	3
	<i>Thryothorus maculipectus</i>	8	2
	<i>Tityra semifasciata</i>	2	0.5
	<i>Trogon melanocephalus</i>	4	1
	<i>Tyrannus couchii</i>	11	2.75
	<i>Vireo pallens</i>	11	2.75
	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	9	2.25
	<i>Anolis sagrei</i>	2	5
Reptiles	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	5	12.5
	<i>Ctenosaura similis</i>	1	2.5
Anfibios	<i>Smilisca baudinii</i>	1	2.5
	<i>Incilius valliceps</i>	1	2.5
Mamíferos	<i>Didelphis virginiana</i>	2	5
	<i>Peromyscus mexicanus</i>	1	2.5
Total		809	231.5

V.6.1.3 Indicadores de Diversidad

Una vez determinadas las abundancias en el predio, se procedió a realizar el cálculo de los principales indicadores de diversidad por cada grupo.

- Aves

El grupo de las aves fue el que presentó mayores niveles de diversidad en el predio. En el Cuadro V:7, se presenta el procedimiento para el cálculo del índice de Shannon y el índice de Simpson.

Cuadro V:7. Cálculo de los índices de Shannon y Simpson para el grupo de las aves.

Especie	Núm. Ind.	pi	Lnpi	pi*Lnpi	pi^2
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	0.00129218	6.65142831	0.00859481	1.6697E-06

Especie	Núm. Ind.	pi	Lnpi	pi*Lnpi	pi^2
<i>Amazona albifrons</i>	2	0.00258435	5.95828113	0.015398286	6.6789E-06
<i>Aratinga nana</i>	62	0.07796123	2.55154357	0.198921487	0.00607795
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.00258435	5.95828113	0.015398286	6.6789E-06
<i>Cathartes aura</i>	26	0.0327351	3.41930726	0.111931379	0.00107159
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.00129218	6.65142831	0.00859481	1.6697E-06
<i>Columbina talpacoti</i>	18	0.02268485	3.78605785	0.085886165	0.0005146
<i>Coragyps atratus</i>	24	0.03015075	3.50154536	0.105574232	0.00090907
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	22	0.02770998	3.5859627	0.099366949	0.00076784
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	7	0.00875808	4.73777902	0.041493829	7.6704E-05
<i>Cyanocorax yncas</i>	21	0.0264178	3.63371713	0.095994824	0.0006979
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	102	0.12821249	2.05406631	0.263356958	0.01643844
<i>Cyanocorax morio</i>	17	0.02139268	3.84470658	0.082248569	0.00045765
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	3	0.00373295	5.59055635	0.02086927	1.3935E-05
<i>Dives dives</i>	85	0.10681981	2.23661185	0.238914461	0.01141047
<i>Euphonia affinis</i>	7	0.00875808	4.73777902	0.041493829	7.6704E-05
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	0.00129218	6.65142831	0.00859481	1.6697E-06
<i>Icterus auratus</i>	1	0.00129218	6.65142831	0.00859481	1.6697E-06
<i>Icterus cristater</i>	2	0.00258435	5.95828113	0.015398286	6.6789E-06
<i>Icterus gularis</i>	1	0.00129218	6.65142831	0.00859481	1.6697E-06
<i>Icterus prosthemelas</i>	9	0.01134243	4.47920503	0.050805054	0.00012865
<i>Icterus cucullatus</i>	10	0.0126346	4.37131607	0.055229837	0.00015963
<i>Leptotila jamaicensis</i>	11	0.0137832	4.28430469	0.059051436	0.00018998
<i>Melanerpes aurifrons</i>	12	0.01507538	4.19469254	0.063236571	0.00022727
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	9	0.01134243	4.47920503	0.050805054	0.00012865
<i>Mimus gilvus</i>	48	0.06030151	2.80839817	0.169350644	0.00363627
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	4	0.00502513	5.29330482	0.026599522	2.5252E-05
<i>Myiarchus yucatanensis</i>	6	0.00760948	4.87836097	0.037121771	5.7904E-05
<i>Myiozetetes similis</i>	9	0.01134243	4.47920503	0.050805054	0.00012865
<i>Ortalis vetula</i>	60	0.07537688	2.58525462	0.194868439	0.00568167
<i>Pitangus sulphuratus</i>	29	0.03646805	3.31131862	0.120757348	0.00132992
<i>Quiscalus mexicanus</i>	123	0.15448672	1.86764715	0.28852668	0.02386615
<i>Saltator atriceps</i>	4	0.00502513	5.29330482	0.026599522	2.5252E-05
<i>Saltator coerulescens</i>	12	0.01507538	4.19469254	0.063236571	0.00022727
<i>Thryothorus maculipectus</i>	8	0.01005025	4.60015764	0.04623274	0.00010101
<i>Tityra semifasciata</i>	2	0.00258435	5.95828113	0.015398286	6.6789E-06
<i>Trogon melanocephalus</i>	4	0.00502513	5.29330482	0.026599522	2.5252E-05
<i>Tyrannus couchii</i>	11	0.0137832	4.28430469	0.059051436	0.00018998
<i>Vireo pallens</i>	11	0.0137832	4.28430469	0.059051436	0.00018998
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	9	0.01134243	4.47920503	0.050805054	0.00012865
Total	796			2.99	0.07

La síntesis de los indicadores de diversidad, se presenta en el **Cuadro V:8.**

Cuadro V:8. Indicadores de diversidad de aves en el predio.

Indicador	Valor
Riqueza específica	40
Índice de diversidad Shannon	2.99
Índice de diversidad Simpson (1-D)	0.93
Índice de riqueza Margalef	5.84
Equidad	0.81

Los resultados anteriores muestran una alta riqueza, diversidad y equidad de aves en el predio, ya que el índice de Shannon, presenta un valor cercano a 3, el complemento del índice de Simpson, indica que la dominancia de alguna especie es baja, y el índice de equidad es alto si se considera la escala en la que se interpreta (entre 0 y 1).

El índice de Margalef, indica una diversidad baja, si se considera que valores inferiores a 2.0 se consideran de baja diversidad (Margalef, 1995⁶⁴).

- Reptiles

En relación a los reptiles, este grupo presenta bajos niveles de diversidad, ya que el valor del índice de Shannon es de 0.90. Sin embargo, la equidad es alta, ya que el complemento del índice de Simpson (1-D), es de 0.53, lo que indica que ninguna especie domina sobre otra de forma significativa. Esto se confirma si se toma en cuenta que el índice de equidad es de 0.82. La riqueza de este grupo es baja, si se considera el índice de Margalef, de 0.96. En el **Cuadro V:9**, se presenta el procedimiento numérico para el cálculo de los índices de Shannon y de Simpson.

Cuadro V:9. Cálculo de los índices de Shannon y Simpson para el grupo de los reptiles.

Especie	Núm. Ind.	pi	Lnpi	pi.Lnpi	pi^2
<i>Anolis sagrei</i>	2	0.25	1.38629436	0.34657359	0.0625
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	5	0.62571429	0.46886142	0.29337329	0.39151837
<i>Ctenosaura similis</i>	1	0.12571429	2.07374352	0.26069919	0.01580408
Total	8			0.90064607	0.46982245

Por otra parte, la síntesis de los indicadores de diversidad para el grupo de los reptiles, se presenta en el **Cuadro V:10.**

Cuadro V:10. Indicadores de diversidad de reptiles en el predio.

Indicador	Valor
Riqueza específica	3

⁶⁴ Margalef. R. 1995. Ecología. Omega. Barcelona, España.

Indicador	Valor
Índice de diversidad Shannon	0.90
Índice de diversidad Simpson (1-D)	0.53
Índice de riqueza Margalef	0.96
Equidad	0.82

- Anfibios

El grupo de los anfibios presentó bajos niveles de diversidad. En el **Cuadro V:11**, se presenta el procedimiento numérico para el cálculo de los índices de Shannon y de Simpson, aplicado para el estudio.

Cuadro V:11. Procedimiento numérico para el cálculo de los índices de Shannon y Simpson para el grupo de los anfibios.

Especies	Abundancia	pi	Lnpi	pi*Lnpi	pi^2
<i>Smilisca baudinii</i>	1	0.50285714	0.68744916	0.34568872	0.25286531
<i>Incilius valliceps</i>	1	0.50285714	0.68744916	0.34568872	0.25286531
Suma	2			0.69137744	0.50573061

En relación a los indicadores, en el **Cuadro V:12** se presenta la síntesis de ellos para el grupo de los anfibios.

Cuadro V:12. Indicadores de diversidad de anfibios en el predio.

Indicador	Valor
Riqueza	2
Shannon	0.69
Simpson (1-D)	0.49
Margalef	1.44
Equidad	1.00

Los resultados anteriores indican que la riqueza de especies es baja si se compara con la de los otros grupos, el índice de diversidad de Shannon es bajo, el complemento del índice de Simpson (1-D) es medio, lo que indica una alta equidad en la comunidad de anfibios. Esto se confirma si se considera el índice de equidad de 1, que indica que dicha comunidad presenta la mayor equidad posible entre las especies detectadas en los transectos. La riqueza es baja, ya que el índice de Margalef tiene un valor de 1.44 y que valores por debajo de 2 se consideran bajos según Margalef (Op. Cit).

- Mamíferos

El grupo de los mamíferos presentó los menores niveles de diversidad entre los grupos analizados, de acuerdo a los indicadores calculados para el análisis. En el **Cuadro V:13**, se

presenta el procedimiento numérico para el cálculo de los índices de Shannon y de Simpson, para el grupo de los mamíferos.

Cuadro V:13. Procedimiento numérico para el cálculo de los índices de Shannon y Simpson para el grupo de los mamíferos

Especie	Abundancia	pi	Lnpi	pi*Lnpi	pi^2
<i>Didelphis virginiana</i>	2	0.66666667	0.40546511	0.27031007	0.44444444
<i>Peromyscus mexicanus</i>	1	0.3352381	1.09291427	0.3663865	0.11238458
Suma	3			0.63669657	0.55682902

Los indicadores se presentan en el **Cuadro V:14**. Estos indicadores muestran un bajo índice de Shannon (0.64), un alto nivel de equidad a juzgar por el complemento del índice de Simpson (1-D) y por el índice de equidad. En cuanto a la riqueza específica, según el criterio de Margalef (Op. Cit), ésta se considera baja, ya que su valor es menor de 2.00.

Cuadro V:14. Indicadores de diversidad de mamíferos en el predio.

Indicador	Valor
Riqueza	2
Shannon	0.64
Simpson (1-D)	0.44
Margalef	0.91
Equidad	0.92

V.6.1.4 Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Se encontraron 4 especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas especies, 3 pertenecen al grupo de las aves, de éstas, a su vez dos son de la familia Psittacidae y una de la familia Tinamidae. Una especie pertenece al grupo de los reptiles, específicamente de la familia Iguanidae. El **Cuadro V:15**, muestra la relación de estas especies.

Cuadro V:15. Relación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría
Aves	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frentiblanco	Pr
	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pecho sucio	Pr
	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú canelo	Pr
Reptiles	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada espinosa	A

Estas especies, aunque revisten una importancia ecológica considerable, se encuentran bien distribuidas y representadas en la microcuenca Cancún, en la que se encuentra el predio del proyecto. A pesar de ello, las áreas verdes del proyecto, así como las demás

medidas de mitigación de impactos propuestas en el capítulo X del presente Documento Técnico Unificado, serán suficientes para aumentar las probabilidades de su permanencia en el sitio y reducir el impacto en sus poblaciones.

V.6.2 Conclusiones generales del estudio de fauna

En relación a lo analizado anteriormente, se concluye que la comunidad faunística del sitio de estudio (predio), es baja si se compara con los indicadores de la microcuenca Cancún y de zonas de mayor conservación en ésta. Esto se explica por el hecho de que el predio presenta una vegetación de tipo secundario arbustivo, es decir un estadio sucesional medio-temprano con perturbación en el mediano plazo, lo que ha implicado la colonización progresiva de animales en la zona, sin llegar aún a niveles característicos de zonas mejor conservadas como las de vegetación secundaria arbórea o vegetación en nivel de clímax sucesional. Lo anterior se sustenta en el hecho de que, mientras avanza la sucesión vegetal, los cambios en la estructura y composición de la vegetación producen cambios en la vida animal que depende de la vegetación como hábitat. Ciertos grupos de especies están asociadas con la estructura de la vegetación encontrada durante cada estadio en la sucesión (Smith y Smith, 2007).

En el **Cuadro V:16**, se presenta una síntesis de los resultados anteriores, en la que se muestra que, el grupo más diverso es el de las aves, seguido del de reptiles y anfibios. El grupo de los mamíferos fue el que presentó menores niveles de diversidad.

Cuadro V:16. Indicadores de diversidad de los cuatro grupos analizados en el estudio.

Indicador	Aves	Reptiles	Anfibios	Mamíferos	Total
Riqueza específica total	42	4	3	4	53
Riqueza específica*	40	3	2	2	47
Índice de diversidad Shannon	2.99	0.90	0.69	0.64	
Índice de diversidad Simpson (D-1)	0.93	0.53	0.49	0.44	
Índice de riqueza Margalef	5.84	0.96	1.44	0.91	
Equidad	0.81	0.82	1.00	0.92	

*Únicamente considera el número de especies encontradas en los muestreos

V.7 ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LA MICROCUENCA Y PREDIO

La microcuenca Cancún presenta seis tipos de vegetación primaria y cinco derivados de ésta; es decir de vegetación secundaria. De los cuales el 75% está representado por selva mediana subperennifolia, en estado sucesional primario y secundario. El predio en estudio se encuentra en la SMQ, en estado sucesional secundario, representando solo el 0.0001 %

de la superficie de la vegetación de SMQ de la microcuenca. En el **Cuadro V:17** se presenta las superficies que ocupa cada tipo de vegetación en el predio y microcuenca.

Cuadro V:17. Superficies por tipo de vegetación de la microcuenca y predio.

TIPO	Microcuenca (ha)	Predio (ha)	% del predio
SMQ	63,996.50	0	0
VSA/SMQ	48,765.15	13.82	0.0003
VSa/SMQ	84,101.45	9.08	0.0001
VSh/SMQ	2,583.48	5.10	0.0020
Total	199,446.58	28	0.0001

La SMQ en el predio y microcuenca se encuentra en estado sucesional intermedio con tendencias a estado tardío. Por otro lado, en la microcuenca el estrato arbóreo presentó los valores más altos de diversidad, riqueza y equidad, mientras en el predio, el estrato herbáceo presentó los valores más altos. Pero ambos coinciden en baja diversidad y riqueza en el estrato arbóreo. En el **Cuadro V:18** se indican los valores de riqueza y diversidad para el predio y la microcuenca Cancún. Ahora bien, las especies dominantes tanto en la microcuenca como en el predio coinciden, sin embargo la microcuenca presenta mayor diversidad; por ejemplo, las principales especies dominantes en los tres estratos del predio en son *Lysiloma latisiliquum*, *Vitex gaumeri*, *Ficus conotinifolia* y *Lonchocarpus rugosus*. En la microcuenca, *L. latisiliquum*, *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba*, *Vitex gaumeri* y *Nectandra salicifolia*. Por otra parte, cabe destacar las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en el predio se registraron solo *Thrinax radiata*, mientras en la microcuenca se registraron 16 especies, incluida *T. radiata*.

Cuadro V:18. Indicadores de diversidad florística de la microcuenca y el predio.

INDICADOR	PREDIO HUAYACÁN	ESTRATO	
		Arbóreo	Herbáceo
PREDIO HUAYACÁN			
No. especies	22	41	60
No. individuos	324	315	552
Índice de diversidad Shannon	1.48	3.02	3.47
Índice de diversidad Simpson	0.57	0.91	0.96
Equidad	0.48	0.81	0.77
Índice de riqueza Margalef	3.63	6.95	9.34
MICROCUEENCA CANCÚN			
Especies	89	112	104
No. individuos	1,299	1,075	1,014
Índice de diversidad Shannon	3.13	4.04	3.92
Índice de Simpson	0.90	0.97	0.97
Índice de Riqueza Margalef	12.27	15.9	14.88
Índice de Equidad	0.70	0.86	0.84

Respecto a la fauna, tanto en el predio como en la microcuenca el grupo aves presenta mayor diversidad y abundancia. En contraste, los grupos mamíferos y anfibios son los menos diversos en el predio, mientras en la microcuenca los grupos reptiles y anfibios son

los más bajos. Sin embargo, la microcuenca presenta valores de riqueza y diversidad dos veces más altos que el predio, los valores se presentan en el **Cuadro V:19**. El predio y la microcuenca presentan especies abundantes características de zonas fragmentadas, lo que es coherente con el estado de conservación. Finalmente, la microcuenca Cancún registró 80 especies protegidas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 y el predio solo cuatro, las cuales se distribuyen también en la microcuenca.

Cuadro V:19. Indicadores de diversidad faunística de la microcuenca y el predio.

Indicador	GRUPO			
	Aves	Reptiles	Anfibios	Mamíferos
PREDIO				
Riqueza específica total	42	4	3	4
Riqueza específica*	40	3	2	2
Índice de diversidad Shannon	2.99	0.90	0.69	0.64
Índice de diversidad Simpson (D-1)	0.93	0.53	0.49	0.44
Índice de riqueza Margalef	5.84	0.96	1.44	0.91
Equidad	0.81	0.82	1.00	0.92
*Únicamente considera el número de especies encontradas en los muestreos				
MICROCUENCA				
Número de especies	329	37	11	56
Número de individuos	4,692	199	38	214
Índice de diversidad Simpson (D-1)	0.99	0.77	0.869	0.96
Índice de diversidad Shannon-Wiener	5.09	2.23	2.21	3.66
Índice de riqueza Margalef	38.80	6.80	2.75	10.25
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.88	0.65	0.91	0.91

En conclusión, el predio se encuentra en la vegetación secundaria derivada de la SMQ de la microcuenca Cancún, tanto el predio y la microcuenca presenta estado sucesional intermedio con tendencias a tardío, además las especies dominantes por estrato en el predio, coinciden con las de la microcuenca. Sin embargo, la microcuenca presenta dos veces más diversidad y riqueza que el predio, tanto florística como faunística.

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

La estimación de volumen de las especies forestales dentro del predio “Ciudad Huayacán”, se llevó a cabo en las siguientes etapas: estimación del tamaño de muestra, inventario forestal, estimación de las variables dasométricas y análisis de confiabilidad de la estimación, cada una de las cuales se describe con detalle a continuación.

VI.1 TAMAÑO DE MUESTRA

La determinación del tamaño de muestra se llevó a cabo mediante un modelo estadístico que requiere la estimación del coeficiente de variación de una variable de interés de la población a muestrear. De tal forma que fue necesario llevar a cabo una prueba piloto para la obtención de dicho parámetro estadístico a partir de la variable de interés, en este caso el área basal, debido a la rapidez y facilidad de su estimación. Una vez obtenidos los parámetros de la prueba piloto se calculó el tamaño mínimo de muestra mediante el siguiente modelo estadístico:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

Donde:

n =número de unidades muéstrales

E =error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro

t =valor que se obtiene de las tablas de “ t ” de Student, generalmente se usa $t=0.05$

N =total de unidades muéstrales en toda la población

CV =coeficiente de variación

Con base en el modelo estadístico mencionado, se obtuvo el tamaño mínimo de muestra (27 sitios) por lo cual se levantaron 28 sitios en una superficie total de 28 ha; es decir, la intensidad de muestreo fue 5.00 %. Por tanto, se infiere que la muestra representa la superficie total del predio (**Cuadro VI:1**).

Cuadro VI:1. Variables para la estimación del tamaño de muestra.

Variable para la estimación	Valores
Valor de t (n-1)	1.7033
Coeficiente de variación	0.91
Número de sitios levantados (n)	28
Error de muestreo establecido (%)	5
Tamaño de muestra mínima	27

VI.2 Inventario forestal

El diseño de muestreo fue simple aleatorio (**Figura VI:1**) el cual se basa en el supuesto de que los puntos de muestreo de toda la población, se eligen de tal forma, que cualquier combinación de n unidades, tenga la misma oportunidad de ser seleccionada. Se lleva a cabo seleccionando cada unidad al azar e independientemente de cualquier unidad previamente obtenida (Bautista-Zúñiga *et al.*, 2004)⁶⁵.

Por otro lado, cabe mencionar que inicialmente se había considerado una superficie mayor a 28 ha para cambio de uso de suelo, razón por la cual inicialmente se levantaron 33 sitios. Sin embargo, al cambiar la superficie se descartaron los puntos de muestreo que se encontraban fuera del nuevo polígono; es decir, los sitios 15, 20, 21, 24 y 25 no se tomaron en cuenta para el análisis del presente capítulo.

El levantamiento de vegetación consistió en la identificación de un punto de muestreo, este punto sirvió como centro de tres sitios circulares. El punto inicial se ubicó con dirección al norte, a partir de éste se marcaron los individuos a favor de las manecillas del reloj, del mismo modo para los resto de los sitios.

El primer sitio tuvo como objetivo registrar las características dasométricas del arbolado con diámetro normal mayor o igual a 10 cm; en una radio de 12.6 m, por tanto superficie de 500 m². Mientras, el segundo sitio, con superficie de 100 m² y radio de 5.64 m, el objetivo principal fue registrar la regeneración natural del predio; es decir, los individuos con diámetro normal mayor o igual a 5 y menores a 10 cm. Finalmente, el tercer sitio contó con una superficie de 5 m² y radio de 1.26 m, el objetivo fue registrar las especies con diámetros menor o igual a 5 cm, también llamados briznales. Para cada sitio se registró, el número de

⁶⁵ Bautista-Zuñiga F., Cram-Heydrich S. y I. Sommer Cervantes. 2004. Capítulo 2. Suelos. 73-115 pp. En: Bautista-Zuñiga F., H. Delfin-Gonzalez, J.L. Palacio Prieto y M.C. Delgado-Carranza. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Autónoma de Yucatán. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Instituto de Ecología. 507 p.

individuos, altura total y diámetro normal, con la finalidad de obtener las variables de interés en un predio forestal (densidad, área basal y volumen).



Documento Técnico Unificado Modalidad A
Ciudad Huayacán

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Simbología

- Símbolo dentro del predio
- Símbolo fuera del predio
- Límite del predio

Datum: WGS 1984
Falso Este: 500,000.0000
Falso Norte: 0.0000
Meridiano central: -87.0000
Factor de escala: 0.9998
Latitud de origen: 0.0000
Unidades: Metros
Proyección: Transversal de Mercator
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte

Figura VI:1. Diseño de muestreo para el Inventario Forestal en el predio sujeto a cambio de uso de suelo.

VI.3 Variables dasométricas

Las variables dasométricas se calcularon con los individuos registrados en el estrato arbóreo; es decir, con 22 especies en 324 individuos igual o mayor a 10 cm de diámetro normal (**Figura VI:2**).

Los individuos registrados están dentro de las categorías de altura 2.5 a 15, la categoría 10 es la mejor representada con 173. El individuo que presentó la altura mínima fue *Ficus cotinifolia*, comúnmente llamado Alamo, con altura de 2.2 m y diámetro de 10 cm. En contraste, Chechem (*Metopium brownei*) es el individuo con la altura máxima registrada, 15 m.

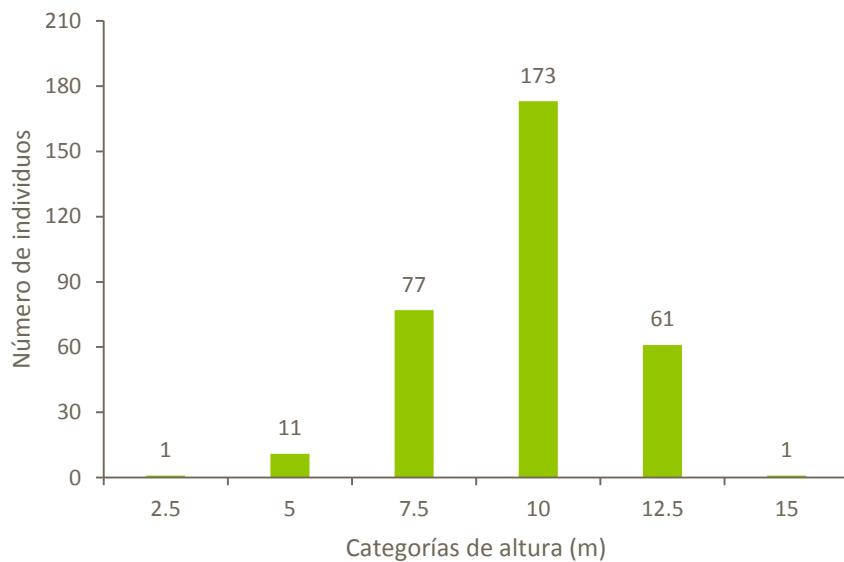


Figura VI:2. Categorías de altura registradas en el predio sujeto a cambio de uso de suelo.

Por otra parte, los individuos presentan diámetros entre las categoría diamétrica 10 a 45 cm, las categorías diamétricas mejor representadas son 10 y 15 con 120 y 137 individuos; en cambio las categorías 40 y 45 presentan un individuo. Los individuos con los diámetros máximos son *Sabal yapa* (Huano) con 44.56 y 37.88 cm. Cabe mencionar que estos últimos no se toman para el cálculo del volumen, debido a que son especies forestales no maderables (**Figura VI:3**).

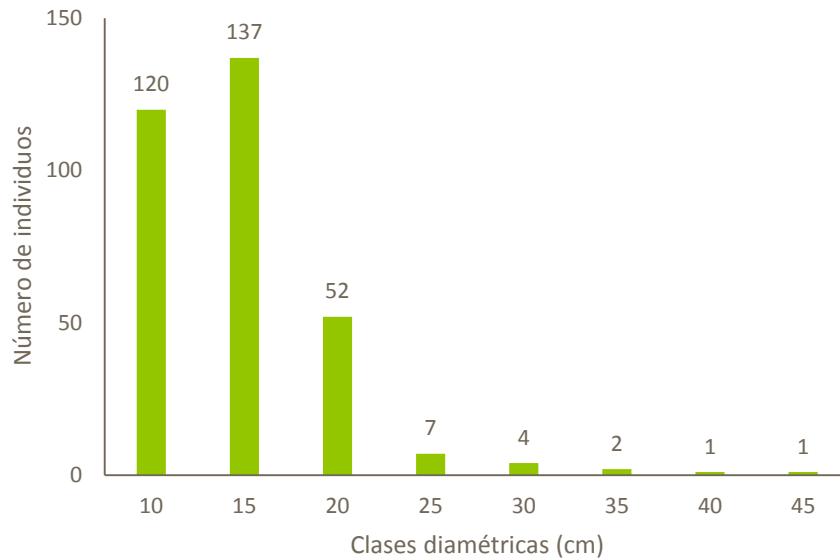


Figura VI:3. Categorías diamétricas registradas en el predio sujeto a cambio de uso de suelo.

VI.3.1 Densidad

La densidad es el número de individuos por unidad de área (Smith y Smith, Op. Cit.), de tal forma que la densidad se obtuvo con el número de individuos registrados en el muestreo, posteriormente, extrapolando a hectáreas y a la superficie del predio. Cabe destacar que la ocupación del sitio depende también del tamaño de los individuos. Así, un número constante de árboles por unidad de superficie, representará diversos grados de ocupación del sitio y de densidad dependiendo del tamaño de los árboles (Cancino, Op. Cit.). Por tanto, además de la densidad, se presentan las categorías de altura y diámetro de los individuos registrados.

En el predio se registraron 324 individuos en 22 especies, equivalente a 231 individuos por hectárea y 6,480 en las 28 hectáreas del predio (**Cuadro VI:2 y Figura VI:4**). Por otro lado, las especies que cuentan con el mayor número de individuos son *Lysiloma latisiliquum*, *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia* y *Metopium brownei*; mientras el resto de las especies registraron menos de 10 individuos.

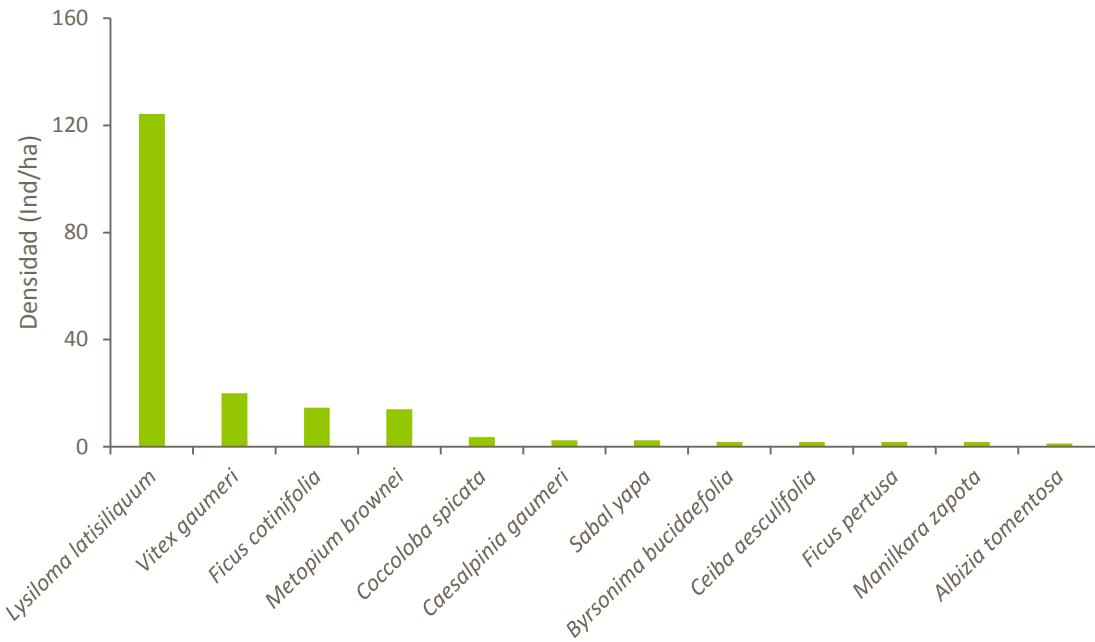


Figura VI:4. Especies con el mayor número de individuos registrados en el predio.

Cuadro VI:2. Densidad por especie a nivel hectárea y predio.

Especie	No. individuos	Densidad (Ind/ha)	Densidad (Ind/28 ha)
<i>Albizia tomentosa</i>	2	1.43	40
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.71	20
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3	2.14	60
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4	2.86	80
<i>Calyptanthes pallens</i>	1	0.71	20
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.71	20
<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	2.14	60
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.71	20
<i>Coccoloba spicata</i>	6	4.29	120
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.71	20
<i>Diphypha carthagrenensis</i>	2	1.43	40
<i>Erythroxylum areolatum</i>	1	0.71	20
<i>Ficus cotinifolia</i>	24	17.14	480
<i>Ficus pertusa</i>	3	2.14	60
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.71	20
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.71	20
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	205	146.43	4,100
<i>Manilkara zapota</i>	3	2.14	60
<i>Metopium brownei</i>	23	16.43	460
<i>Sabal yapa</i>	4	2.86	80
<i>Thrinax radiata</i>	1	0.71	20

Especie	No. individuos	Densidad (Ind/ha)	Densidad (Ind/28 ha)
<i>Vitex gaumeri</i>	33	23.57	660
Total	324	231	6,480

Por otra parte, el número de individuos por hectárea se estimó en 231, entre límite superior de 234 y límite inferior de 229, con varianza de 51 y error estándar de 1.35; lo anterior indica que la estimación es confiable, debido a los estrechos límites y el bajo error estándar (**Cuadro VI:3**).

Cuadro VI:3. Densidad por especie a nivel hectárea y predio.

Parámetros	Valor
Densidad por hectárea	231
Varianza	51
Límite superior	234
Límite inferior	229
Error estándar	1.35

VI.3.2 Área basal

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste a la altura del pecho de todos los árboles por unidad de superficie (Ugalde, 1981)⁶⁶. El área basal se obtuvo inicialmente por individuo, una vez obtenido por individuo se extrapoló a nivel hectárea. La estimación del área basal por individuo se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \pi * r^2$$

Donde:

AB = Área basal

$\pi = 3.1416$

r = Radio

El área basal en el predio es de 5.13 m²/ha, equivalente a 143.71 m² en las 28 hectáreas del predio. La especie que contribuye de manera significativa, más del 50% del total, es *Lysiloma latisiliquum* con 3.42 m²/ha, siguiéndole *Vitex gaumeri* (0.44), *Sabal yapa* (0.34), *Ficus cotinifolia* (0.32) y *Metopium brownei* (0.26), el resto de las especies presentan menos del 1 m²/ha (**Cuadro VI:4 y Figura VI:5**).

⁶⁶ Ugalde L.A. 1981. Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 22 p.

Cabe destacar que *Lysiloma latisiliquum*, comúnmente llamada Tzalam, es de las principales especie en volúmenes aprovechados y con demanda creciente en la Península de Yucatán (Forster *et al.*, 2002)⁶⁷.

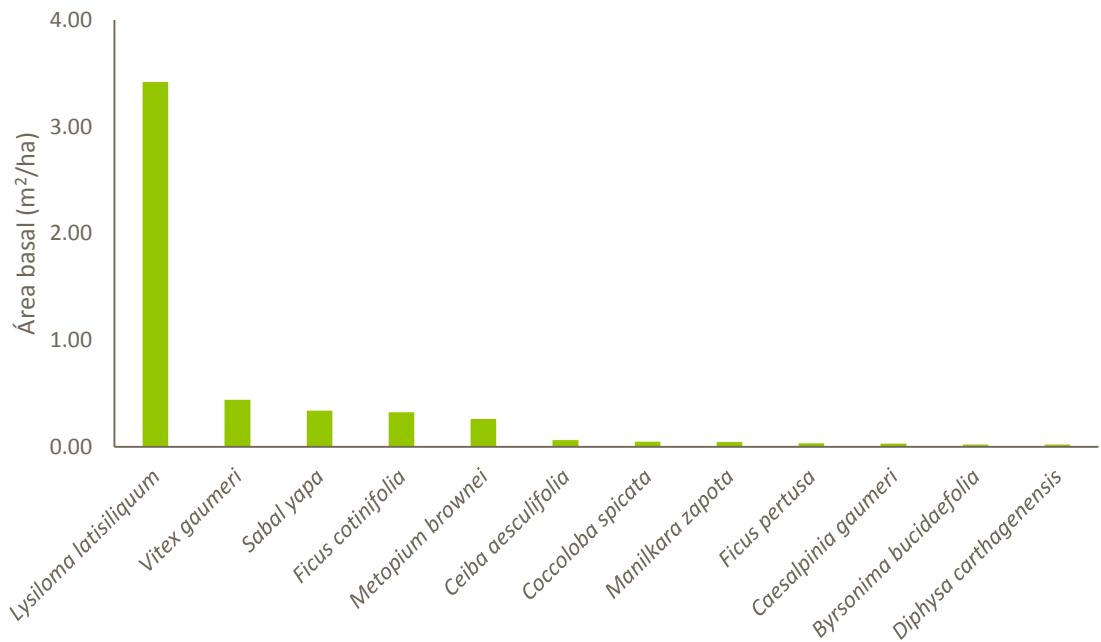


Figura VI:5. Especies con mayor área basal en el predio.

Cuadro VI:4. Área basal de especie por hectárea y predio.

Especie	AB	AB (m ² /ha)	AB (m ² /28 ha)
<i>Albizia tomentosa</i>	0.018403	0.013	0.36
<i>Bursera simaruba</i>	0.015406	0.011	0.31
<i>Byrsinima bucidaeifolia</i>	0.029226	0.021	0.59
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.039408	0.028	0.78
<i>Calyptanthes pallens</i>	0.018335	0.013	0.36
<i>Cecropia peltata</i>	0.012416	0.009	0.25
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.085100	0.061	1.71
<i>Coccobla diversifolia</i>	0.010602	0.008	0.22
<i>Coccobla spicata</i>	0.066549	0.048	1.34
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.009472	0.007	0.20
<i>Diphysa carthagrenensis</i>	0.026818	0.019	0.53
<i>Erythroxylum areolatum</i>	0.008931	0.006	0.17
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.452171	0.323	9.04
<i>Ficus pertusa</i>	0.044981	0.032	0.90
<i>Gliricidia sepium</i>	0.016474	0.012	0.34

⁶⁷ Forster R., H. Albrecht, M. Belisle, A. Caballero, H. Galletti, O. Lacayo, S. Ortiz y D. Robinson. 2002. Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. Universidad de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 158 p.

Especie	AB	AB (m ² /ha)	AB (m ² /28 ha)
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.018335	0.013	0.36
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.785544	3.418	95.70
<i>Manilkara zapota</i>	0.06179	0.044	1.23
<i>Metopium brownei</i>	0.364802	0.261	7.31
<i>Sabal yapa</i>	0.472028	0.337	9.44
<i>Thrinax radiata</i>	0.012732	0.009	0.25
<i>Vitex gaumeri</i>	0.616387	0.440	12.32
Total	7.186	5.133	143.71

La estimación del área basal por hectárea está representada por 5.06 m² con un límite superior de 8.73 y límite inferior de 1.39, varianza de 0.02 y error estándar de 2.17 (**Cuadro VI:5**).

Cuadro VI:5. Confiabilidad de la estimación del área basal por hectárea

Parámetros	Valor
Área basal por hectárea	5.06
Varianza	0.02
Desviación estándar	0.12
Límite superior	8.73
Límite inferior	1.39
Error estándar (%)	2.17

VI.3.3 Volumen

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. Entiéndase madera como parte sólida de los árboles por debajo de la corteza, formada por un conjunto de elementos lignificados, lo mismo tráqueas o traqueidas. En sentido estricto, en cuanto al período de su formación, toda suerte de tejido secundario producido por el cambium hacia el interior del mismo (García-Esteban *et al.*, 2003)⁶⁸. Con base en lo anteriormente mencionado, se estima el volumen para las especies forestales maderables. Mientras para las especies forestales no maderables (Ej. *Sabal* sp., *Beaucarnea* sp., *Coccothrinax* sp. etc.) se estima sólo la densidad y área basal.

La metodología para la estimación de volumen total de las especies forestales maderables se obtuvo mediante las ecuaciones generadas en el Inventario Estatal Forestal de Campeche 1985 (IEFC). El modelo estadístico utilizado para generar las ecuaciones fue el siguiente:

$$Volumen = \text{Exp}[C_0 + C_1 \log(D) + C_2 \log(HT)]$$

⁶⁸ García-Esteban L., A. Guindeo-Casasus, C. Peraza-Oramas y P. de Palacios de Palacios. 2003. La madera y su anatomía. Muni-Prensa. 330 p.

Donde

C_0, C_1, C_2 = Coeficientes de regresión

D = Diámetro Normal

HT = Altura Total

\log = Logaritmo natural

Además, con la finalidad de tener una estimación precisa, el IEFC dividió las especies en 13 grupos botánicos, para cada grupo se generó una ecuación y tabla de volumen. Asimismo, para las especies que no se generaron las tablas, se estima el volumen mediante las ecuaciones del estado de Chiapas (**Cuadro VI:6**).

Cuadro VI:6. Ecuaciones para el cálculo de volumen de especies forestales. Fuente: *Inventario Forestal del Estado de Campeche.*

GRUPO BOTÁNICO	ECUACIÓN
I Cedro	$VOL = EXP(-9.64583328+1.79389367LOD(D)+1.03915044LOG(HT))$
II Caoba	$VOL= EXP(-10.06001321+1.98160359LOD(D)+1.03695598LOG(HT))$
III Ox	$VOL = EXP(-9.53415154+1.85980581LOD(D)+0.96989346LOG(HT))$
IV Chicozapote	$VOL = EXP(-9.84923104+1.91175328LOD(D)+1.04555238LOG(HT))$
V Jobo	$VOL = EXP(-9.88284891+1.92178549LOD(D)+1.04714889LOG(HT))$
VI Anona de Llano	$VOL= EXP(-10.09141259+1.93246219LOD(D)+1.06194865LOG(HT))$
VII Box cheche	$VOL = EXP(-9.98357915+1.95005045LOD(D)+1.05153755LOG(HT))$
VIII Manzanillo	$VOL = EXP(-8.81312542+1.56449274LOD(D)+1.08361129LOG(HT))$
IX Chaca	$VOL = EXP(-9.60981068+1.82854720LOD(D)+1.01082458LOG(HT))$
X Tzalam	$VOL = EXP(-9.56438150+1.82330416LOD(D)+1.01741981LOG(HT))$
XI <i>Pseudobombax ellipticum</i>	$VOL = EXP(-9.52774573+1.76329569LOD(D)+1.08168791LOG(HT))$
XII Jobillo	$VOL = EXP(-9.83322527+1.92412457LOD(D)+1.00970142LOG(HT))$
XIII Otras	$VOL = EXP(-9.41737421+1.76385327LOD(D)+1.04067809LOG(HT))$
III CHIS <i>Gymnopodium floribundum</i>	$VOL=EXP(-10.22400164+1.93392327LOD(D)+1.12044335 LOG(HT))$
XIV CHIS <i>Ceiba aesculifolia</i>	$VOL = EXP(-9.82944377+1.9060093 LOD (D)+1.04047533 LOG(HT))$

Con base en la metodología mencionada anteriormente, primeramente se dividieron las especies encontradas en el levantamiento de vegetación en los diferentes grupos botánicos para conocer la ecuación que le corresponde a IV, V, VIII, X, XI, XIII, XIV y XIV CHIS (**Cuadro VI:7**).

Cuadro VI:7. Ecuaciones para el cálculo de volumen por especie forestales

Grupo	Especies
IV	<i>Manilkara zapota</i>
V	<i>Bursera simaruba</i>
VIII	<i>Metopium brownei</i>
	<i>Caesalpinia gaumeri</i>
X	<i>Gliricidia sepium</i>
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
XI	<i>Ficus cotinifolia</i>
	<i>Ficus pertusa</i>
	<i>Albizia tomentosa</i>
	<i>Byrsinima bucidaefolia</i>
	<i>Calyptranthes pallens</i>
	<i>Cecropia peltata</i>
XIII	<i>Coccoloba diversifolia</i>
	<i>Coccoloba spicata</i>
	<i>Diospyros yucatanensis</i>
	<i>Diphysa carthagrenensis</i>
	<i>Erythroxylum areolatum</i>
	<i>Vitex gaumeri</i>
XIV	<i>Gymnopodium floribundum</i>
XIV CHIS	<i>Ceiba aesculifolia</i>

Por otra parte, cabe señalar que el volumen para los individuos de la clase diamétrica 5 (estrato arbustivo), no fueron estimados ya que las ecuaciones utilizadas para la estimación de volumen total árbol (VTA), para el estado de Campeche, se elaboraron para individuos dentro de las categorías de altura desde los 5 hasta los 45 m y clases diamétricas de 10 a 130 cm; en otras palabras, las ecuaciones sólo se pueden aplicar a los individuos dentro de los rangos de diámetros y alturas mencionados, por tanto **estimar el volumen de los individuos fuera de esos rangos sesga los resultados significativamente.**

El estrato arbóreo del predio Huayacán presenta volumen de 27.53 m³/ha; equivalente a 770.87 m³ en la superficie total, es decir, en 28 ha. En el mismo contexto, las especies que presentan el mayor volumen son *Lysiloma latisiliquum*, *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei* y *Ficus cotinifolia* en conjunto suman 25.95 m³ del total, lo anterior se visualiza en la **Figura VI:6**. Los valores estimados para cada especie se presentan en el **Cuadro VI:8**.

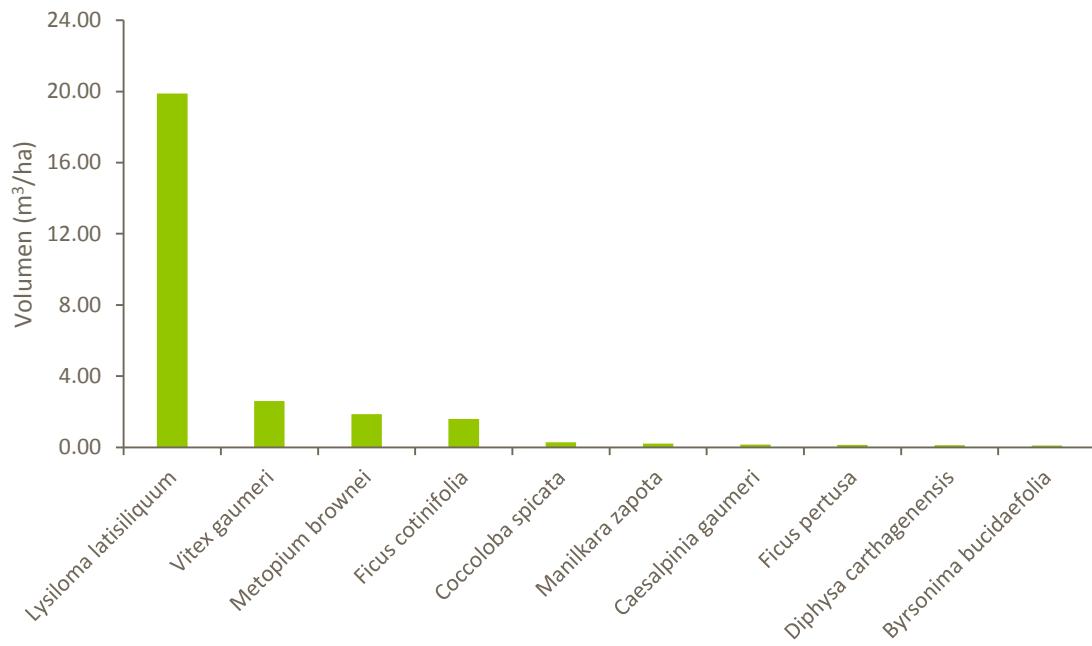


Figura VI:6. Especies con mayor volumen en el predio.

Cuadro VI:8. Ecuaciones para el cálculo de volumen de especies forestales.

Especie	VTA/ind	VTA (m³/ha)	VTA (m³/28 ha)
<i>Albizia tomentosa</i>	0.100816	0.072	2.016
<i>Bursera simaruba</i>	0.053176	0.038	1.064
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.146501	0.105	2.94
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.228101	0.163	4.564
<i>Calyptranthes pallens</i>	0.098109	0.070	1.96
<i>Cecropia peltata</i>	0.093849	0.067	1.876
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.13092	0.094	2.632
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.053539	0.038	1.064
<i>Coccoloba spicata</i>	0.383233	0.274	7.672
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.067519	0.048	1.344
<i>Diphysa carthagrenensis</i>	0.158192	0.113	3.164
<i>Erythroxylum areolatum</i>	0.040051	0.029	0.812
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.222719	1.588	44.464
<i>Ficus pertusa</i>	0.183494	0.131	3.668
<i>Gliricidia sepium</i>	0.076149	0.054	1.512
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.093359	0.067	1.876
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	27.843914	19.889	556.892
<i>Manilkara zapota</i>	0.307544	0.220	6.16
<i>Metopium brownei</i>	2.608225	1.863	52.164
<i>Vitex gaumeri</i>	3.650713	2.608	73.024
Total	38.54	27.53	770.87

El volumen por hectárea en el predio es 27.53 m³ con un estrecho rango de 27.21 a 27.85 y error estándar igual a 0.19 (**Cuadro VI:9**). Por tanto, existe alta confiabilidad en la estimación de la variable dasométrica volumen.

Cuadro VI:9. Confiabilidad de la estimación del volumen por hectárea

Parámetro	Valor
Volumen por hectárea	27.53
Varianza	0.98
Desviación estándar	0.99
Límite superior	27.85
Límite inferior	27.21
Error estándar	0.19

VII PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

El predio Ciudad Huayacán que se sujeta a autorización en materia forestal y de impacto ambiental, planea ejecutar el cambio de uso de suelo en un plazo de 10 años a partir de la autorización del proyecto. Además, cabe señalar que durante dicho periodo se aplicarán las medidas de mitigación propuestas en el presente Documento Técnico Unificado.

En el **Cuadro VII:1** se presentan las actividades y el plazo de ejecución para cada una. El primer año consiste principalmente en las actividades de urbanización llevadas a cabo por el promovente, las cuales incluyen la capacitación de empleados, instalación de letrinas portátiles, delimitación topográfica, marcaje de plantas a recatar, selección e instalación del vivero; posteriormente con el rescate de flora y fauna, y a la par con el desmonte y despalme. Cabe destacar que el rescate de flora y fauna, el desmonte y despalme se prevé una duración de 10 años, ya que dependerá de la venta de las manzanas.

Cuadro VII:1. Cronograma de actividades. El cuadro muestra las actividades planeadas para el desarrollo del proyecto, así como los plazos de ejecución para cada una.



A continuación se presenta la descripción de cada una de las actividades contempladas en el proceso de cambio de uso del suelo en el proyecto:

VII.1 CAPACITACIÓN DE PERSONAL

Con el objetivo de que el personal conozca las disposiciones ambientales de la obra y aquellas relacionadas con el cambio de uso del suelo se llevará a cabo un programa de capacitación al personal. El programa consistirá en pláticas informativas para el personal involucrado, en donde se abordarán temas como la importancia de la diversidad biológica existente en el predio, los problemas que se generan a partir del manejo inadecuado de los residuos, los efectos de la contaminación del agua y del suelo, así como la importancia de mantener buenos hábitos de limpieza e higiene en la zona de trabajo para la prevención de enfermedades y para la conservación de un ambiente de trabajo sano y digno, entre otros. Las pláticas podrán ser impartidas por el responsable de la obra o por la empresa encargada del seguimiento ambiental, quien en todo caso deberá verificar estas se lleven a cabo en tiempo y forma. Este programa se ejecutará de forma previa al inicio de las actividades y una vez cada seis meses en caso de que así se requiera.

VII.2 INSTALACIÓN DE LETRINAS PORTÁTILES

Se contratarán servicios de alquiler de una letrina por cada 25 trabajadores en obra, así como del vaciado, limpieza y conducción de los residuos a la planta de tratamiento correspondiente. Esta medida se implementará durante todo el proceso de cambio de uso del suelo, con el objetivo de evitar en su totalidad el fecalismo al aire libre.

VII.3 DELIMITACIÓN TOPOGRÁFICA

La delimitación topográfica consistirá en trazar y delimitar las superficies del predio en las que se llevará a cabo el cambio de uso de suelo. Para ello, se emplearán cintas plásticas para acordonar las áreas que serán conservadas e incorporadas al diseño del proyecto, así como identificar las áreas que serán desmontadas. Dicha delimitación topográfica, se realiza mediante dos cuadrillas de tres integrantes cada una, formadas por un topógrafo y dos cadeneros; quienes llevan consigo una estación total, estadales de prisma, estacas, trompos, clavos pintura y cordón.

El levantamiento se realiza partiendo de un banco de nivel previamente establecido, de ahí se “tiran” las líneas perimetrales y se van marcando cadenamientos a cada 10 m, hasta cerrar el polígono. Para el levantamiento de los niveles topográficos, se realiza una cuadricula a cada 10 m en ambos sentidos, y transportando el banco de nivel para lograr visión de todos los puntos, una vez levantado todo el terreno, se baja la información de la estación total en el sistema y se crean las curvas de nivel, a partir de las cuales se parte para

el cálculo de los niveles de rasantes. Esta actividad se realizará durante el primer mes del proyecto a partir de su autorización.

VII.4 MARCAJE DE PLANTAS A RESCATAR

Esta actividad consiste en llevar a cabo recorridos dentro del predio con el fin de seleccionar las especies presentes que son susceptibles a ser rescatadas, y en su caso, las especies que deberán ser eliminadas dada su condición de invasoras; como es señalado en el Programa de Rescate de Vegetación. Para tal fin el programa en comento señala la densidad de rescate por especie, tomando en cuenta las especies identificadas, los criterios de selección y abundancia en el sitio; así como el área solicitada para cambio de uso de suelo en terreno forestal (CUSTF). Esto con el fin de que la comunidad de individuos rescatados represente adecuadamente a la comunidad original del predio. Por otro lado, serán identificadas aquellas especies que guarden relación con las comunidades de fauna presentes en el predio con el fin de conservar estas interacciones, por lo que se tomará en cuenta si la especie es forrajera, melífera, o si da frutos comestibles.

Los criterios a seguir para hacer la selección de especies son los siguientes:

1. La especie está incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 con alguna categoría de protección (Importancia legal).
2. La especie representa una fuente de alimento o hábitat para la fauna local por lo que el rescate de la misma contribuye a la conservación de las poblaciones de animales silvestres (Importancia ecológica).
3. La especie es importante desde el punto de vista estético o de ornato y por lo tanto es susceptible de ser incorporada al proyecto (Importancia ornamental).
4. La especie no es exótica invasora, no es introducida y no constituye competencia alguna para las especies de flora nativa.
5. La especie no se asocia a la presencia de plagas, ya sea de insectos o cualquier especie de fauna nociva.

Las actividades de identificación y marcaje de plantas a rescatar tendrán una duración aproximada de dos meses.

VII.5 SELECCIÓN E INSTALACIÓN DEL VIVERO

Para la ejecución del Programa de Rescate de Vegetación, será necesario llevar a cabo la conformación del vivero provisional en el que serán resguardados los individuos a rescatar, el cual se localizará en el lote del predio cuyo uso de suelo es precisamente el de equipamiento para servicios y vivero, y deberá cumplir con las características que se describen en el programa de rescate con el fin de proporcionar las condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas. En el área donde se establecerá el vivero provisional se les brindará cuidado y mantenimiento a las plantas rescatadas dentro del predio.

La empresa contratada para llevar a cabo el rescate de las plantas será la encargada de delimitar el área y ejecutar el rescate de las especies susceptibles para destinarlas temporalmente al área asignada. Después de la delimitación, se continuará con el chapeo y la limpieza del sitio para el establecimiento del vivero, tomando en cuenta que si la sombra no es suficiente para todos los individuos se colocará malla sombra. Cabe destacar que antes de iniciar con el rescate se asegurará la disponibilidad de agua para el riego de las plantas rescatadas, por lo que se realizará la colocación de tinacos en el lugar.

La selección y limpieza del sitio para el vivero se realizará dentro de los cuatro primeros meses contados a partir de la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo.

VII.6 RESCATE DE VEGETACIÓN

El rescate de vegetación se llevará a cabo de acuerdo a las técnicas y métodos establecidos en el Programa de Rescate y reubicación de la Vegetación, así mismo se les dará el manejo establecido para sembrarlo en bolsas plásticas y posteriormente llevar a cabo el traslado al sitio de acopio temporal. Después se les dará el mantenimiento y cuidados establecidos hasta el momento de su reforestación.

VII.7 RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA

En general los procedimientos para la protección y rescate de la fauna que habita en el predio, estarán encaminados a la aplicación de técnicas no agresivas, ya que el predio cuenta con vegetación colindante similar a la que actualmente presenta el terreno.

Sin embargo, el uso de mecanismos para la captura, está exceptuado únicamente en casos particulares y aislados o para aquellas especies que por su tamaño, condiciones físicas, edad, entre otros factores, sea poco efectivo o inviable el ahuyentamiento. Por tanto, las acciones a llevar se limitarán mayormente al ahuyentamiento de la fauna de todos los

grupos (con énfasis a aquellas en alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010) a través de recorridos en la zona provocando la huida de la fauna, pues ante la presencia o actividad humana y el ruido los mismos individuos se desplazarán inmediatamente a áreas más seguras. La metodología se detalla en el programa de rescate de fauna. Para el caso de los organismos que por alguna circunstancia queden expuestos y no puedan ser ahuyentados, es decir, aquellos que permanezcan inmóviles y/o lejos del suelo rocoso donde puedan resguardarse, su captura podrá ser de forma indirecta con el uso de herramientas adecuadas como redes, mallas, ganchos etc.; y posteriormente serán reubicados en las zonas destinadas y asignadas en dicho programa.

VII.8 MANTENIMIENTO DE PLANTA EN VIVERO

Esta fase consiste en el mantenimiento de las plantas rescatadas en el vivero instalado provisionalmente, dentro de las actividades contempladas se encuentran el riego de plantas, y fertilización con abonos orgánicos principalmente. Para tal fin se tiene contemplado un periodo de 10 años, a la par que el rescate de la vegetación.

VII.9 DESMONTE Y DESPALME

El desmonte consiste en el retiro de la vegetación que exista en los terrenos donde realizará la urbanización del sitio y donde, posteriormente se realizará la construcción en las manzanas. Por otra parte, el despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial del suelo, que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de los edificios. Esta actividad se realizará de forma paralela a la de desmonte.

Estas actividades se ejecutarán de forma inmediata a la conclusión de los primeros trabajos de rescate de flora y fauna. Retomando lo señalado en el segundo capítulo del presente documento, en particular lo referente al programa de trabajo, se tiene que el cambio de uso de suelo (desmonte y despalme) se llevará a cabo en dos fases. La primera consta de cuatro meses y contempla la remoción de la vegetación en la superficie que será ocupada por vialidades y en donde es necesaria la instalación de los servicios de agua, alcantarillado y luz. La segunda fase de cambio de uso de suelo, cuyo inicio se llevará a cabo en el segundo año, es decir, al finalizar la primera etapa, tendrá una duración de nueve años, debido a que corresponde a la superficie de las manzanas donde la remoción de la cobertura vegetal se encuentra en función de la venta y ocupación de los mismos. A razón de lo anterior, se tiene que el cambio de uso de suelo se llevará a cabo en 10 años. Esta actividad será realizada con tractores tipo bulldozer Caterpillar D8L o similar, auxiliados por métodos manuales, apilando el producto del despalme y desmonte en un sitio preestablecido, para su posterior

trituración, cribado, tendido, y aprovechamiento por y para tierra vegetal en donde se ubicarán los jardines y evitando la carga mecánica y acarreo fuera del sitio de la obra de este tipo de material.

VII.10 APROVECHAMIENTO DE MATERIAL DE DESMONTE

De las actividades de desmonte y despalme en la superficie autorizada para el cambio de uso de suelo en terreno forestal, se obtendrá material vegetal y material terroso, los cuales serán separados de forma mecánica y manual según las necesidades.

El material terroso será cribado mecánicamente, el resultado será tierra de buena calidad para la conformación de áreas verdes o relleno de zanjas requeridas para la instalación de los sistemas de drenaje pluvial, sanitario, redes de suministro de energía eléctrica y agua potable. Para su almacenamiento antes de su utilización en la etapa de construcción, se delimitará un área dentro de la superficie de CUSTF, en donde será colocada la tierra y deberá cubrirse con una lona para evitar la dispersión.

El material vegetal será triturado, y se almacenará en el área destinada a la conformación del vivero en donde se conservarán las plantas rescatadas. Este material triturado, será utilizado junto con el material terroso para la conformación de áreas verdes y será utilizado como mejorador de suelo en el mantenimiento de áreas verdes durante la etapa de operación del proyecto.

VII.11 MANEJO DE RESIDUOS

Los residuos sólidos urbanos se sujetarán a un Plan de Manejo de Residuos, anexo en el presente documento. Además durante la etapa de construcción, se establecerán tambores de 200 L de capacidad para el depósito temporal de los residuos sólidos urbanos que se generen en la obra. Estos tambores deberán estar etiquetados para señalar la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos y provistos de tapa para evitar su reboce y malos olores. Periódicamente, de acuerdo a su frecuencia de generación y a los tiempos establecidos por el Ayuntamiento, serán recolectados por el mismo o por alguna empresa concesionada.

Por otra parte, los residuos de manejo especial, tales como residuos de la construcción, se sujetarán al plan de manejo de residuos, conforme a lo establecido en la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo. En términos generales, estos residuos consisten en la mezcla de residuos sólidos propios de la construcción y que está formada por restos de mezcla, pedacería de block, bolsas de papel,

pedacería de alambre, PVC, hierro, cartón, madera, etc. Este material se acumulará en zonas previamente definidas al interior del predio y dos veces por semana se retirará del predio con destino a alguna de las áreas de acopio de este material en el Municipio empleando para ello volquetes sindicalizados. No se tiene una estimación del volumen de escombro que se generará. Para el caso de la generación de residuos peligrosos en la obra, tales como tierras contaminadas con aceites lubricantes o hidráulicos de maquinarias, y equipos de transporte, así como trapos y recipientes impregnados con los mismos, se establecerá un almacén temporal de los mismos, diseñado de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

VII.12 URBANIZACIÓN

La actividad consiste en la construcción de las vialidades; construcción de banquetas y guarniciones; obras para la instalación de servicios de agua, los cuales incluyen los pozos para el drenaje pluvial, la red de drenaje sanitario y la red de agua potable; la red de distribución de energía eléctrica, la instalación de luminarias, entre otros. En dicho periodo no se llevará a cabo remoción de vegetación y se llevará a cabo durante el primer año de actividades del presente programa, posterior se dará inicio la segunda fase.

VII.13 CONSTRUCCIÓN DE LAS MANZANAS.

La construcción de las manzanas consiste en la construcción de las viviendas que será responsabilidad de cada adquiriente, quien deberá sujetarse en las restricciones establecidas en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún en términos de los parámetros de intensidad de construcción, tales como el Coeficiente de Ocupación de Suelo y el Coeficiente de Uso del Suelo y frentes, fondos y laterales mínimos. Lote. La presente etapa contempla un plazo de nueve años, ya que está en función de la venta de las manzanas.

VIII VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con la Fracción XXXV del Artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 2005, **Tierras frágiles:** *Son aquéllas ubicadas en terrenos forestales o preferentemente forestales que son propensas a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural como consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal natural.*

Esta definición es muy general por lo que resulta ambigua y con base en ella se puede asumir que cualquier tipo de suelo puede considerarse como tierras frágiles, ya que el término hace referencia a la pérdida de la productividad natural del suelo a consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal, sin embargo, no especifica cuáles serían las características, los tipos, ni el grado de fragilidad de los suelos que pueden considerarse en este rubro. No obstante, para tener un marco de referencia que permita establecer el grado de fragilidad de los suelos presentes en el predio se llevó a cabo el cálculo de las tasas de erosión hídrica a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, cuyo proceso se describe a continuación:

De acuerdo con Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. (1978)⁶⁹ la erosión del suelo puede estimar con la siguiente ecuación:

$$E = R * K * LS * C * P$$

Dónde:

E = Erosión del suelo t/ha año.

R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

C = Factor de vegetación

P = Factor de prácticas mecánicas.

⁶⁹ Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture.

- Factor de erosividad R

Este factor se obtuvo a partir de las ecuaciones propuestas por Cortés (1991)⁷⁰, debido a que representan una forma válida y muy sencilla de calcular la erosividad con base en la precipitación media anual. Debido a que dicho autor considera al territorio nacional como 14 regiones de influencia pluvial se utilizó la ecuación correspondiente a la zona XI (**Cuadro VIII:1 y Figura VIII:1**)

Cuadro VIII:1. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia “R” en la República Mexicana (Cortés, 1991).

Zona	Ecuación	R ²
I	$R = 1.2078*P + 0.002276*P^2$	0.92
II	$R = 3.4555*P + 0.006470*P^2$	0.93
III	$R = 3.6752*P - 0.001720*P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559*P + 0.002983*P^2$	0.92
V	$R = 3.4880*P - 0.00088*P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847*P + 0.001680*P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334*P + 0.006661*P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967*P + 0.003270*P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458*P - 0.002096*P^2$	0.97
X	$R = 6.8938*P + 0.000442*P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745*P + 0.004540*P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619*P + 0.006067*P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427*P - 0.00108*P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005*P + 0.002640*P^2$	0.95

Dado que la precipitación media anual de la zona de estudio, de acuerdo con los datos de la estación 23155 Cancún, es de 1,331.48 mm/año, el factor R es igual a **13,074.36 Mj/ha mm/hr.**

⁷⁰ Cortés, T.H.G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 168 pp.

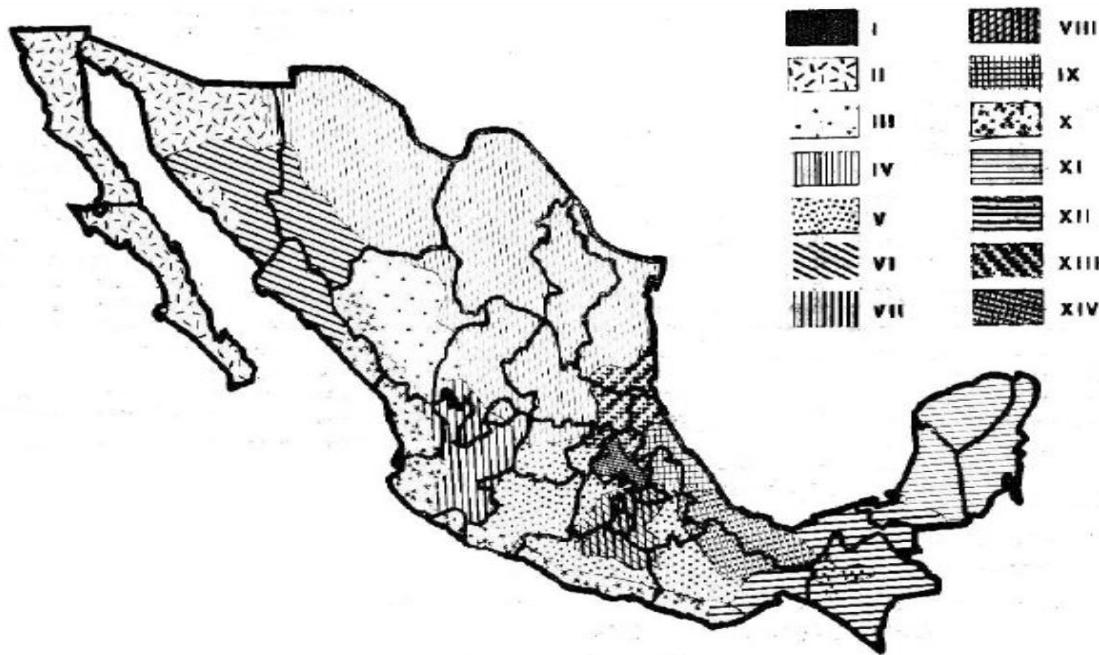


Figura VIII:1. Zonificación para aplicación de ecuaciones de erosividad de la precipitación. Fuente: Cortes (Op. Cit.).

- Factor de erosionabilidad del suelo K

La erosionabilidad del suelo (K), depende de sus características físicas, como la textura, su estructura, la cantidad de materia orgánica, entre otras. Con el fin de simplificar este cálculo, se han asignado valores a cada unidad de suelo según la clasificación (FAO, 1980), la cual coincide con las unidades de suelo identificadas en la Carta Edafológica del INEGI.

En el **Cuadro VIII:2** se muestran los valores correspondientes al factor K, según los tipos de suelo; en particular para el predio en cuestión, corresponde la unidad identificada con la clave I+E/2, que corresponde a una asociación de Litosol con Rendzina de textura media, por lo que para determinar el factor K, se tomará el promedio de los valores establecidos para cada uno de los tipos de suelo, por lo que el valor de erosionabilidad para la superficie del predio con ese tipo de suelo es K=0.02 ton/hr/MJ*mm.

Cuadro VIII:2. Valor de erosionabilidad del suelo (K) por unidad edáfica y textura. Fuente: FAO 1980.

ORDEN	TEXTURA			ORDEN	TEXTURA		
	G	M	F		G	M	F
A	0.026	0.04	0.013	Lo	0.026	0.04	0.013
Ar	0.013	0.02	0.007	Lp	0.053	0.079	0.026
Ag	0.026	0.04	0.013	Lv	0.053	0.079	0.026
Ah	0.013	0.02	0.007	M(a,g)	0.026	0.04	0.013
Ao	0.026	0.04	0.013	N(a,g)	0.013	0.02	0.007

ORDEN	TEXTURA			ORDEN	TEXTURA		
	G	M	F		G	M	F
Ap	0.053	0.079	0.026	O(d,ex)	0.013	0.02	0.007
B	0.026	0.04	0.013	P	0.053	0.079	0.026
Bc	0.026	0.04	0.013	Pf	0.053	0.079	0.026
Bd	0.026	0.04	0.013	Pg	0.053	0.079	0.026
Be	0.026	0.04	0.013	Ph	0.026	0.04	0.013
Bf	0.013	0.02	0.007	Pi	0.026	0.04	0.013
Bg	0.026	0.04	0.013	Po	0.053	0.079	0.026
Bh	0.013	0.02	0.007	Pp	0.53	0.079	0.026
Bk	0.026	0.04	0.013	Q(a,c,f,l)	0.013	0.02	0.007
Bv	0.053	0.079	0.026	R	0.026	0.04	0.013
Bx	0.053	0.079	0.026	Re	0.026	0.04	0.013
C(g,h,k,l)	0.013	0.02	0.007	Rc	0.013	0.02	0.007
D(d,e,g)	0.053	0.079	0.026	Rd	0.026	0.04	0.013
E	0.013	0.02	0.007	Rx	0.053	0.079	0.026
F(a,h,o,p,r,x)	0.013	0.02	0.007	S	0.053	0.079	0.026
G	0.026	0.04	0.013	Sg	0.053	0.079	0.026
Gc	0.013	0.02	0.007	Sm	0.026	0.04	0.013
Gd	0.026	0.004	0.013	So	0.053	0.079	0.026
Ge	0.026	0.04	0.013	T	0.026	0.04	0.013
Gh	0.013	0.02	0.007	Th	0.013	0.02	0.007
Gm	0.013	0.02	0.007	Tm	0.013	0.02	0.007
Gp	0.053	0.0079	0.0026	To	0.026	0.04	0.013
Gx	0.053	0.079	0.026	Tv	0.026	0.04	0.013
Gv	0.053	0.079	0.026	U	0.013	0.02	0.007
H(c,g,h,l)	0.013	0.02	0.007	V(c,p)	0.053	0.079	0.026
I	0.013	0.02	0.007	W	0.053	0.79	0.0026
J	0.026	0.04	0.013	Wd	0.053	0.079	0.0026
Jc	0.013	0.02	0.007	We	0.053	0.079	0.0026
Jd	0.026	0.04	0.013	Wh	0.026	0.04	0.013
Je	0.026	0.04	0.013	Wm	0.026	0.04	0.013
Jt	0.053	0.079	0.026	Ws	0.053	0.079	0.026
Jp	0.053	0.079	0.026	Wx	0.053	0.079	0.026
K(h,k,l)	0.026	0.04	0.013	X(h,k,l,y)	0.053	0.079	0.026
L	0.026	0.04	0.013	Y(h,k,l,y,t)	0.053	0.079	0.026
La	0.053	0.079	0.026	Z	0.026	0.04	0.013
Lc	0.026	0.04	0.013	Zg	0.026	0.04	0.013

ORDEN	TEXTURA			ORDEN	TEXTURA		
	G	M	F		G	M	F
Lf	0.013	0.02	0.007	Zm	0.013	0.02	0.007
Lg	0.026	0.04	0.013	Zo	0.026	0.04	0.013
Lk	0.026	0.04	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026

- Factor de pendiente y longitud LS

El efecto de la topografía en la erosión de suelos en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo tiene dos componentes: el factor de longitud de la pendiente (L) y el factor de inclinación de la pendiente (S). La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido, y su cálculo se realiza a través de las expresiones:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad m = \frac{F}{1 + F} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

El factor L: Donde λ es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y β es el ángulo de la pendiente. Desmet y Gover (1996)⁷¹ proponen una estimación L modificada con base en el área de drenaje aportadora de escurrimiento, donde el efecto erosivo de la longitud de la pendiente es representado por la siguiente ecuación:

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{ij} + D^2)^{m+1} - A_{ij}^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * 22.13^m}$$

Donde $A_{(ij)}^m$ es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y x es el factor de corrección de forma.

El factor S: el ángulo β se toma como el ángulo medio a todas las subceldas en la dirección de mayor pendiente (McCool et al, 1987,1989)⁷²

$$S_{ij} = \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Debido a que la pendiente y su longitud se manifiestan de forma diferencial en el predio, se llevó a cabo el cálculo utilizando como base un modelo digital de elevación con base en

⁷¹ Desmet, P. J. J., and G. Govers (1996), Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies, Int. J. Geogr. Inf. Syst., 10, 311 – 331

⁷² McCool, D.K., L.C. Brown, and G.R. Foster, 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, vol. 30, pp. 1387-1396.

datos Lidar del INEGI, lo cual a la vez permitió generar un mapa de la distribución del Factor LS en todo el predio (**Figura VIII:2**).

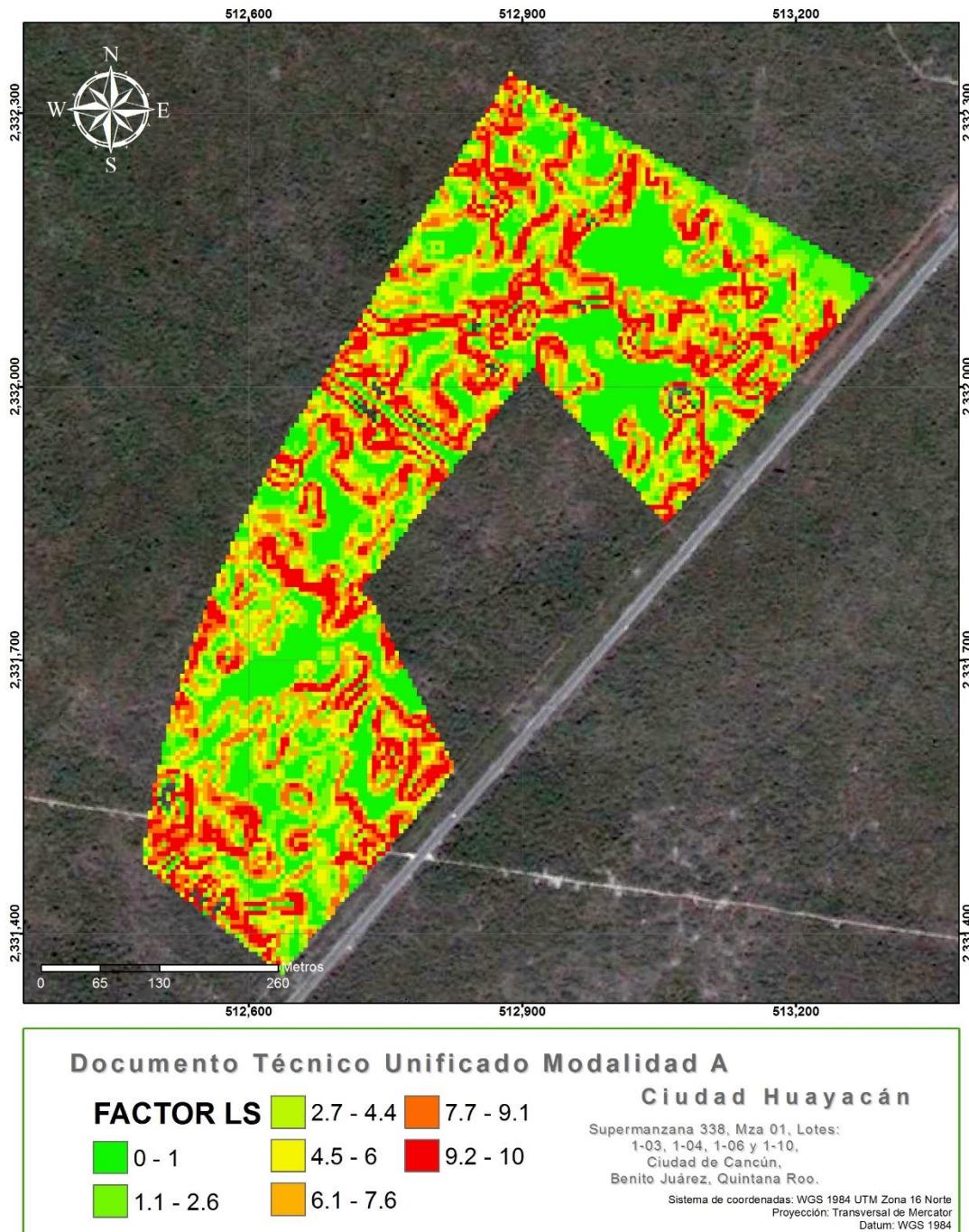


Figura VIII:2. Factor LS en el predio. Se muestra la distribución del factor LS en todo el predio, el cual manifiesta valores entre 0.00 y 10.0. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos LIDAR del INEGI

De acuerdo con el cálculo del factor LS para el predio, en este se presentan valores entre 0.00 y 10.0, sin embargo el valor medio del factor LS de todo el predio es de 4.7, lo cual se puede observar en el histograma (**Figura VIII:3**) obtenido con el ArcGIS 10.3.

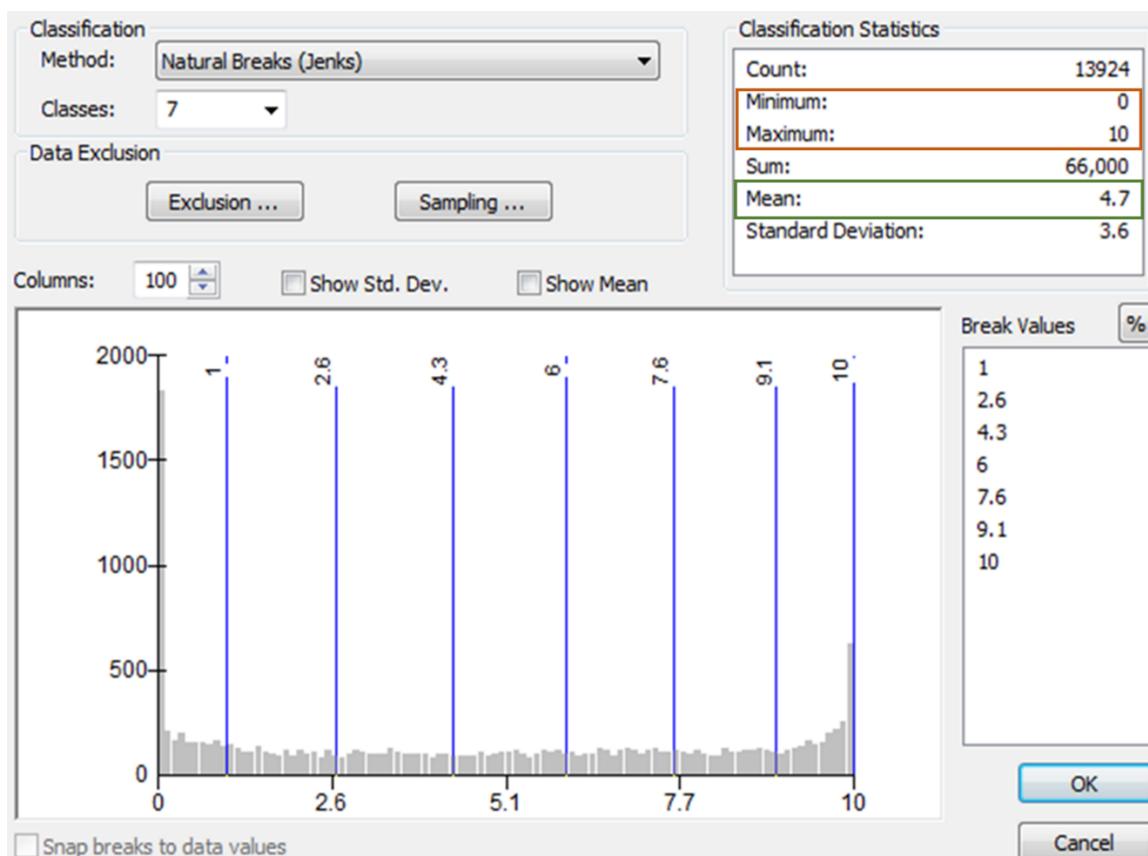


Figura VIII:3. Histograma para la distribución del Factor LS en el predio. En el histograma se puede observar que el valor de LS promedio es de 4.7.

- Factor de protección de la cobertura vegetal C y prácticas mecánicas P

La cobertura de vegetación puede proveer información relativa al factor de intercepción de lluvia, el cual es un parámetro importante para calcular la escorrentía y erosión del suelo. Dado que la obtención de los parámetros que influencian la intercepción de la precipitación suelen estar poco disponibles o su cálculo requiere un esfuerzo mayor en campo, una

opción factible es su estimación a través de modelos empíricos por medio de métodos que incluyen percepción remota (Suriyaprasit y Shrestha 2008)⁷³.

El índice de normalización diferenciada de la vegetación (NDVI por sus siglas en inglés) por lo general se emplea para derivar el factor de cobertura, es decir, el Factor C. De Jong (1994) derivó un método para convertir la estimación de cobertura con base en el NDVI a valores de C a través de métodos de regresión lineal, mientras que Van der Knijff et al. (1999)⁷⁴ lo hicieron a través de una expresión exponencial.

Suriyaprasit y Shrestha (Óp. cit.) a su vez, modificaron dicha expresión y la adaptaron para obtener datos de C por medio del procesamiento de imágenes satelitales, ya que se ha comprobado que existe una correlación entre el valor de NDVI y la cobertura de la vegetación, es decir, que a mayores valores de NDVI, menor valor de C y por tanto mayor cobertura de vegetación lo cual ayuda a reducir la susceptibilidad de erosión del suelo (Shmidt y Karnieli 2000⁷⁵; La et al. 2013⁷⁶).

Dicho lo anterior, se siguió la modificación establecida por Suriyaprasit y Shrestha (Óp. cit.) para la obtención del factor C dentro del predio que nos ocupa por medio de la siguiente ecuación:

$$C = 0.227e^{-7.337*NDVI}$$

Referente al tipo de cobertura en el predio, se empleó una imagen Spot 7 del 2015 para obtener el índice de NDVI de los polígonos que integran los predios, deduciéndolo por medio de la calculadora raster del SIG con la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo cercano (NIR)} - \text{banda roja (R)}}{\text{Infrarrojo cercano (NIR)} + \text{banda roja (R)}}$$

Posteriormente se aplicó la ecuación para el valor C, donde resultó variar entre 0.0024 a 0.03 (**Figura VIII:4**). Por tanto podemos inferir que dentro del predio la cobertura es alta al

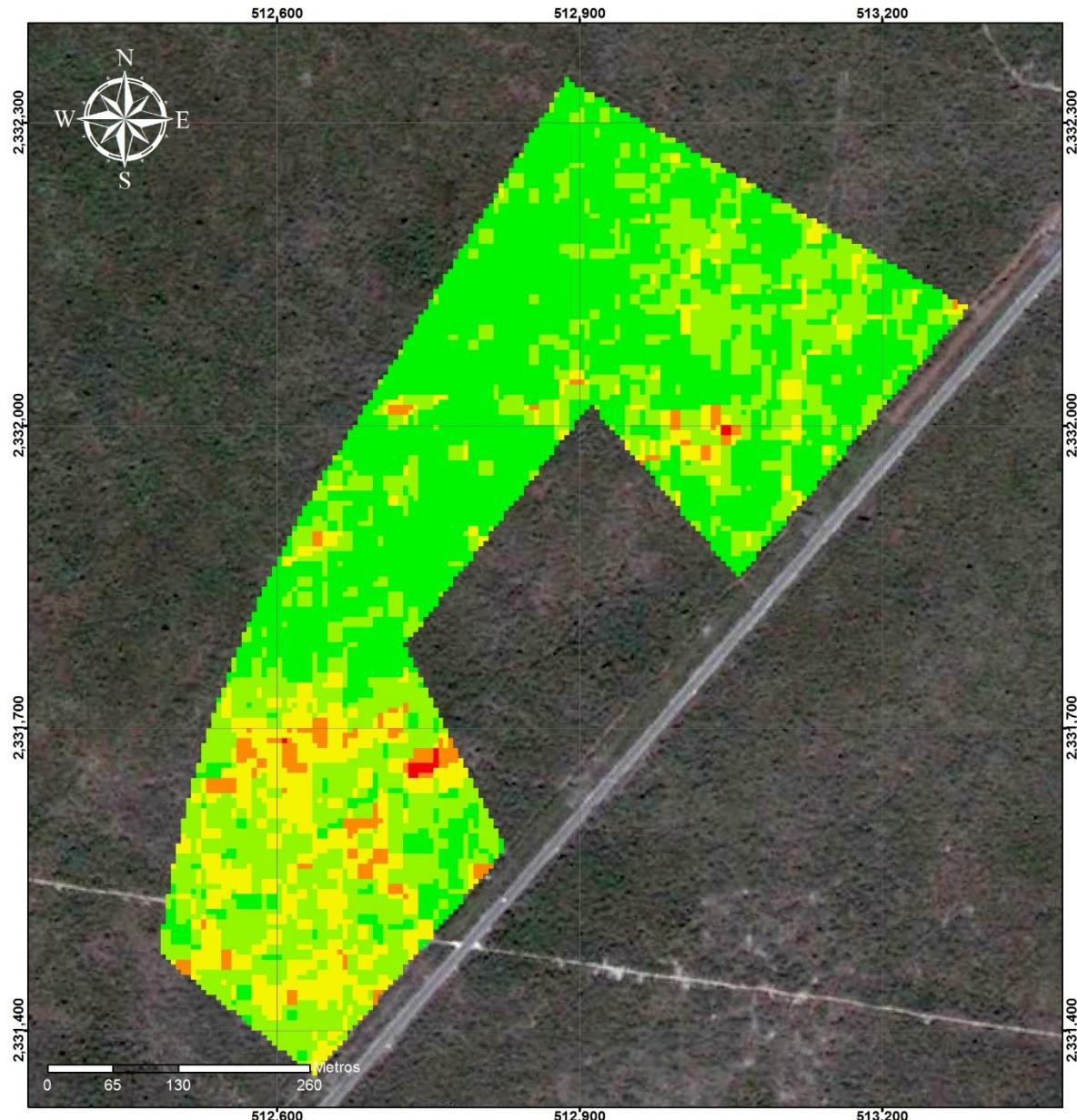
⁷³ Suriyaprasit, M., y D. P. Shrestha. 2008. Deriving Land Use and Canopy Cover Factor from Remote Sensing and Field Data in Inaccessible Mountainous Terrain for Use in Soil Erosion Modelling. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(PartB7): 1747-1750.

⁷⁴ Van der Knijff, JMF; Jones y R. J. A.; Montanarella, L. 1999. Soil erosion risk assessment in Italy. JRC, European Commission.

⁷⁵ Schmidt, H., & Karnieli, A. 2000. Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. Journal of arid environments, 45(1): 43-59.

⁷⁶ La, H. P., Eo, Y. D., Kim, J. H., Kim, C., Pyeon, M. W., & Song, H. S. 2013. Analysis of Correlation between Canopy Cover and Vegetation Indices. International Journal of Digital Content Technology and its Applications, 7(11): 10-17.

obtener valores de C cercanos a 0 bajo la premisa antes citada (Suriyaprasit y Shrestha; Shmidt y Karniel; La et al. Op. Cit.).



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

FACTOR C	0.0052 - 0.0073
[Yellow square]	0.0024 - 0.0038
[Green square]	0.0039 - 0.0051
[Orange square]	0.0074 - 0.013
[Red square]	0.014 - 0.03

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura VIII:4. Factor C del predio en estudio.

De acuerdo con el cálculo del factor C para el predio, en este se presentan valores entre 0.0024 y 0.03, sin embargo el valor medio del factor LS de todo el predio es de 0.0042, lo cual se puede observar en el histograma (**Figura VIII:5**) obtenido con el ArcGIS 10.3.

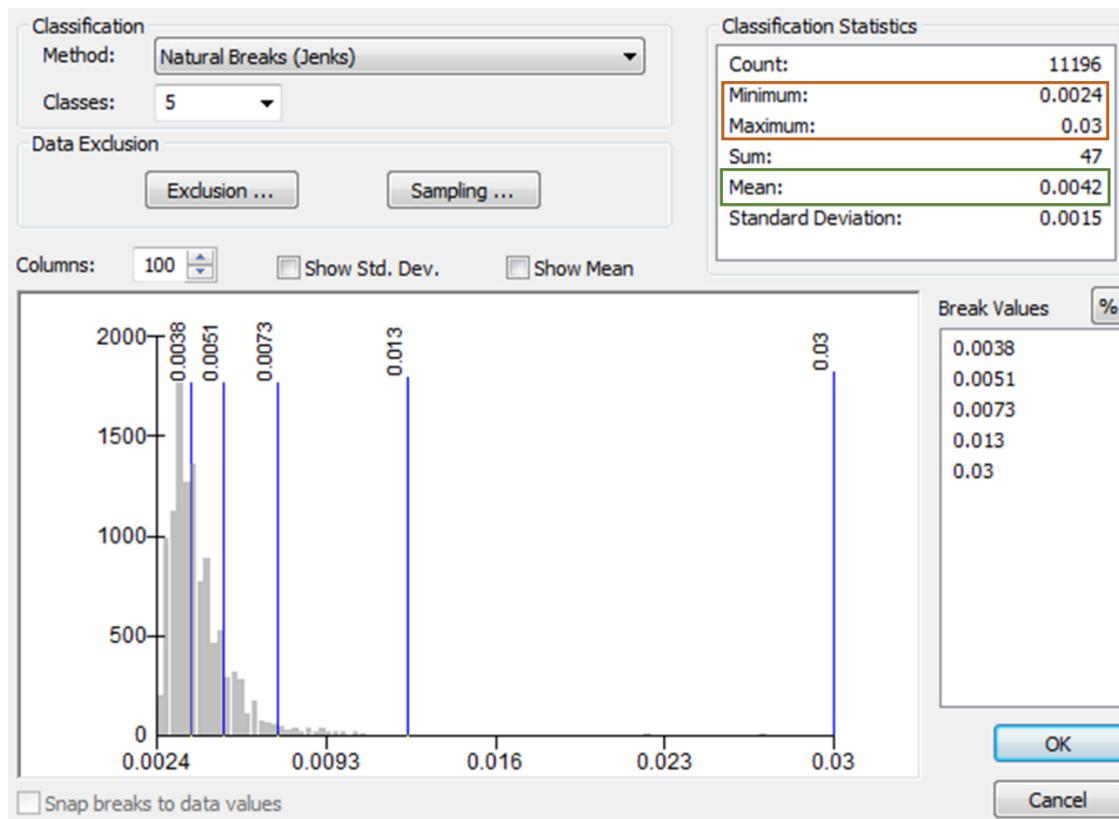


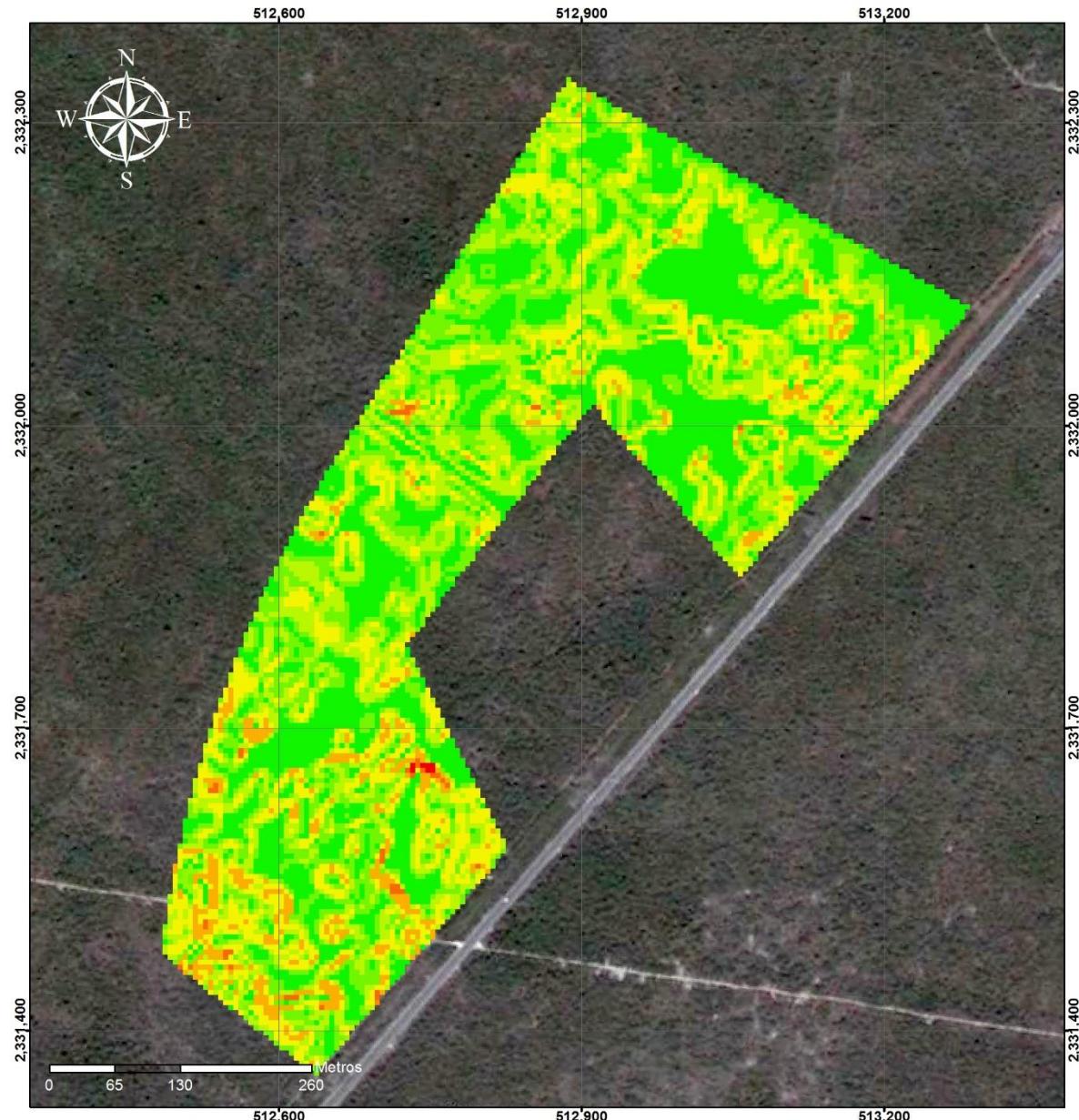
Figura VIII:5. Histograma para la distribución del Factor C en el predio. En el histograma se puede observar que el valor de C promedio es de 0.0042.

- Factor P

Este factor hace referencia al efecto que tienen las prácticas de manejo y conservación de suelos en la erosión hídrica. Dichas prácticas son diversas y van desde el mantenimiento de acolchados hasta obras de muros con gaviones. Dado que actualmente el predio no cuenta con ninguna de dichas prácticas este factor de valoró como 1.

Una vez realizados los cálculos de cada uno de los factores de la EUPS, se llevó a cabo la estimación de la erosión actual del predio a través de la multiplicación de los mismos, tal cual lo sugiere la expresión señalada al comienzo del apartado. Como resultado se tiene que en el predio se presentan tasas de erosión que van desde 0 ton/ha/año hasta 71 ton/ha/año

tal cual se muestra en la **Figura VIII:6**, donde las mayores tasas de erosión se presentan con menos extensión dentro del predio.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

EROSIÓN	2.1 - 5.3	13 - 18
ton/ha/año	5.4 - 8.4	19 - 34
0 - 2	8.5 - 12	35 - 71

Supermanzana 338, Mza 01, Lotes:
1-03, 1-04, 1-06 y 1-10,
Ciudad de Cancún,
Benito Juárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura VIII:6. Mapa de erosión actual dentro del predio.

No obstante que en el predio se presentan tasas de erosión entre 0 y 71 ton/ha/año, la tasa media para la superficie total del mismo (28 ha) es de 5 ton/ha/año, esto de acuerdo con el histograma de frecuencia de tasas presentado en la **Figura VIII:7**.

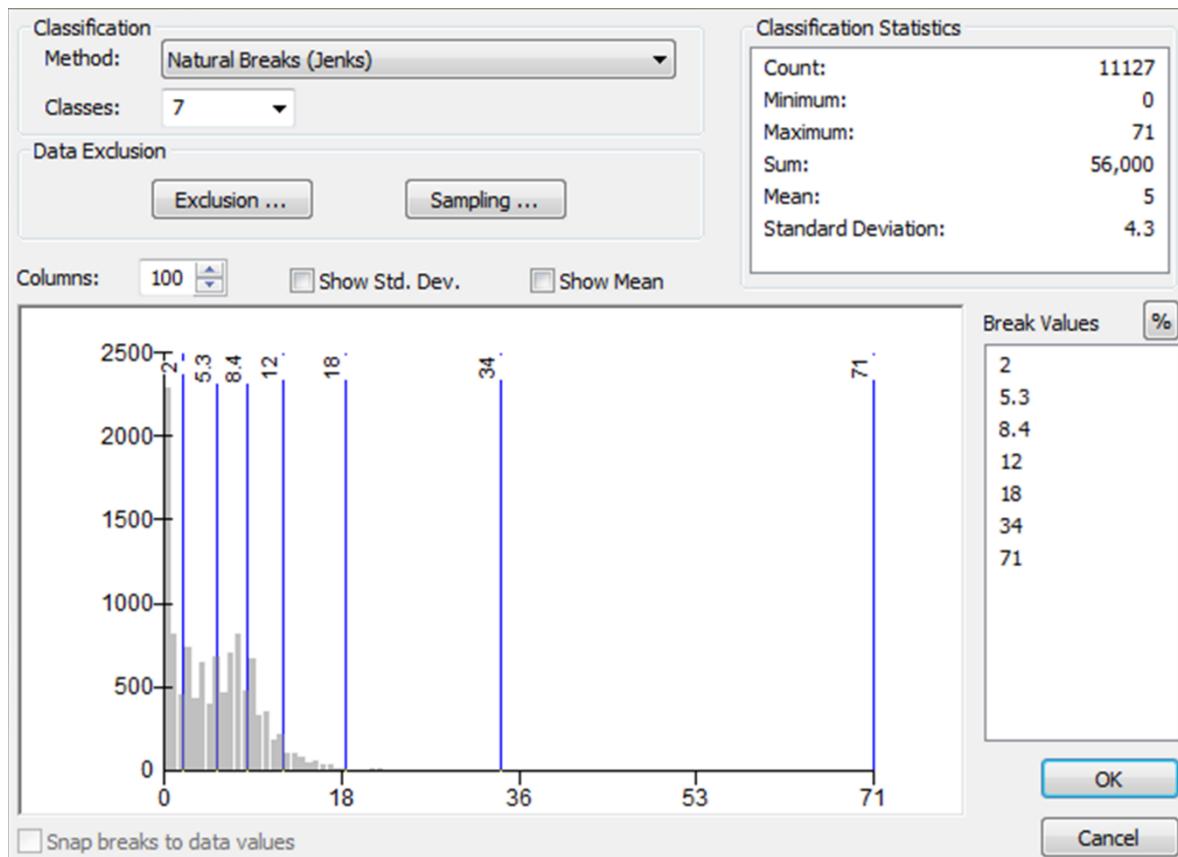


Figura VIII:7. Histograma para la distribución de las tasas de erosión actual en el predio. En el histograma se puede observar que el valor de erosión promedio es de 5 ton/ha/año.

Con el fin de establecer un marco de referencia para la definición de la fragilidad de los suelos presentes en el predio se considera el riesgo de erosión como un indicador de la fragilidad de los mismos, indicador que posee una relación teórica directamente proporcional con la fragilidad. En este sentido, de acuerdo con las valoraciones establecidas por la FAO (**Cuadro VIII:3**), la denominación para la erosión presentada en el predio es nula, ya que los resultados del cálculo de riesgo de erosión sin proyecto por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos así lo indican (**erosión = 5 ton/ha/año**), con lo cual se concluye que la fragilidad de las tierras presentes en el predio es baja o nula.

Cuadro VIII:3. Denominación para distintos rangos de erosión.

Tasa de erosión (t/ha/año)	Denominación
0 - 5	Nula
5 – 10	Ligera o incipiente
10 – 50	Moderada
50 – 200	Severa
> 200	Muy severa

Fuente: FAO citado por Pérez (Op. Cit.)

Por otra parte, llevando a cabo el cálculo de erosión potencial del predio con las modificaciones que implicaría el proyecto se tiene que los factores R y P no tendrían ningún cambio a diferencia de los factores K, LS y C.

El factor K, que representa la erodabilidad del suelo, tiene valores diferentes debido a que las actividades del proyecto no sólo implican la remoción de la vegetación, sino la compactación y sellamiento del suelo con pavimento en gran parte de la superficie del predio correspondiente a las vialidades en la fase de urbanización y posteriormente en la superficie de ocupación permitida en cada lote. Por tal razón, existen dos valores para el factor K en función de las consideraciones mencionadas. Un valor de K=0 para las vialidades y superficie de ocupación, y un valor de K=0.02 para la superficie de donación y la superficie de restricción en las manzanas, en donde las condiciones del suelo serán alteradas al mínimo.

El factor LS manifiesta cambios en los valores que se presentan en el predio, esto debido a que en toda la superficie del mismo será modificado el micro relieve, dando lugar a pendientes homogéneas y alargadas para que el escurrimiento superficial de las vialidades fluya hacia los pozos de absorción y a la vez el escurrimiento dentro de los lotes de las manzanas fluya hacia las vialidades. En razón de ello se considera que con el proyecto el predio tendrá una pendiente del 2% (casi plano) y con longitudes de hasta 300 metros, características que corresponden a un valor de LS = 0.69 (**Cuadro VIII:4**).

Cuadro VIII:4. Valores del factor C con respecto a la pendiente y la longitud. Fuente Renard et al., (1987)⁷⁷.

Pendiente	Longitud de la pendiente en pies															
	<3	6	9	12	15	25	50	75	100	150	200	250	300	400	600	800
0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12
1.0	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26
2.0	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.16	0.21	0.25	0.28	0.33	0.37	0.40	0.43	0.48	0.56	0.63
3.0	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.21	0.30	0.36	0.41	0.50	0.57	0.64	0.69	0.80	0.96	1.10
4.0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.26	0.38	0.47	0.55	0.68	0.79	0.89	0.98	1.14	1.42	1.65
5.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.31	0.46	0.58	0.68	0.86	1.02	1.16	1.28	1.51	1.91	2.25
6.0	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.36	0.54	0.69	0.82	1.05	1.25	1.43	1.60	1.90	2.43	2.89
																3.30

⁷⁷ Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K, and Yoder, D.C., coordinators. 1987. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss

8.0	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.45	0.70	0.91	1.10	1.43	1.72	1.99	2.24	2.70	3.52	4.24	4.91
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Por último el factor C, que al ser el correspondiente a la cobertura vegetal, obviamente será modificado con las obras y actividades del proyecto, de tal forma que la fracción del área libre ocupada por áreas verdes posee el valor de C = 0.20, correspondiente a la vegetación de pastizal inducido y por último, la superficie correspondiente a las vialidades y zonas sin cobertura vegetal un valor de C = 1.

En el **Cuadro VIII:5** se presentan los valores para los factores K, LS y C de acuerdo con los usos de suelo contemplados en el proyecto y la superficie de área verde correspondiente a cada uno de con respecto a las restricciones establecidas en el PDU.

Cuadro VIII:5. Tasa de erosión para los usos de suelo del proyecto.

Uso	Ha	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	R*K*LS*C
Superficie permeable en las manzanas	3.40	13,074.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Superficie permeable verde	2.55	13,074.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Vialidades	4.45	13,075.36	0	0.69	1	0
Donación permeable	0.85	13,075.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Donación impermeable	1.99	13,076.36	0	0.69	1	0
Desplante habitacional multifamiliar	9.78	13,076.36	0	0.69	1	0
Desplante en SCU	2.43	13,077.36	0	0.69	1	0
Superficie libre impermeable	2.55	13,077.36	0	0.69	1	0
TOTAL	28.00				Media=	8.76

Considerando los resultados derivados del cálculo de riesgo de erosión con el proyecto se tiene que en el predio se presenta un nivel de erosión media anual considerada como nula (**8.76 ton/ha/año**), la cual se encuentra muy por debajo de las tasas de erosión severas y críticas e inclusive aún muy por debajo de las tasas de erosión consideradas moderadas (**Figura VIII:8**).

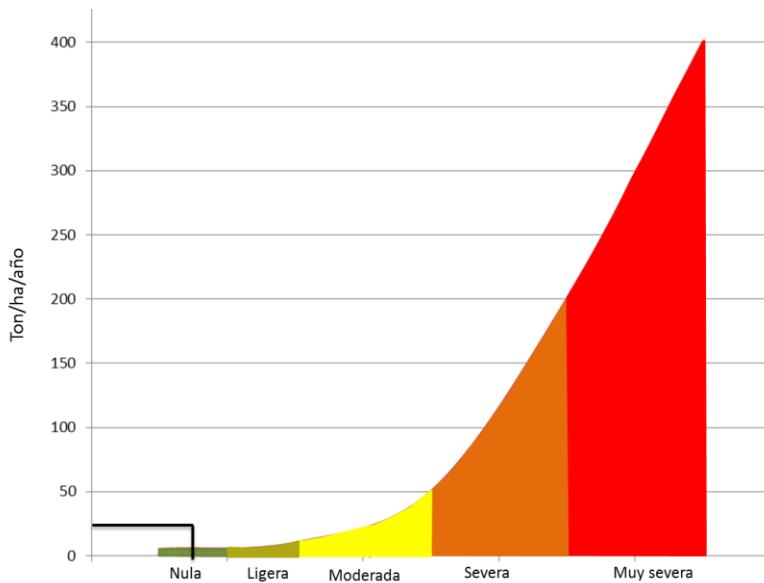
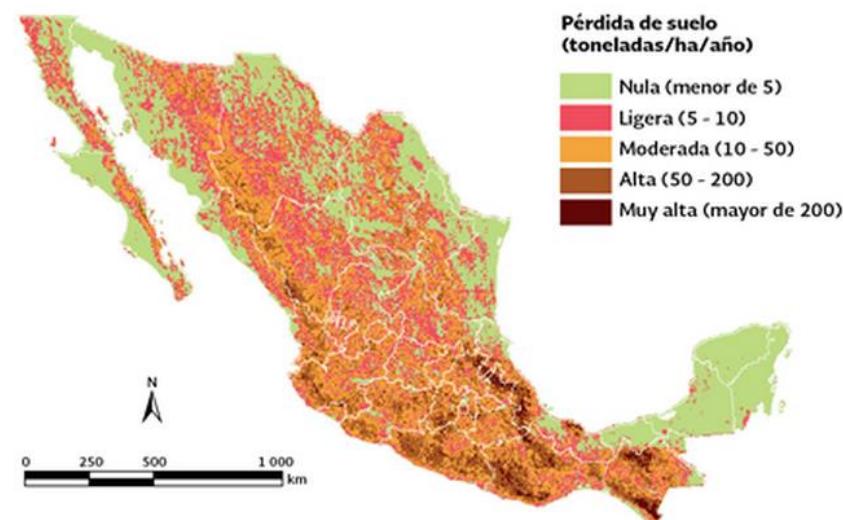


Figura VIII:8. Grados de erosión con respecto a la tasa de pérdida de suelo

A nivel nacional los suelos de la Península de Yucatán, y por consiguiente los suelos presentes en el predio de estudio, presentan un menor riesgo de erosión (**Figura VIII:9**), lo cual, haciendo alusión a la relación teórica entre el nivel de erosión y la fragilidad de los suelos, indica que son tierras mucho menos frágiles.



Fuente:

Elaboración propia con datos de:

Semarnat y UACh. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000. Memoria 2001-2002. México. 2003.

Figura VIII:9. Grado de erosión a nivel nacional (SEMARNAT-UACH, 2003)⁷⁸.

⁷⁸ SEMARNAT-UACH. 2003. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1,000,000. Memoria 2001-2002.

En razón de lo anterior, es posible afirmar que el grado de fragilidad de los suelos del predio es mucho menor al de la mayor parte de los suelos de la república, ya que por ejemplo; Santacruz (2011)⁷⁹ encontró que la erosión hídrica en microcuencas de Chiapas bajo diferentes escenarios de vegetación y uso de suelo puede pasar de **3,425.8 a 31,973.8 ton/ha/año**.

Zavala-Cruz *et al.* (2011)⁸⁰ encontraron que en la Cuenca media del Río Grijalva, con base en la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo, el 55.7% de la superficie registra pérdida de suelo en cantidades que fluctúan entre 10 y 200 ton/ha/año, y el 44.3% de la superficie no presenta erosión o la pérdida de suelo es menor a 10 ton/ha/año. El 7.8% de la cuenca tiene erosión severa con pérdida de suelo de 50 a 200 ton/ha/año o más. Además, a través de una cuantificación de la pérdida de suelo en campo, observan que las laderas inclinadas presentan la mayor pérdida de suelo en la cuenca, con un promedio de 44.5 ton/ha, siendo mayor a la registrada en terrazas y colinas. Por ultimo **concluyen que este incremento se relacionó con las fuertes pendientes** que oscilaron entre 22 y 26% (**Figura VIII:10**).

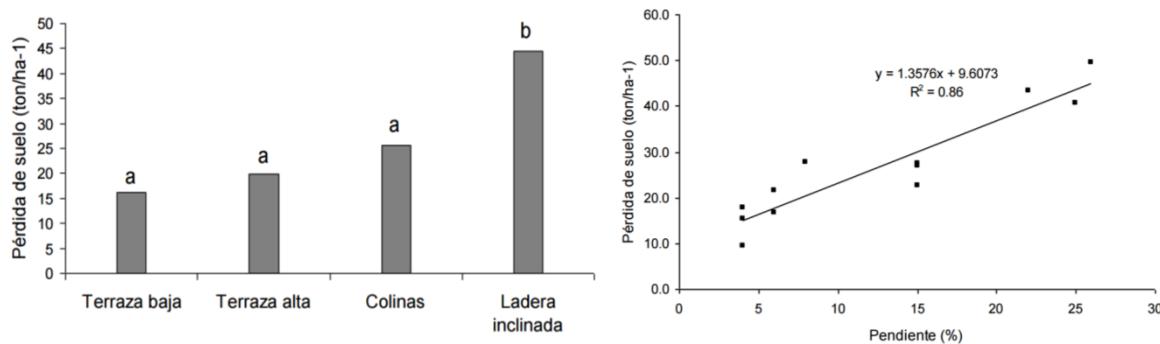


Figura VIII:10. Relación de la pendiente y el relieve con el grado de erosión de los suelos.

En razón de lo anterior es posible concluir que debido a la ubicación geográfica y las características topográficas del predio, este no se encuentra en tierras frágiles, sin embargo la remoción de la cobertura vegetal puede ocasionar que dicha fragilidad pase de nula a moderada, razón por la cual se ha propuesto como medida de mitigación un programa de arborización y jardinado el cual plantea dentro de sus objetivos evitar el riesgo de erosión a través del mantenimiento de áreas verdes con especies nativas y de buena cobertura arbórea.

⁷⁹ Santacruz De León, G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahואacán, Chiapas, México.

⁸⁰ Zavala-Cruz J., David J. Palma, Carlos R. Fernández Cabrera, Antonio López Castañeda y Edgar Shirma. Degradación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT, COLPOS y PEMEX.

IX IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La metodología utilizada para la evaluación de los impactos previstos en el predio por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales es la propuesta por Conesa Fernández (1997)⁸¹ y Gómez (1999)⁸², que consiste primero en identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término se procede a identificar estos factores ambientales; y por último se valoran los impactos para determinar su grado de importancia. En los siguientes apartados se describe la metodología general empleada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto. En el anexo relacionado con la metodología, se describe el método propuesto con mayor detalle.

IX.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

En esta sección se identifican los impactos que serán generados en las diferentes etapas del proyecto, para lo cual se seleccionó la propuesta por Conesa-Fernández (1997) y Gómez-Orea (1999). Esta metodología corresponde al tipo de matrices de interacción de causa-efecto, que se caracterizan como cuadros de doble entrada en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto que causan impactos y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significancia habrá de evaluarse posteriormente.

El uso de esta metodología presenta las siguientes ventajas: relaciona factores ambientales con acciones; además de la identificación de los impactos, tiene la propiedad de evaluar, predecir y es relativamente fácil de elaborar, además de que constituye un buen método para mostrar resultados preliminares. Además de las ventajas generales que presentan los métodos basados en relaciones causa-efecto, el método propuesto se justifica por proveer una alta certidumbre en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar criterios de manifestación cualitativa de los impactos para determinar su importancia y, la cuantificación de efectos con el uso de valores numéricos y su posterior transformación a unidades commensurables de importancia final.

⁸¹ Conesa Fernández. 1997. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, España.

⁸² Gómez Orea. 1999. *Evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, España.

La interpretación de los resultados, por su tratamiento numérico, es objetiva y fácil de comunicar.

IX.1.1 Identificación de las acciones que pueden causar impactos al ambiente

De entre toda la gama de acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables (Gómez, Op. Cit.), ya que algunas de ellas no son significativas desde el punto de vista ambiental porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención o mitigación.

De acuerdo con la metodología utilizada, se deben diferenciar los elementos del Proyecto de manera estructurada, atendiendo entre otros los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican emisión de contaminantes
- Acciones derivadas del almacenamiento de residuos
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos
- Acciones que implican sub-explotación de recursos
- Acciones que actúan sobre el medio biótico
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje
- Acciones que repercuten sobre las infraestructuras
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural
- Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente

Tales acciones y sus efectos deben quedar determinados al menos en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso.

IX.1.1.1 Identificación de acciones del proyecto

A continuación se presentan y se describen las acciones relacionadas con proyecto Ciudad Huayacán (**Cuadro IX:1**).

Cuadro IX:1. Acciones del Proyecto Ciudad Huayacán.

Tipo de acciones	Listado de acciones
Acciones que modifican el uso del suelo	
Por nuevas ocupaciones	El proyecto mismo
Por desplazamiento de la población	
Acciones que implican emisión de contaminantes	
A la atmósfera	Desmonte (Uso de maquinaria) Despalme (Uso de maquinaria)
A las aguas continentales o marinas	Urbanización y equipamiento Venta y ocupación de manzanas
Al suelo	Despalme Trazo y Nivelación Construcción
En forma de residuos sólidos	Preparación del sitio Urbanización y equipamiento Venta y ocupación de manzanas
Acciones derivadas del almacenamiento de residuos	
Dentro del núcleo de la actividad	Venta y ocupación de manzanas
Transporte	Recolección de residuos (externo al proyecto)
Vertederos	Disposición final de residuos (externo al proyecto)
Almacenes especiales	Desmonte (residuos) Despalme (residuos) Trazo y nivelación (residuos)
Acciones que implican sobreexplotación de recursos	
Materias primas	Trazo y nivelación (materiales pétreos)
Consumos energéticos	Desmonte Despalme Trazo y nivelación Urbanización y equipamiento
Consumos de agua	Trazo y nivelación Urbanización y equipamiento
Acciones que implican sub-explotación de recursos	
Agropecuarios	Ninguna
Faunísticos	Ninguna
Acciones que actúan sobre el medio biótico	
Emigración	Desmonte Despalme
Disminución	Desmonte
Aniquilación	Ninguna
Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje	
Topografía y suelo	Despalme Trazo y nivelación Urbanización y equipamiento Venta y ocupación de manzanas
Vegetación	Despalme
Agua	No existen cuerpos de agua superficiales en el sitio
Naturalidad	El proyecto mismo
Singularidad	El paisaje no se considera singular
Acciones que repercuten sobre las infraestructuras	
	Ninguna

Tipo de acciones	Listado de acciones
Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural	Desmonte (generación de empleos) Despalme (generación de empleos) Trazo y nivelación (generación de empleos) Urbanización y equipamiento (generación de empleos) Venta y ocupación de manzanas (oferta de espacios para la vivienda) Mantenimiento (Generación de empleos)
Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente	No se prevé el incumplimiento de la normatividad ambiental vigente

IX.1.1.1 Desmonte

Esta actividad consiste en la remoción de la cubierta vegetal en la superficie del proyecto sujeta a urbanización, donde se establecerá la infraestructura.

IX.1.1.2 Despalme

Una vez realizado el desmonte, se procede a realizar el despalme, que consiste en el retiro de la capa superficial del suelo que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de los edificios. En esta etapa se generarán residuos sólidos y de manejo especial, y probablemente, de forma accidental, residuos peligrosos por derrames de combustibles y lubricantes.

IX.1.1.3 Trazo y nivelación

El trazo consiste en marcar sobre el terreno las medidas que se han pensado en el proyecto, y que se encuentran en el plano o dibujo de la casa o cuarto por construir. Posteriormente será realizada la nivelación que consiste en el riego de material de relleno para nivelar el terreno, conforme a los volúmenes que se determinan con base en el levantamiento topográfico obtenido previamente para conocer las curvas de nivel del terreno natural y proyectando los niveles de las futuras vialidades y plataformas de desplante de las viviendas. En esta etapa se generarán residuos sólidos y de manejo especial, y probablemente, de forma accidental, residuos peligrosos por derrames de combustibles y lubricantes.

IX.1.1.4 Urbanización y equipamiento

Esta etapa contempla la construcción de las obras de urbanización del predio, la instalación de infraestructura de servicios, hasta los acabados de las vialidades y áreas verdes y de recreación. Estos servicios incluyen: la red de agua potable, la red de drenaje sanitario, la red de drenaje pluvial, la red de distribución de energía eléctrica y las vialidades internas. Estas obras implican acciones como las excavaciones de zanjas y rellenos.

IX.1.1.5 Venta y ocupación de manzanas

Constituye la etapa de operación del proyecto, la cual consiste en la venta de las manzanas y la ocupación de las viviendas, la operación de los locales comerciales, así como la administración y mantenimiento del desarrollo habitacional.

IX.1.1.6 Mantenimiento

Se refiere a la limpieza de las áreas públicas, recolección de residuos, seguridad y vigilancia de la instalación.

IX.1.1.2 Caracterización de las acciones

El siguiente paso se refiere a la caracterización de las acciones del proyecto en función de su intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad y momento del proceso en el que se realizará (**Cuadro IX:2**); con base en los criterios expresados en el método propuesto, que se describen en el anexo sobre la descripción de la metodología. Se aclara que, salvo cuando se indique lo contrario, la caracterización en este caso se refiere a la acción y no a sus consecuencias o efectos sobre el medio.

IX.1.2 Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos

El entorno está constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los siguientes sistemas: medio físico y medio socioeconómico y cultural (en lo sucesivo se omitirá este último término sobrentendiendo su inclusión en el medio socioeconómico). Estos sistemas, están constituidos por subsistemas: medio inerte, medio biótico y medio perceptual por una parte; y medio sociocultural y medio económico por otra. A cada uno de los subsistemas pertenece una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto, es decir, por las acciones impactantes consecuencia de aquél. Los componentes ambientales se descompondrán, a su vez, en un determinado número de factores ambientales que depende del grado de detalle con que se pretenda afrontar el estudio (Conesa Fernández, 1997).

Para seleccionar los componentes ambientales, tanto Gómez (1999), como Conesa Fernández (1997), coinciden en que deben considerarse los siguientes criterios:

- Ser representativos del entorno afectado, y por tanto del impacto total producido por la ejecución del Proyecto sobre el Medio.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.

- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o incommensurables.

De los distintos elementos del entorno presentes en el predio y en el área de influencia de éste, solamente se perciben como afectables, consecuencia del cambio de uso de suelo en terreno forestal, la vegetación, la fauna, el agua, el suelo, la microtopografía del sitio, el paisaje y la atmósfera, además del medio socioeconómico como población y economía. En síntesis, los factores del medio susceptibles de recibir impactos derivados de las acciones del proyecto están representadas mediante un árbol de factores o mapa conceptual como lo indica el **Cuadro IX:3**. A la derecha de cada componente ambiental se ha asignado un valor de importancia estimado a partir de su relevancia en el sistema ambiental.

Cuadro IX:3. Elementos del ambiente susceptibles de recibir impactos ambientales.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	UIP
ENTORNO	Medio Físico	Atmósfera	Calidad	30
			Nivel de Ruido	20
			Calidad	100
		Agua	Cantidad	100
			Calidad	50
	Medio Biótico	Suelo	Susceptibilidad a la erosión	20
			Micro-topografía del sitio	80
		Geomorfología (relieve)	Hábitat	75
			Diversidad	100
			Cobertura	75
			Diversidad	100
	Medio Perceptual	Paisaje	Calidad	50
		Medio Socio-cultural	Población	Oferta Laboral
			Infraestructura	Cobertura
		Medio Económico	Economía	Economía local
SUMA UIP				1,000

UIP: unidades de importancia (UIP): el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de factores ambientales (Medio Ambiente de Calidad Óptima), (Esteban Bolea, 1984, En: Conesa Fernández, 1997).

IX.1.3 Identificación de impactos

La identificación de los impactos es principalmente la labor tendiente a detectar cuáles de las actividades asociadas al proyecto, producen alteraciones a las características de los factores ambientales. El objetivo de esta etapa de evaluación, es tener una visión preliminar, de tipo indicativo y cuando mucho cualitativo, de la relación proyecto-entorno, es decir una percepción inicial de aquellos efectos que pueden resultar más sintomáticos debido a su importancia para el entorno que nos ocupa, y servirá como marco de referencia para proceder con las siguientes fases de la evaluación (Conesa-Fernández, 1997 y Weitzfeld, 1996⁸³).

Como un primer paso para la identificación de los impactos se procedió a la etapa conocida como previsión de los efectos, la cual consiste en una primera aproximación al estudio de acciones y efectos sin entrar en detalles. Para esto se realizó una revisión bibliográfica sobre los impactos ambientales de proyectos de naturaleza similar al evaluado. En una revisión realizada por Johnson (2001)⁸⁴, se indica que entre los principales impactos relacionados con el crecimiento urbano, y que se podrán observar en el proyecto en evaluación se encuentran:

- La contaminación atmosférica,
- El decrecimiento del atractivo estético del paisaje,
- La reducción de la biodiversidad, áreas forestales y poblaciones de flora y fauna,
- El incremento del escurrimiento de aguas pluviales,
- La remoción de la vegetación nativa
- La fragmentación de los ecosistemas y reducción de hábitat
- Consumo de agua
- Reducción de la calidad del agua

Además de los impactos anteriores, se identifican los impactos relacionados con el trazo y nivelación, que implica la compactación y sellamiento superficial del suelo, tales como la reducción u obstaculización de los intercambios de energía, agua (reduciendo incluso su calidad) y gases y el incremento de la presión que se ejerce sobre las zonas no selladas adyacentes. Los efectos negativos van desde la pérdida de la producción vegetal, la contaminación y riesgos para la salud y por consiguiente, mayores costos sociales. Han sido identificadas diversas causas que pueden conducir a la impermeabilización de la superficie

⁸³ Weitzfeld H. 1996. Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud Segunda Edición. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (eds.). México.

⁸⁴ Johnson, M. P. 2001. Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda. Environment and Planning A, 33(4), 717-735.

del suelo que incluyen la pérdida de la estructura debido al impacto de la lluvia o de labor del suelo, la dispersión de coloides y la compactación. Todas las causas impactan en la porosidad del suelo, ya sea reduciendo su cantidad o modificando su patrón. La modificación de los patrones de macroporos influye negativamente en la infiltración del agua, ya que son fundamentales en la determinación de la tasa de consumo de agua del suelo (Scalengh y Marsan, 2009⁸⁵).

Continuando con la metodología aplicada, una vez identificadas las acciones susceptibles de producir impactos y los elementos ambientales susceptibles de recibirlos, y con base en la revisión bibliográfica se procede a identificar las interacciones entre estos, a través de la construcción de una matriz de tipo causa-efecto, la cual consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en filas los factores ambientales (**Cuadro IX:3**) A partir de esta fase del proceso, comienza la valoración cualitativa de los impactos.

Cuadro IX:3. Matriz de identificación de impactos ambientales (interacciones causa-efecto)

		Etapas y Actividades del Proyecto					
		Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento			
Factores Ambientales	Medio abiótico	Desmonte	Despalme	Trazo y nivelación	Urbanización y equipamiento	Venta y ocupación de manzanas	Mantenimiento
Aire (calidad)		X	X	X	X		
Aire (ruido)		X	X	X	X		
Agua (Calidad)		X	X	X	X	X	
Agua (Cantidad)				X		X	
Suelo (Calidad)			X	X	X		
Suelo (erodabilidad)		X	X				
Microtopografía del sitio				X			
Fauna (hábitat)	Medio biótico		X				
Fauna (diversidad)			X				
Flora (Cobertura)			X				
Flora (Diversidad)			X				
Paisaje	Medio perceptual	X	X	X	X		

⁸⁵ Scalenghe, R., & Marsan, F. A. 2009. The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90(1), 1-10

	Oferta laboral	X	X	X	X	X
Medio socioeconómico	Infraestructura			X		
	Economía local	X	X	X	X	X

IX.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que presumiblemente serán impactados por aquellas, se procede a obtener una valoración cualitativa de los impactos, la cual corresponde a la fase de caracterización de los mismos. La caracterización de los impactos ambientales, es un proceso de análisis previo a la valoración del impacto, en donde se examina y describe la relación entre las acciones del proyecto y factores ambientales, justificando la asignación de determinado valor a cada uno de los impactos, con base en los criterios establecidos por la propia metodología. El objetivo de esta etapa es contar con información que permita conocer la magnitud de los impactos ambientales.

De acuerdo con la metodología aplicada, el valor de importancia del impacto ambiental, se establece mediante su valoración cualitativa en función de diferentes criterios o atributos del impacto los cuales son: naturaleza (NA), intensidad (IN), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF), periodicidad (PR) y recuperabilidad (RC). Estos criterios se describen de forma detallada en el anexo relacionado con la descripción de la metodología empleada. En dichos términos, el impacto se considera compatible con el ambiente, cuando el valor de importancia es menor a las 25 unidades, moderado con un valor entre 25 y 50 unidades, es severo entre las 51 y 75 unidades; y es crítico cuando su importancia alcanza valores por arriba de las 75 unidades.

En las líneas siguientes, se describen los impactos identificados y el cálculo específico de su importancia, para el proyecto Ciudad Huayacán.

A1. Impacto del desmonte sobre la calidad del aire. El empleo de maquinaria para el desmonte generará emisiones a la atmósfera producto de la combustión interna de los motores. Por su naturaleza, este impacto se catalogó como negativo (-), ya que es perjudicial para el medio en el que se presenta; tiene una intensidad media (2), debido a que, no se prevé una excesiva emisión de contaminantes a la atmósfera. La extensión de este impacto será parcial (2), ya que su alcance es mayor que el lugar específico donde se generan los contaminantes debido a la dispersión de los mismos, pero no llega a salirse de los límites del área de influencia del proyecto. El tiempo que media entre la acción de desmonte y la emisión de contaminantes a la atmósfera es nulo, por lo que el impacto es

inmediato (4). Por su dispersión, la duración de los contaminantes en el medio es mucho menor a un año, por lo que, según el criterio propuesto en el método el impacto es fugaz (1). El medio es capaz de recuperarse en su totalidad en un plazo inferior a un año a través de mecanismos naturales de purificación del aire, por lo que se categoriza como reversible en el corto plazo (1). El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes móviles y fijas de contaminantes atmosféricos. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (uso de la maquinaria) sobre un factor ambiental. Por la naturaleza de la actividad, el impacto del proyecto sobre la calidad del aire es discontinuo (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con el cambio de uso del suelo. El efecto puede reducirse aplicando medidas de mitigación como la verificación y mantenimiento periódico de la maquinaria, en un tiempo menor a un año, por lo que se considera recuperable de forma inmediata (1).

Este impacto, tiene una importancia de -27, por lo que se clasifica como un impacto moderado, de acuerdo al criterio establecido por el método.

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

$$I = -3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1 = -27$$

A2. Impacto del desmonte sobre el nivel de ruido. Se generará ruido por la operación de la maquinaria empleada para el retiro de la vegetación, lo que provocará el desplazamiento de la fauna y probables molestias y afectaciones a las personas que circulen o estén presentes en el área de influencia. El impacto se caracterizó como negativo (-), ya que constituye un perjuicio para el factor ambiental. El impacto tiene una intensidad media (2), ya que los niveles de ruido provocarán molestias a las personas y ahuyentamiento de la fauna. La extensión del impacto es parcial (2), ya que el impacto rebasa los límites del predio sin llegar a afectar toda la microcuenca. No existe un periodo de tiempo entre la emisión del ruido y sus efectos, por lo que el impacto se caracteriza como inmediato (4). El impacto es fugaz (1), ya que solo permanece en el medio receptor mientras se está ejecutando la acción de desmonte. Es reversible en el corto plazo (1), ya que desaparece por medios naturales cuando cesa la acción, es recuperable de forma inmediata (1). El efecto del impacto es directo (4), ya que las molestias son consecuencia de la acción. No presenta sinergia (1), debido a que la suma de los niveles de ruido dos o más fuentes no es mayor que la suma aritmética de los niveles tomados individualmente. Es un impacto acumulable (4), ya que los ruidos se agregan a otros existentes en la zona y los generados por otras fuentes del proyecto. La generación de ruido es un impacto irregular (1), ya que no se produce de forma continua, sino únicamente mientras se opera la maquinaria.

El impacto se categoriza como moderado, de acuerdo con la metodología aplicada, ya que presentó un valor de -27.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1) = -27$$

A3. Impacto del desmonte sobre la calidad del agua. Se generarán residuos sanitarios, sólidos y peligrosos (posibles derrames accidentales de aceites y combustibles y sólidos impregnados con ellos) en el sitio, lo que podría repercutir en la calidad del agua subterránea si no se considerasen medidas para prevenir y mitigar su generación. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (2), debido a que no se prevé una excesiva emisión de residuos que pudieran reducir significativamente la calidad del agua. Se considera también la importancia del factor ambiental. Debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, y sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto, este impacto se clasifica como de extensión parcial (2). El tiempo que media entre la acción de desmonte con la consecuente generación de residuos sólidos y sanitarios, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo sería mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran los efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, tales como otras actividades del proyecto y de otros proyectos dentro de la zona de influencia, el medio podría recuperarse de los efectos en el mediano plazo, es decir, entre 1 y 5 años (2). El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de residuos sanitarios, sólidos y peligrosos que afecten al agua subterránea. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (generación de residuos por el desmonte) sobre un factor ambiental (calidad del agua). Este impacto es discontinuo (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con el desmonte. Se prevé que el efecto no se presente si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el uso de letrinas portátiles y sitios específicos para el almacenamiento temporal de los residuos de acuerdo a su naturaleza, por lo que éste se considera recuperable de forma inmediata (1).

Este impacto es de importancia moderada considerando los criterios propuestos en el método empleado, ya que su valor es de -29.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1) = -29$$

A4. Impacto del desmonte sobre susceptibilidad a la erosión del suelo. El retiro de la vegetación durante el desmonte supone un aumento de la erodabilidad del suelo. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), ya que si bien el retiro de la vegetación produce un aumento del riesgo de erosión con respecto a las condiciones naturales, éste se encontrará aún muy por debajo de las tasas de erosión severas y críticas. Este impacto se valora con una extensión puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre la erodabilidad del suelo. El aumento de la erodabilidad del suelo por el desmonte es permanente (4), por la naturaleza de la actividad y su relación con otras actividades del proyecto. Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible en el medio plazo (2), ya que el suelo es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede presentar acumulación (4) si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la erodabilidad del suelo, así como los efectos de otros proyectos sobre el atributo. Se trata de un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de la reducción de la cobertura vegetal, sobre la capacidad del suelo para retener partículas en su estructura; es irregular (1) por la naturaleza de la actividad, ya que solo se presentará mientras se realice la misma, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir la actividad. El medio no puede recuperarse del todo por medios naturales o por mecanismos establecidos por el hombre, sin embargo, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo que resulta mitigable (4).

En relación a su importancia, el impacto es moderado ya que resulta en un valor calculado de -26 considerando el criterio de la metodología aplicada.

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

$$I = -(3(1) + 2(1) + 4 + 4 + 2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -26$$

A5. Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna. Como consecuencia del retiro de la vegetación, se reducirá el hábitat que da soporte a la fauna del sitio. El impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de los impactos a la fauna por la

reducción de su hábitat depende de la extensión del área ocupada, del tipo de urbanización y de la calidad de la fauna asociada (Español, 2006)⁸⁶. La intensidad de este impacto se considera media (2), debido a que el sitio del proyecto presenta una vegetación secundaria, la zona en la que se encuentra ocupada por desarrollos similares y los indicadores de diversidad del predio son inferiores a los del área de estudio (microcuenca). Este impacto se valora con una extensión puntual (1), ya que el hábitat sólo se perderá en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre el hábitat de la fauna. En relación a su permanencia, la pérdida del hábitat de la fauna es permanente (4). Considerándose la actividad de manera aislada, es decir, sin considerar su relación con otras actividades del proyecto o de otros proyectos, este impacto resulta reversible en el medio plazo (4), ya que el hábitat de la fauna es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, es acumulable (1) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre el hábitat de la fauna en el área de influencia del proyecto. Por el tipo de efecto, el impacto se caracteriza como indirecto (1), ya que la pérdida de hábitat para la fauna es consecuencia de la reducción de la cobertura vegetal en el sitio. El impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna es irregular (1), debido a que la acción es temporal, ya que se realizará una sola vez y durará lo que dure la actividad de desmonte, es decir, la duración del proceso de cambio de uso del suelo. Aunque no se puede erradicar del todo el impacto por medios naturales o por acción humana, la pérdida de hábitat de la fauna puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada y consecuente establecimiento de áreas verdes, por lo que resulta mitigable (4).

Por su importancia, el impacto se clasifica como moderado, ya que tiene un valor de -28, según la metodología empleada.

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

$$I = -(3(2) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4) = -28$$

A6. Impacto del desmonte sobre la diversidad de fauna. La actividad de desmonte, la pérdida de hábitat, los ruidos y el paso de la maquinaria provocarán un desplazamiento de la fauna hacia zonas inalteradas. Algunas de las especies presentes en el proyecto se desarrollan en sitios mejor conservados, por lo que, al retirar la vegetación del sitio del proyecto se reducirá el número de especies presentes en el mismo. Este impacto es

⁸⁶ Español, I. 2006. Evaluación del Impacto Ambiental de Planes de Ordenamiento del Territorio y Urbanismo. En: Abellán, M. A. La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales (Vol. 48). Univ de Castilla La Mancha.

perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera alta (4), debido a que se provocará la reducción de la abundancia de todas las especies de fauna en el predio, lo que repercutiría en sus parámetros de diversidad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que el desplazamiento de la fauna se realizará desde y hasta más allá de los límites del predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre el hábitat de la fauna. La reducción de la diversidad de fauna en el sitio será permanente (4). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible en el medio plazo (2), ya que la diversidad de fauna es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, resulta acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la diversidad de fauna en el área de estudio. Se trata de un impacto directo (4), ya que el desplazamiento de la fauna es una consecuencia directa del propio desmonte por el paso de la maquinaria por el sitio, aun cuando también sea provocado por la pérdida de hábitat. El impacto del desmonte sobre la diversidad de la fauna es discontinuo (1), ya que la acción es temporal, en virtud de que solo durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo. La pérdida de hábitat de la fauna puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada y el consecuente establecimiento de áreas verdes en el sitio del proyecto. Esto mantendrá la presencia de algunas de las especies perdidas en las áreas afectadas, por lo que el proyecto resulta mitigable en términos de su recuperabilidad (4).

En relación a su importancia, el impacto es moderado según el criterio de la metodología aplicada, ya que tiene un valor de -40.

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

$$I = -(3(4) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -40$$

A7. Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora. Por definición, el desmonte implica el retiro de vegetación del sitio, lo que significa una reducción de la cobertura vegetal en el mismo. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. De acuerdo con Español (2006), la intensidad de este impacto depende de la extensión del área de vegetación afectada, del tipo de urbanización y de la calidad de su flora. La vegetación del sitio del proyecto es secundaria y se encuentra en una zona que presenta afectaciones por desarrollos similares. Sin embargo, la intensidad de este impacto se considera alta (4), debido a que se retirará la cobertura vegetal del predio, mientras las extensiones se consideró parcial, ya que el proyecto tiene una superficie de 28 ha. El impacto es inmediato (4), debido

a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre la cobertura vegetal. La pérdida de cobertura vegetal en el sitio de desplante será permanente (4). En cuanto a su reversibilidad, considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible en el medio plazo (2), ya que la cobertura vegetal es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, resulta acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la cobertura vegetal en el área de estudio. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de la acción de desmonte sobre la cobertura vegetal del sitio. El impacto que se evalúa es discontinuo (1), ya que la acción es temporal, solo durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo. La pérdida de hábitat de la fauna puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación (4), tales como la reducción del área afectada y el consecuente establecimiento de áreas verdes.

El impacto resulta moderado en cuanto a su importancia según el método propuesto, ya que presenta un valor de -40.

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

$$I = -(3(4) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -40$$

A8. Impacto del desmonte sobre la diversidad de flora. Por definición, el desmonte implica el retiro de vegetación del sitio de desplante del proyecto, lo que significa la reducción de diversidad de especies de flora en el mismo. Por su naturaleza, este impacto se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada, ya que es perjudicial para el factor ambiental sobre el que incide. La intensidad de este impacto se considera alta (4), debido a que se provocará una reducción de la abundancia de las especies registradas en el predio, sin embargo la permanencia del impacto se considera temporal (2) ya que se rescatará y reubicará las especies de flora. Este impacto se valora con una extensión puntual (2), ya que se presentará en las áreas que se proyecta el desplante del predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre la diversidad vegetal. Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible en el medio plazo (2), ya que la cobertura vegetal y, por lo tanto su diversidad, es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, resulta acumulable (4), si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la diversidad vegetal en el área de estudio. La pérdida de diversidad vegetal, es un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de la reducción de la cobertura vegetal; es irregular (1), ya que la acción es temporal debido a que solo se realizará una vez durante el proceso de cambio de

uso del suelo. Aunque la pérdida de cobertura vegetal no puede recuperarse totalmente, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada y el consecuente establecimiento de áreas verdes, por lo que se cataloga como mitigable (4).

El impacto es moderado por lo que corresponde a su importancia, ya que tiene un valor de -35.

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

$$I = -(3(4) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -35$$

A9. Impacto del desmonte sobre el paisaje. El retiro de la vegetación modificará el paisaje de la zona, es decir la percepción del medio por la población del área de influencia. Este impacto implica una reducción de la calidad perceptual del medio, por lo que es un perjuicio al factor evaluado, por esta razón se considera impacto negativo (-). Al ser un área afectada por la presencia de otros desarrollos inmobiliarios, y por infraestructura urbana, y por la intensidad de la actividad, éste impacto se considera de intensidad media (2). Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que los efectos al paisaje afectan a una mayor área de la abarcada por el predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre el paisaje. La pérdida de calidad del paisaje en el sitio de desplante será permanente (4). En relación a su reversibilidad, considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible en el medio plazo (2), ya que el paisaje es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica al recuperar cobertura vegetal. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; no obstante, resulta acumulable (4) si se consideran los efectos de otras actividades del proyecto evaluado y otros proyectos sobre la calidad del paisaje. Es un impacto indirecto (4), ya que es consecuencia de la reducción de la cobertura vegetal, sobre el mismo. Debido a que la actividad se realizará una vez y solo durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo, el impacto es irregular (1). En relación su recuperabilidad, la pérdida de calidad del paisaje, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada y el mantenimiento de áreas verdes en el sitio, por lo que el impacto resulta mitigable (4).

Por lo que respecta a la importancia del impacto, ésta se cataloga como moderada según los criterios de la metodología empleada, ya que exhibe un valor de -31.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -31$$

A10. Impacto del desmonte sobre la oferta laboral. Las actividades de desmonte generan empleos en la comunidad. Este impacto es beneficioso para el medio socioeconómico, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), considerándose la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su influencia va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (1), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento de la oferta laboral en las poblaciones locales es menor a un año. En cuanto a su permanencia, los empleos generados por la actividad de desmonte serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, una vez finalizada la actividad, la cantidad de empleos en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, si se consideran los empleos generados por otras actividades del proyecto, y por proyectos similares en la zona de influencia del proyecto evaluado, resulta acumulable (4). La generación de empleos constituye un impacto directo (4), ya que es consecuencia de los requerimientos de personal en las actividades de desmonte sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto; e irregular (1), ya que la acción es temporal, debido a que solo se realizará una vez en el proyecto y durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico, en lo que respecta a la cantidad de empleos en la zona, vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata (1).

Según su importancia, el impacto se valora como irrelevante según el baremo propuesto por el autor del método, ya que su valor se calculó en +25.

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

$$I = -(3(1) + 2(2) + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1) = +25$$

A11. Impacto del desmonte sobre la economía local. Las actividades de desmonte generan derrama económica en la comunidad, por el consumo del personal ocupado y por la compra de insumos para la actividad. Este impacto es beneficioso para el medio socioeconómico, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), considerándose la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su influencia va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento de la actividad económica en las poblaciones

locales es menor a un año. En cuanto a su permanencia, la derrama económica generada por la actividad de desmonte será temporal (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, una vez finalizada la actividad, la derrama económica en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (4) por el efecto multiplicador de la actividad en la economía; además, si se consideran los empleos generados por otras actividades del proyecto, y por proyectos similares en la zona de influencia del proyecto evaluado, resulta acumulable (4). El aumento de la actividad económica en las poblaciones locales, constituye un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos del proyecto; e irregular (1), ya que la acción es temporal, debido a que solo se realizará una vez en el proyecto y durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico, en lo que respecta a la economía local, vuelve a su estado original en menos de un año después de finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata (1).

Según su importancia, el impacto se valora como irrelevante según el baremo propuesto por el autor del método, ya que su valor se calculó en +25.

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

$$I = -(3(1) + 2(2) + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1) = +25$$

B1. Impacto del despalme sobre la calidad del aire. El empleo de maquinaria para el despalme generará emisiones a la atmósfera producto de la combustión interna de los motores. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que, por su naturaleza se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (2), debido a que no se prevé una excesiva emisión de contaminantes a la atmósfera. La extensión de este impacto será parcial (2), ya que su alcance es mayor que solo el lugar específico donde se generan los contaminantes debido a la dispersión de los mismos, pero no llega a salirse de los límites del área de influencia del proyecto. El tiempo que media entre la acción de Despalme y la emisión de contaminantes a la atmósfera es nulo, por lo que el impacto es inmediato (4). La duración de los contaminantes en el medio es mucho menor a un año, por lo que, según el criterio propuesto en el método el impacto es fugaz (1), mientras se considera reversible a mediano corto (1), ya que se estima que aproximadamente en un año podía recuperarse. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, el impacto puede ser acumulable (4) con otras fuentes móviles y fijas de contaminantes atmosféricos. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (uso de la maquinaria) sobre el factor ambiental. El impacto del despalme sobre la calidad del aire es irregular (1), ya que

solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con la actividad de despalme. El efecto puede reducirse aplicando medidas de mitigación como la verificación y mantenimiento de la maquinaria, en un tiempo menor a un año, por lo que es recuperable de manera inmediata (1).

De acuerdo con su importancia, el impacto del despalme sobre el aire se cataloga como moderado, en virtud de que su valor es de -27.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -27$$

B2. Impacto del despalme sobre el nivel de ruido. Se generará ruido por la operación de la maquinaria empleada para el retiro de la vegetación, lo que provocará el desplazamiento de la fauna y probables molestias y afectaciones a las personas que circulen o estén presentes en el área de influencia. El impacto se caracterizó como negativo (-), ya que constituye un perjuicio para el factor ambiental. El impacto tiene una intensidad media (2), ya que los niveles de ruido provocarán molestias a las personas y ahuyentamiento de la fauna. La extensión del impacto es parcial (2), ya que el impacto rebasa los límites del predio sin llegar a afectar toda la microcuenca. No existe un periodo de tiempo entre la emisión del ruido y sus efectos, por lo que el impacto se caracteriza como inmediato (4). El impacto es fugaz (1), ya que solo permanece en el medio receptor mientras se está ejecutando la acción de despalme. Es reversible en el corto plazo (1), ya que desaparece por medios naturales cuando cesa la acción, es recuperable de forma inmediata (1). El efecto del impacto es directo (4), ya que las molestias son consecuencia directa de la acción. No presenta sinergia (1), debido a que la suma de los niveles de ruido dos o más fuentes no es mayor que la suma aritmética de los niveles tomados individualmente. Es un impacto acumulable (4), ya que los ruidos se agregan a otros existentes en la zona y los generados por otras fuentes del proyecto. La generación de ruido es un impacto irregular (1), ya que no se produce de forma continua, sino únicamente mientras se opera la maquinaria.

El impacto se categoriza como moderado, de acuerdo con la metodología aplicada, ya que presentó un valor de -27.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1) = -27$$

B3. Impacto del despalme sobre la calidad del agua. Se generarán residuos sanitarios, sólidos y posiblemente peligros por la acción de despalme, lo que podría repercutir en la calidad del agua subterránea al generarse lixiviados que pudieran llegar hasta el acuífero.

Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se según su naturaleza se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (2), debido a que no se prevé una excesiva emisión de residuos que pudieran reducir significativamente la calidad del agua. Se considera también la importancia del factor ambiental. Este impacto es de extensión parcial (2), debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto. El tiempo que transcurre entre la acción de despalme con la consecuente generación de residuos sólidos y sanitarios, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo es mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, el medio podría recuperarse de los efectos en el mediano plazo (2), es decir, entre 1 y 5 años. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos. No obstante, el impacto puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de residuos sanitarios y sólidos que afecten al agua subterránea. Se trata de un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de una acción (generación de residuos por el despalme) sobre un factor ambiental (calidad del agua). El impacto del despalme sobre la calidad del agua sería irregular (1), ya que solo se generaría mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará una vez durante el tiempo necesario para concluir con el despalme. Se prevé que el efecto no se presente si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el uso de letrinas portátiles y sitios específicos para el almacenamiento temporal de los residuos, por lo que éste se considera recuperable de forma inmediata, por lo que para efectos de la evaluación del impacto, se considera recuperable de forma inmediata (1).

Por lo que respecta a su importancia, el impacto presenta un valor de -26, lo que indica que es moderado en función de la metodología aplicada.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 1) = -26$$

B4. Impacto del despalme sobre la calidad del suelo. La actividad de despalme por definición implica el retiro de la primera capa de suelo, lo que modifica su composición y estructura. Además, se prevé la posible contaminación por la generación de residuos sólidos, sanitarios y, eventualmente, peligrosos. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera alta (4), debido a que el

despalme provoca cambios en la estructura del suelo, y en otras características físicas de éste, tales como su composición, lo que reduce su funcionalidad como sustrato para la vegetación. Este impacto se valora con una extensión puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre la calidad del suelo. Los cambios en la calidad y estructura del suelo por el despalme son permanentes (4). Considerándose la actividad de manera aislada, es decir, sin considerar la naturaleza de otras actividades del proyecto y otros impactos producidos por las mismas, este impacto resulta reversible en el irreversible (4), ya que el suelo es capaz de recuperarse por procesos de sucesión ecológica. El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos, pero es acumulable (4) si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la calidad del suelo, así como los efectos de otros proyectos sobre el factor. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (despalme) sobre la calidad del suelo. El impacto del despalme sobre la calidad del suelo es discontinuo (1), ya que la actividad solo se realizará en el tiempo necesario para concluir con el despalme. El efecto del Despalme sobre la calidad del suelo, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo que se caracteriza como mitigable correspondiéndole un valor de 4.

Por su importancia el impacto se clasifica como moderado, al tener un valor de -40.

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

$$I = -(3(4) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -40$$

B5. Impacto del despalme sobre la erodabilidad del suelo. Como consecuencia del retiro de la capa superficial del suelo, se espera una disminución de la resistencia del suelo a la erosión. De hecho, la actividad misma supone un factor de pérdida de suelo por definición. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1) ya que si bien el retiro de la vegetación produce un aumento del riesgo de erosión con respecto a las condiciones naturales, éste se encontrará aún muy por debajo de las tasas de erosión severas y críticas. Este impacto se valora con una extensión puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre la erodabilidad del suelo. El aumento de la erodabilidad y la pérdida del suelo por el despalme son permanente (4). Si se considera la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible (4), ya que resulta difícil la generación del suelo una vez perdido por la actividad, ya que imposibilita el desarrollo de la vegetación. El

impacto no presenta sinergia, es decir, es un impacto simple (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo es acumulable si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la erodabilidad del suelo, así como los efectos de otros proyectos por la pérdida de suelo, por lo que le corresponde un valor de 4. El impacto es directo (4), ya que es consecuencia de la remoción de la capa superficial (despalme), sobre la cantidad del suelo presente en el sitio, es decir, que la propia actividad contribuye a la pérdida de suelo. El impacto del despalme sobre la erodabilidad y pérdida del suelo es discontinuo (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con el despalme. El efecto del despalme sobre la erodabilidad del suelo, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo tanto es un impacto mitigable y le corresponde un valor de 4, según el criterio propuesto en el método empleado.

Por su importancia el impacto del despalme sobre la erodabilidad del suelo es moderado, ya que su valor es de -31.

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

$$I = -(3(1) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -31$$

B6. Impacto del despalme sobre el paisaje. El retiro de la capa superficial del suelo, modificará la percepción social del medio. Este impacto es perjudicial para el paisaje ya que constituye una degradación de la calidad de la percepción del sitio, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera media (2), por la importancia del factor ambiental, debido a que representa una zona urbana afectada por otros desarrollos y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que los efectos al paisaje afectan a una mayor área de la abarcada por el predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre el despalme y los efectos sobre el paisaje. La pérdida de calidad del paisaje en el sitio de desplante será permanente, por lo que le corresponde un valor de 4. Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible (4), ya que el paisaje (la calidad perceptual del medio) no sería capaz de recuperarse por medios naturales. El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple con valor de 1, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, resulta acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la calidad del paisaje. La pérdida de calidad del paisaje, es un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de la reducción de la capa superficial del suelo, sobre el mismo. El impacto del despalme sobre el paisaje es irregular (1), ya que la acción es temporal, debido a que solo durará lo que dure el proceso de despalme. La pérdida de

calidad del paisaje puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, pero no puede evitarse del todo, por lo que el impacto es mitigable y le corresponde un valor de 4.

El impacto es de importancia moderada según el criterio propuesto por la metodología, ya que tiene un valor calculado de -33.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -33$$

B7. Impacto del despalme sobre la oferta laboral. Las actividades de despalme generan empleos en la comunidad. Este impacto es beneficioso para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera media (2), por la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad de despalme y un aumento de la oferta laboral en las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de despalme serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la cantidad de empleos en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto no presenta sinergia, por lo que se cataloga como simple con un valor de 1, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, es acumulable con un valor de 4, si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la cantidad de empleos de las poblaciones de influencia del proyecto. Se trata de un impacto directo con valor de 4, ya que es consecuencia de las actividades de desmonte sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto del desmonte sobre la oferta laboral es irregular (1), ya que la acción es temporal, y solo durará lo que dure el proceso de cambio despalme y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata, por lo que le corresponde un valor de 1

En relación a su importancia, el impacto resulta irrelevante según el criterio establecido en el método, ya que tiene un valor de +28.

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

$$I = +(3(2) + 2(4) + 2 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = +28$$

B8. Impacto del despalme sobre la economía local. Las actividades de despalme generan empleos en la comunidad, que a su vez, junto con la compra de insumos para la realizar la acción, generan aumento en la actividad económica de la misma. Este impacto es beneficioso (+) para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo en términos de la metodología propuesto. Este impacto se valora con intensidad media (2) y una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento en la actividad económica de las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de despalme, así como la compra de insumos para la actividad, serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la actividad económica de la zona de influencia será similar a la original en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (4), por el efecto multiplicador de la actividad de en la economía. El impacto además es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre actividad económica en las poblaciones de influencia del proyecto. El efecto es indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos para las actividades de despalme sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto del despalme sobre la actividad económica de la zona es irregular (1), ya que solo durará lo que dure el proceso despalme y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, y de cesada la compra de insumos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata y adopta el valor de 1 de acuerdo a la metodología aplicada.

Según su nivel de importancia, el impacto es irrelevante, ya que tiene un valor de +28.

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

$$I = +(3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1) = +28$$

C1. Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del aire. El empleo de maquinaria para la nivelación generará emisiones a la atmósfera producto de la combustión interna de los motores, así como la posible generación de polvos. Por su naturaleza, este impacto se catalogó como negativo (-), ya que es perjudicial para el medio en el que se presenta; tiene una intensidad media (2), debido a que por la intensidad de la actividad, no se prevé una excesiva emisión de contaminantes a la atmósfera. La extensión de este impacto será parcial (2), ya que su alcance es mayor que solo el lugar específico donde se generan los contaminantes debido a la dispersión de los mismos, pero no llega a salirse de los límites del área de influencia del proyecto. El tiempo que media entre la acción de desmonte y la emisión de contaminantes a la atmósfera es nulo, por lo que el impacto es inmediato (4).

Por su dispersión, la duración de los contaminantes en el medio es mucho menor a un año, por lo que, según el criterio propuesto en el método el impacto es fugaz (1). El medio es capaz de recuperarse en su totalidad en un plazo inferior a un año a través de mecanismos naturales de purificación del aire, por lo que se categoriza como reversible en el corto plazo (1). El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes móviles y fijas de contaminantes atmosféricos. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (trazo y nivelación) sobre un factor ambiental. Por la naturaleza de la actividad, el impacto del proyecto sobre la calidad del aire es discontinuo (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con el cambio de uso del suelo. El efecto puede reducirse aplicando medidas de mitigación como la verificación y mantenimiento periódico de la maquinaria, en un tiempo menor a un año, por lo que se considera recuperable de forma inmediata (1).

Este impacto, tiene una importancia de -27, por lo que se clasifica como un impacto moderado, de acuerdo al criterio establecido por el método.

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

$$I = +(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -27$$

C2. Impacto del trazo y nivelación sobre el nivel de ruido. Se generará ruido por la operación de la maquinaria empleada para el retiro de la vegetación, lo que provocará el desplazamiento de la fauna y probables molestias y afectaciones a las personas que circulen o estén presentes en el área de influencia. El impacto se caracterizó como negativo (-), ya que constituye un perjuicio para el factor ambiental. El impacto tiene una intensidad media (2), ya que los niveles de ruido, provocarán molestias a las personas y ahuyentamiento de la fauna. La extensión del impacto es parcial (2), ya que el impacto rebasa los límites del predio sin llegar a afectar toda la microcuenca. No existe un periodo de tiempo entre la emisión del ruido y sus efectos, por lo que el impacto se caracteriza como inmediato (4). El impacto es fugaz (1), ya que solo permanece en el medio receptor mientras se está ejecutando la acción de trazo y nivelación. Es reversible en el corto plazo (1), ya que desaparece por medios naturales cuando cesa la acción, es recuperable de forma inmediata (1). El efecto del impacto es directo (4), ya que las molestias son consecuencia directa de la acción. No presenta sinergia (1), debido a que la suma de los niveles de ruido dos o más fuentes no es mayor que la suma aritmética de los niveles tomados individualmente. Es un impacto acumulable (4), ya que los ruidos se agregan a otros existentes en la zona y los generados por otras fuentes del proyecto. La generación de ruido es un impacto irregular

(1), ya que no se produce de forma continua, sino únicamente mientras se opera la maquinaria.

El impacto se categoriza como moderado, de acuerdo con la metodología aplicada, ya que presentó un valor de -27.

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

$$I = +(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -27$$

C3. Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua. Se generarán residuos sanitarios, sólidos y peligrosos (posibles derrames accidentales de aceites y combustibles y sólidos impregnados con ellos) en el sitio, lo que podría repercutir en la calidad del agua subterránea si no se considerasen medidas para prevenir y mitigar su generación. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (1), debido a que no se prevé una excesiva emisión de residuos que pudieran reducir significativamente la calidad del agua. Se considera también la importancia del factor ambiental. Debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, y sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto, este impacto se clasifica como de extensión parcial (2). El tiempo que media entre la acción de desmonte con la consecuente generación de residuos sólidos y sanitarios, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo sería mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran los efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, tales como otras actividades del proyecto y de otros proyectos dentro de la zona de influencia, el medio podría recuperarse de los efectos en el mediano plazo, es decir, entre 1 y 5 años (2). El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de residuos sanitarios, sólidos y peligrosos que afecten al agua subterránea. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (trazo y nivelación) sobre un factor ambiental (calidad del agua). Este impacto es discontinuo (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con el trazo y nivelación. Se prevé que el efecto no se presente si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el uso de letrinas portátiles y sitios específicos para el almacenamiento temporal de los residuos de acuerdo a su naturaleza, por lo que éste se considera recuperable de forma inmediata (1).

Este impacto es de importancia moderada considerando los criterios propuestos en el método empleado, ya que su valor es de -26.

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

$$I = +(3(1) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -26$$

C4. Impacto del trazo y nivelación sobre la cantidad de agua en el acuífero subterráneo.

La nivelación implica la compactación del suelo, lo que finalmente provoca una reducción de su permeabilidad y su capacidad para permitir la recarga del acuífero. Este impacto es perjudicial para el medio al que afecta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto tiene tanto mayor intensidad cuanto mayores sean las dimensiones de ocupación y mayor sea la importancia del acuífero (Español, 2006). Este impacto se valora con una intensidad alta con un valor de 4, debido a que la pérdida de permeabilidad del suelo reducirá la capacidad del mismo para la infiltración de agua al subsuelo. Este impacto es de extensión puntual (1), debido a que la pérdida de recarga del acuífero se limitará al lugar donde se realice el trazo y nivelación. El tiempo que media entre la acción de nivelación y la reducción de la recarga del acuífero es nulo, por lo que el impacto es inmediato (4). La pérdida de capacidad de recarga del acuífero del sitio, será permanente (4). El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos, por lo que le corresponde un valor de 1; a pesar de lo anterior el efecto es acumulable (4) con otras afectaciones a la capacidad de recarga del acuífero. Se trata de un impacto indirecto (1), ya que es consecuencia de la pérdida de permeabilidad del suelo sobre la capacidad de recarga del acuífero. El impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua es irregular (1), ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con la acción de trazo y nivelación. El efecto es mitigable (4) mediante la limitación del área afectada y manteniendo una superficie permeable de al menos el 40% de la total del predio.

De acuerdo con el criterio del método, el impacto resulta de importancia moderada, ya que tiene un valor calculado de -37.

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

$$I = -(3(4) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -37$$

C5. Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo. La nivelación implica la colocación de materiales pétreos y compactación del suelo y la consecuente modificación de su estructura, composición, porosidad y permeabilidad, así como la posible contaminación por la generación de residuos. Este impacto es perjudicial para el medio en

el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera alta con un valor de 4, debido a que se modificará la permeabilidad del suelo en las áreas de desplante del proyecto; su extensión es puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. Los cambios en la calidad del suelo por el trazo y nivelación son permanentes, por lo que se le asigna un valor de 4. Aun considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible (4). El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple con un valor de 1 en cuanto a su sinergismo, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, es acumulable (4) si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la calidad del suelo, así como los efectos de otros proyectos sobre el atributo ambiental en evaluación. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (trazo y nivelación) sobre la calidad del suelo. El impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo es irregular (1), ya que la actividad solo se realizará en el tiempo necesario para concluir con el cambio de uso del suelo y no se repetirá en el sitio del proyecto. El impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo tanto es mitigable con un valor de 4 en cuanto a su recuperabilidad.

El impacto se califica como moderado de acuerdo al criterio de la metodología, ya que tiene un valor de importancia de -40.

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

$$I = -(3(4) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -40$$

C6. Impacto del trazo y nivelación sobre la microtopografía del sitio. La nivelación consiste en el retiro y colocación de materiales para la conformación de los terraplenes a un nivel homogéneo. Esto, por definición modificará el relieve del área de desplante del proyecto. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), por la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. Los cambios en la microtopografía del sitio por el trazo y nivelación son permanentes. Aun considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible (4), ya que resulta imposible que el relieve se recupere por medios naturales. El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; a pasar de esto, el impacto es acumulable (4) si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la calidad del suelo, así como los

efectos de otros proyectos sobre el atributo ambiental. Se trata de un impacto directo, ya que es consecuencia de una acción (trazo y nivelación) sobre la calidad del suelo. El impacto del trazo y nivelación sobre la microtopografía es irregular (1), ya que la actividad solo se realizará en el tiempo necesario para concluir con el cambio de uso del suelo. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (trazo y nivelación) sobre un atributo ambiental: la microtopografía del sitio. El efecto del trazo y nivelación sobre la microtopografía del sitio, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo que es mitigable y le corresponde un valor de 4, según la metodología que se aplica.

Por su importancia, este impacto se cataloga como moderado, ya que tiene un valor de -31.

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

$$I = -(3(1) + 2(1) + 1 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -31$$

C7. Impacto del trazo y nivelación sobre el paisaje. La nivelación modifica la apariencia del suelo y, por lo tanto la percepción del factor por la sociedad de las poblaciones cercanas al proyecto. Este impacto es perjudicial para el paisaje ya que constituye una degradación de la calidad de la percepción del sitio, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera media con un valor de 2, por la importancia del factor (zona urbana afectada por proyectos similares) y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que los efectos al paisaje afectan a una mayor área de la abarcada por el predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre el paisaje. La pérdida de calidad del paisaje en el sitio de desplante será permanente, es decir, en el sentido de su persistencia tiene un valor de 4. Aun considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible, ya que la calidad perceptual no podría recuperarse por medios naturales, por lo que adopta un valor de 4. El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple con un valor de 1 en cuanto a su sinergismo, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo es acumulable si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la calidad del paisaje. La pérdida de calidad del paisaje, es un impacto indirecto con un valor en cuanto a su efecto de 1, ya que es consecuencia de la pérdida de calidad del suelo. El impacto del trazo y nivelación sobre el paisaje es irregular (1), ya que la acción es temporal, ya que solo durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo y no se repetirá en el sitio del proyecto. La pérdida de calidad del paisaje puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo que representa un impacto mitigable con valor de 4 por su recuperabilidad.

La importancia del impacto de la nivelación sobre el paisaje es moderada en función de los criterios del método, ya que alcanza un valor de -33.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 1 + 4 + 1 + 1 + 4) = -33$$

C8. Impacto del trazo y nivelación sobre la oferta laboral. La acción de trazo y nivelación generará empleos en la comunidad. Este impacto es beneficioso para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), por la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad de nivelación y un aumento de la oferta laboral en las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de nivelación serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la cantidad de empleos en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto no presenta sinergia, por lo que se cataloga como simple con un valor de 1, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, es acumulable con un valor de 4, si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la cantidad de empleos de las poblaciones de influencia del proyecto. Se trata de un impacto directo con valor de 4, ya que es consecuencia de la acción de trazo y nivelación sobre la oferta laboral en la zona de influencia del proyecto. El impacto del trazo y nivelación sobre la oferta laboral es irregular (1), ya que la acción es temporal, y solo durará lo que dure el trazo y nivelación y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata, por lo que le corresponde un valor de 1

En relación a su importancia, el impacto resulta irrelevante según el criterio establecido en el método, ya que tiene un valor de +23.

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

$$I = +(3(3) + 2(4) + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = +23$$

C9. Impacto del trazo y nivelación sobre la economía local. La acción de trazo y nivelación generan empleos en la comunidad, que a su vez, junto con la compra de insumos para la realizar la acción, generan aumento en la actividad económica de la misma. Este impacto es

beneficioso (+) para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una extensión parcial, ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto, por lo que se asigna un valor de 2 según este criterio. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento en la actividad económica de las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de nivelación, así como la compra de insumos para la actividad, serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la actividad económica de la zona de influencia será similar a la original en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (4), por el efecto multiplicador de la actividad de en la economía. El impacto además es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre actividad económica en las poblaciones de influencia del proyecto. El efecto es indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos para la acción de trazo y nivelación sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto del trazo y nivelación sobre la actividad económica de la zona es irregular (1), ya que la acción es temporal, ya que solo durará lo que dure la acción de trazo y nivelación y no se repetirá en el sitio del proyecto. La economía local vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos y de cesada la compra de insumos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata y adopta el valor de 1 de acuerdo a la metodología aplicada.

Según su nivel de importancia, el impacto es irrelevante, ya que tiene un valor de +25.

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

$$I = +(3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1) = +25$$

D1. Impacto de la urbanización y el equipamiento sobre la calidad del aire. El empleo de maquinaria para la urbanización y equipamiento generará emisiones a la atmósfera producto del uso de la maquinaria para excavaciones y otros equipos de combustión externa, así como de la generación de polvos. Este impacto es perjudicial para el medio que lo recibe, por lo que se clasifica como negativo (-) según la metodología aplicada; se valora con una intensidad media (2), debido a que no se prevé una excesiva emisión de contaminantes a la atmósfera. La extensión de este impacto será parcial (2), ya que su alcance es mayor que solo el lugar específico donde se generan los contaminantes debido a la dispersión de los mismos, pero no llega a salirse de los límites del área de influencia del proyecto. El tiempo que media entre la acción de Urbanización y equipamiento y la emisión de contaminantes a la atmósfera es nulo, por lo que el impacto es inmediato en cuanto al momento de manifestación con un valor de 4. La duración de los contaminantes en el medio

es mucho menor a un año, por lo que, según el criterio propuesto en el método el impacto es fugaz (1). El medio es capaz de recuperarse en su totalidad en un plazo inferior a un año a través de mecanismos naturales de purificación del aire, por lo que se categoriza como reversible en el corto plazo (1). El impacto es simple (1), no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes móviles y fijas de contaminantes atmosféricos. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (uso de la maquinaria) sobre un factor ambiental. La urbanización y equipamiento sobre la calidad del aire se realizará una sola vez, por lo que el impacto sobre el aire es irregular con un valor de 1 en cuanto a su periodicidad. El efecto puede reducirse aplicando medidas de mitigación como la verificación y mantenimiento de la maquinaria, en un tiempo menor a un año, por lo que se considera recuperable en el corto plazo y adopta un valor de 1.

La importancia del impacto lo coloca en la categoría de moderado, ya que resulta en un valor de -27.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -27$$

D2. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre el nivel de ruido. Se generará ruido por la operación de la maquinaria empleada para el retiro de la vegetación, lo que provocará el desplazamiento de la fauna y probables molestias y afectaciones a las personas que circulen o estén presentes en el área de influencia. El impacto se caracterizó como negativo (-), ya que constituye un perjuicio para el factor ambiental. El impacto tiene una intensidad alta (4), ya que las excavaciones requieren del empleo de maquinaria que, en su operación, produce mayor ruido que el de las etapas anteriores. La extensión del impacto es parcial (2), ya que el impacto rebasa los límites del predio sin llegar a afectar toda la microcuenca. No existe un periodo de tiempo entre la emisión del ruido y sus efectos, por lo que el impacto se caracteriza como inmediato (4). El impacto es fugaz (1), ya que solo permanece en el medio receptor mientras se está ejecutando la acción de despalme. Es reversible en el corto plazo (1), ya que desaparece por medios naturales cuando cesa la acción, es recuperable de forma inmediata (1). El efecto del impacto es directo (4), ya que las molestias son consecuencia directa de la acción. No presenta sinergia (1), debido a que la suma de los niveles de ruido dos o más fuentes no es mayor que la suma aritmética de los niveles tomados individualmente. Es un impacto acumulable (4), ya que los ruidos se agregan a otros existentes en la zona y los generados por otras fuentes del proyecto. La generación de ruido es un impacto irregular (1), ya que no se produce de forma continua, sino únicamente mientras se opera la maquinaria.

El impacto se categoriza como moderado, de acuerdo con la metodología aplicada, ya que presentó un valor de -33.

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

$$I = -(3(4) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -33$$

D3. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del agua. Se generarán residuos sanitarios, sólidos y posiblemente peligrosos (de forma accidental) por la actividad de los trabajadores en el sitio, lo que podría repercutir en la calidad del agua subterránea. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (2), debido a que no se prevé una excesiva emisión de residuos que pudieran reducir significativamente la calidad del agua. Se considera también la importancia del factor ambiental. Debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, y sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto, este impacto se clasifica como de extensión parcial (2). El tiempo que media entre la acción de desmonte con la consecuente generación de residuos sólidos y sanitarios, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo sería mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran los efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, tales como otras actividades del proyecto y de otros proyectos dentro de la zona de influencia, el medio podría recuperarse de los efectos en el mediano plazo, es decir, entre 1 y 5 años (2). El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de residuos sanitarios, sólidos y peligrosos que afecten al agua subterránea. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (urbanización y equipamiento) sobre un factor ambiental (calidad del agua). Este impacto es discontinuo, ya que solo se presentará mientras se realice la actividad, la cual solamente se realizará en el tiempo necesario para concluir con la urbanización y equipamiento. Se prevé que el efecto no se presente si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el uso de letrinas portátiles y sitios específicos para el almacenamiento temporal de los residuos de acuerdo a su naturaleza, por lo que éste se considera recuperable de forma inmediata (1).

Este impacto es de importancia moderada considerando los criterios propuestos en el método empleado, ya que su valor es de -29.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = -29$$

D4. Impacto de la urbanización sobre la calidad del suelo. La urbanización y equipamiento implica la excavación, colocación de materiales pétreos y compactación del suelo y la consecuente modificación de su estructura, composición, porosidad y permeabilidad, además de la posible contaminación por residuos. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera alta con un valor de 1, debido a que los cambios en la estructura, composición y funcionalidad del suelo serán mínimos; su extensión es puntual (1), ya que sólo se presentará en aquellas áreas en las que se proyecta el desplante del fraccionamiento. Los cambios en la calidad y estructura del suelo por la urbanización y equipamiento son permanentes, por lo que se le asigna un valor de 4. Aun considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible (4). El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple con un valor de 1 en cuanto a su sinergismo, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, es acumulable (4) si se consideran otras actividades del proyecto que afectarán la calidad del suelo, así como los efectos de otros proyectos sobre el atributo ambiental en evaluación. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (urbanización y equipamiento) sobre la calidad del suelo. El impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo es irregular (1), ya que la actividad solo se realizará en el tiempo necesario para concluir con el cambio de uso del suelo y no se repetirá en el sitio del proyecto. El efecto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo, puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo tanto es mitigable con un valor de 4 en cuanto a su recuperabilidad.

El impacto es moderado, con base en el criterio establecido por la metodología, ya que tiene un valor de -28.

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

$$I = -(3(1) + 2(1) + 1 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1 + 4) = -28$$

D5. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre el paisaje. La Urbanización y equipamiento modifica la apariencia general del sitio y, por lo tanto la percepción del medio por la sociedad de las poblaciones cercanas al proyecto. Este impacto es perjudicial para el paisaje ya que constituye una degradación de la calidad de la percepción del sitio, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera media con un valor de 2, por la importancia del factor (zona

urbana afectada por proyectos similares) y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que los efectos al paisaje afectan a una mayor área de la abarcada por el predio. El impacto es inmediato (4), debido a que no transcurre tiempo alguno entre la actividad y los efectos sobre el paisaje. La pérdida de calidad del paisaje en el sitio de desplante será permanente, es decir, en el sentido de su persistencia tiene un valor de 4. Aun considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta irreversible, ya que la calidad perceptual no podría recuperarse por medios naturales, por lo que adopta un valor de 4. El impacto no presenta sinergia, es decir es un impacto simple con un valor de 1 en cuanto a su sinergismo, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la calidad del paisaje. La pérdida de calidad del paisaje, es un impacto indirecto con un valor en cuanto a su efecto de 1, ya que es consecuencia de la pérdida de calidad del suelo. El impacto de la urbanización y equipamiento sobre el paisaje es irregular (1), ya que la acción es temporal, ya que solo durará lo que dure el proceso de cambio de uso del suelo y no se repetirá en el sitio del proyecto. La pérdida de calidad del paisaje puede reducirse mediante la aplicación de medidas de mitigación, tales como la reducción del área afectada, por lo que representa un impacto mitigable con valor de 4 por su recuperabilidad.

La importancia del impacto de la urbanización y equipamiento sobre el paisaje es moderada en función de los criterios del método, ya que alcanza un valor de -30.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4) = -30$$

D6. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la oferta laboral. Las actividades de urbanización y equipamiento generan empleos en la comunidad. Este impacto es beneficioso para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), por la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad de urbanización y equipamiento y un aumento de la oferta laboral en las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de urbanización y equipamiento serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la cantidad de empleos en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto no presenta sinergia, por lo que se cataloga como simple con un valor de 1, ya que no existen mecanismos de combinación con otros

impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, es acumulable con un valor de 4, si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la cantidad de empleos de las poblaciones de influencia del proyecto. Se trata de un impacto directo con valor de 4, ya que es consecuencia de las actividades de urbanización y equipamiento sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto de la urbanización y equipamientoobre la oferta laboral es irregular (1), ya que la acción es temporal, y solo durará lo que dure el proceso de cambio urbanización y equipamiento y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata, por lo que le corresponde un valor de 1

En relación a su importancia, el impacto resulta irrelevante según el criterio establecido en el método, ya que tiene un valor de +25.

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

$$I = +(3(1) + 2(2) + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1 + 1) = +25$$

D7. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la cobertura de infraestructura. El propio proyecto contribuirá al aumento de la infraestructura urbana de la zona de estudio, lo que llevará a un aumento de la oferta de espacios para la vivienda. Este impacto resulta beneficioso para la comunidad del centro de Población de Cancún, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de su naturaleza. Su intensidad se considera media (2), por el tamaño del desarrollo, es decir por el número de manzanas considerados para el proyecto. La extensión del impacto es puntual (1), ya que el aumento de la infraestructura se realizará únicamente en el área prevista para el desplante de fraccionamiento. Será permanente (4), ya que prevalecerá durante todo el ciclo de vida del proyecto, mismo que tendrá una duración mucho mayor a 10 años. El impacto resultará irreversible, ya que no es posible que se eliminen las viviendas por medios naturales (4) y es irrecuperable, ya que no se espera eliminar la infraestructura, en un plazo menor a la vida útil del proyecto. El efecto no presenta sinergia (1), ya que sumados los desarrollos inmobiliarios existentes con el que se evalúa no producirían un efecto potencializado o debilitado, sin embargo, es acumulable (4), ya que se suma a la oferta de espacios para la vivienda de otros proyectos similares. Es un impacto directo (4), ya que es producto de la urbanización y equipamiento sobre la cobertura de infraestructura. Debido a que el impacto se produce una sola vez, se cataloga como irregular (1).

Por su importancia, este impacto resulta moderado de acuerdo a la metodología aplicada, ya que exhibe un valor de +31.

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

$$I = +(3(2) + 2(1) + 1 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1) = +31$$

D8. Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la economía local. Las actividades de urbanización y equipamiento generan empleos en la comunidad, que a su vez, junto con la compra de insumos para la realizar la acción, generan aumento en la actividad económica de la misma. Este impacto es beneficioso (+) para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo en términos de la metodología aplicada, además se clasifica con intensidad media (2) ya que generará empleos y vivienda para el municipio de Cancún. Este impacto se valora con una extensión parcial, ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto, por lo que se asigna un valor de 2 según este criterio. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento en la actividad económica de las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de urbanización y equipamiento, así como la compra de insumos para la actividad, serán temporales (2). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la actividad económica de la zona de influencia será similar a la original en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (4), por el efecto multiplicador de la actividad de en la economía. El impacto además es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre actividad económica en las poblaciones de influencia del proyecto. El efecto es indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos para las actividades de urbanización y equipamiento sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto de la urbanización y equipamiento sobre la actividad económica de la zona es irregular, ya que la acción es temporal, ya que solo durará lo que dure el proceso urbanización y equipamiento y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, y de cesada la compra de insumos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata y adopta el valor de 1 de acuerdo a la metodología aplicada.

Según su nivel de importancia, el impacto es irrelevante, ya que tiene un valor de +28.

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

$$I = +(3(2) + 2(1) + 1 + 4 + 4 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1) = +28$$

E1. Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la calidad del agua. Aunque el proyecto no contempla la edificación de viviendas, y ésta se realizará a través de un reglamento interno de construcción que respetará las normas sobre la intensidad de construcción, la operación del fraccionamiento implica la ocupación de las viviendas construidas por cada adquiriente. La ocupación finalmente producirá la generación de

aguas residuales, cuyos impactos, el promovente tendrá que prever y prevenir. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad media (2), ya que los contaminantes del agua provenientes de las manzanas, no alcanzarán el acuífero, ya que el efluente será canalizado a través del drenaje municipal hacia una planta de tratamiento de aguas residuales. Debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, y sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto, este impacto se clasifica como de extensión parcial (2). El tiempo que media entre la acción de ocupación de viviendas, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo sería mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran los efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, tales como otras actividades del proyecto y de otros proyectos dentro de la zona de influencia, el medio podría recuperarse de los efectos en el mediano plazo, es decir, entre 1 y 5 años (2). El impacto no presenta sinergia (1), ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de aguas residuales. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (generación de aguas residuales) sobre un factor ambiental (calidad del agua). Este impacto es continuo (4), ya que se presentará durante todo el tiempo de vida útil del proyecto. Se prevé que el efecto pueda mitigarse y reducirse la carga de contaminantes en el medio receptor si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el establecimiento de un drenaje sanitario, conexión al drenaje municipal y conducción hasta el sistema municipal de tratamiento de aguas residuales, por lo que este impacto se considera mitigable (4).

Este impacto es de importancia moderada considerando los criterios propuestos en el método empleado, ya que su valor es de -35.

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

$$I = -(3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 4 + 4) = -35$$

E2. Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la cantidad (disponibilidad) de agua. El proyecto no contempla la edificación de viviendas, y ésta se realizará con base en el Programa de Desarrollo Urbano, sin embargo, la operación de las manzanas implica la ocupación de las viviendas construidas por cada adquiriente, lo que finalmente producirá un consumo de agua en el sitio, reduciendo la disponibilidad del recurso en la zona de influencia del proyecto. Este impacto es perjudicial para el medio en el que se presenta, por

lo que se clasifica como negativo (-) en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una intensidad baja (1), debido que no representa una reducción significativa de la disponibilidad del agua en el sitio además de que la recarga del acuífero es continua. Debido a que los efectos de la acción no se limitarán al lugar donde ésta se realice, y sin embargo, no rebasarán el área de influencia del proyecto, este impacto se clasifica como de extensión parcial (2). El tiempo que media entre la acción de ocupación de viviendas, y que los contaminantes alcancen las aguas subterráneas podría ser menor de un año por la generación de lixiviados, por lo que se cataloga como de corto plazo (4) de acuerdo a los criterios del método. La duración de los contaminantes en el medio receptor, en caso de alcanzarlo sería mayor a un año, pero no es permanente, por lo que el impacto es temporal (2). Si no se consideran los efectos acumulativos de otras fuentes de contaminación del acuífero, tales como otras actividades del proyecto y de otros proyectos dentro de la zona de influencia, el medio podría recuperarse de los efectos en el corto plazo, es decir, en menos de un año (1). El impacto no presenta sinergia, ya que no existen mecanismos de combinación con otras sustancias que potencialicen o debiliten sus efectos, sin embargo, puede ser acumulable (4) con otras fuentes de generación de aguas residuales. Se trata de un impacto directo (4), ya que es consecuencia de una acción (generación de aguas residuales) sobre un factor ambiental (cantidad de agua). Este impacto es continuo (4), ya que se presentará durante todo el tiempo de vida útil del proyecto. Se prevé que el efecto pueda mitigarse y reducirse la carga de contaminantes en el medio receptor si se aplican las medidas de mitigación adecuadas, tales como el establecimiento de un drenaje sanitario, conexión al drenaje municipal y conducción hasta el sistema municipal de tratamiento de aguas residuales, por lo que este impacto se considera mitigable (4).

Este impacto es de importancia moderada considerando los criterios propuestos en el método empleado, ya que su valor es de -31.

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

$$I = -(3(1) + 2(2) + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 4 + 4 + 4) = -31$$

E3. Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la economía local. La venta y la ocupación de las manzanas generan un aumento de la actividad económica de la zona. Este impacto es beneficioso (+) para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo en términos de la metodología aplicada, se considera con intensidad media (2) en la economía local. Este impacto se valora con una extensión parcial, ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto, por lo que se asigna un valor de 2 según este criterio. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento en la actividad económica de las poblaciones locales, es menor a un año. La actividad económica

estimulada por la ocupación de las viviendas será permanente (4). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la actividad económica de la zona de influencia será similar a la original en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (2), por el efecto multiplicador de la actividad de en la economía. El impacto además es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre actividad económica en las poblaciones de influencia del proyecto. El efecto es indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos para las actividades de urbanización y equipamiento sobre la generación de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto de la urbanización y equipamiento sobre la actividad económica de la zona es irregular (1), ya que la acción es temporal, ya que solo durará lo que dure el proceso urbanización y equipamiento y no se repetirá en el sitio del proyecto. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, y de cesada la compra de insumos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata y adopta el valor de 1 de acuerdo a la metodología aplicada.

Según su nivel de importancia, el impacto es moderado, ya que tiene un valor de +31.

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

$$I = +(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1) = +31$$

F1. Impacto del mantenimiento sobre la oferta laboral. Las actividades de mantenimiento del fraccionamiento generan empleos en las comunidades cercanas. Este impacto es beneficioso para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo (+) en términos de la metodología aplicada. La intensidad de este impacto se considera baja (1), por la importancia del factor y por la intensidad de la actividad. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad de mantenimiento y un aumento de la oferta laboral en las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de mantenimiento del fraccionamiento serán permanentes (4). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la cantidad de empleos en la zona de influencia será similar a la inicial en el corto plazo. El impacto no presenta sinergia, por lo que se cataloga como simple con un valor de 1, ya que no existen mecanismos de combinación con otros impactos similares que potencialicen o debiliten sus efectos; sin embargo, es acumulable con un valor de 4, si se consideran los efectos de otros proyectos sobre la cantidad de empleos de las poblaciones de influencia del proyecto. Se trata de un impacto directo con valor de 4, ya que es consecuencia de las actividades de mantenimiento sobre la generación

de empleos en la zona de influencia del proyecto. El impacto del mantenimiento del fraccionamiento sobre la oferta laboral es periódica (2), ya que la acción de mantenimiento se repite cada determinado tiempo. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata, por lo que le corresponde un valor de 1

En relación a su importancia, el impacto resulta moderado según el criterio establecido en el método, ya que tiene un valor de +28.

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

$$I = +(3(1) + 2(2) + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 4 + 2 + 1) = +28$$

F2. Impacto del mantenimiento sobre la economía local. Las actividades de mantenimiento del fraccionamiento generan empleos en la comunidad, que a su vez, junto con la compra de insumos para la realizar la acción, generan aumento en la actividad económica de la misma. Este impacto es beneficioso (+) para el medio en el que se presenta, por lo que se clasifica como positivo en términos de la metodología aplicada. Este impacto se valora con una extensión parcial (2), ya que su extensión va más allá de los límites del predio, y están dentro del área de influencia del proyecto, por lo que se asigna un valor de 2 según este criterio. El impacto se presentará en el corto plazo (4), debido a que el tiempo que transcurre entre la actividad y un aumento en la actividad económica de las poblaciones locales, es menor a un año. Los empleos generados por la actividad de mantenimiento del fraccionamiento, así como la compra de insumos para la actividad, serán permanentes (4). Considerándose la actividad de manera aislada, este impacto resulta reversible de forma inmediata (1), ya que, sin la actividad, la actividad económica de la zona de influencia será similar a la original en el corto plazo. El impacto presenta una ligera sinergia (4), por el efecto multiplicador de la actividad de en la economía. El impacto además es acumulable (4) si se consideran los efectos de otros proyectos sobre actividad económica en las poblaciones de influencia del proyecto. El efecto es indirecto (1), ya que es consecuencia de la generación de empleos y compra de insumos para las actividades de mantenimiento del fraccionamiento. El impacto del mantenimiento sobre la actividad económica de la zona es periódica (2), ya que la acción se repite cada determinado tiempo. El medio socioeconómico vuelve a su estado original en menos de un año después finalizado el plazo de los contratos, y de cesada la compra de insumos, por lo que el impacto es recuperable de manera inmediata y adopta el valor de 1 de acuerdo a la metodología aplicada.

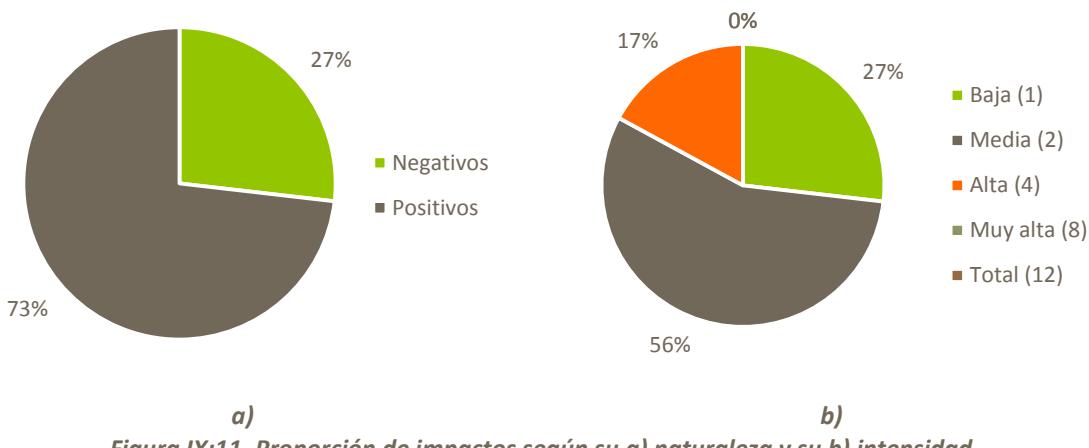
Según su nivel de importancia, el impacto es moderado, ya que tiene un valor de +29.

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

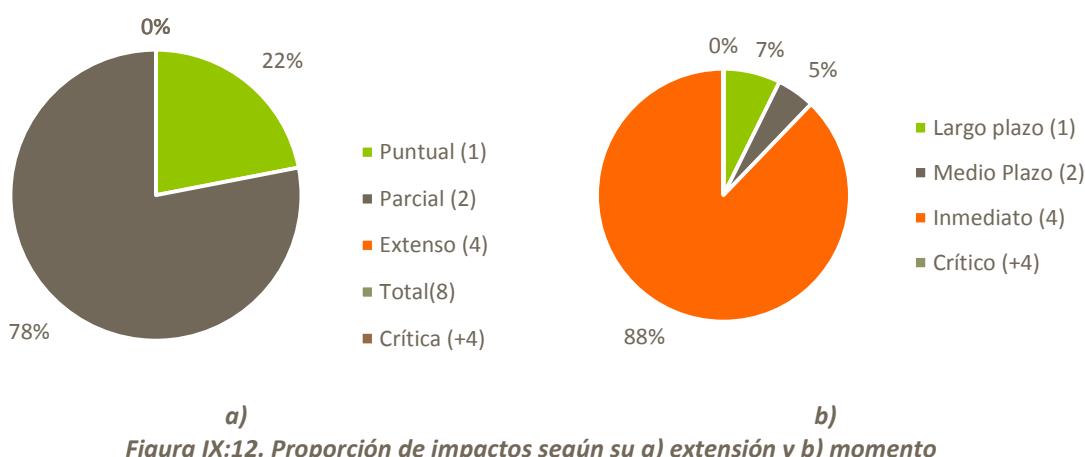
$$I = +(3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1) = +29$$

IX.2.1 Análisis de la caracterización de los impactos

Se identificó un total de 41 impactos ambientales, de los cuales 11 fueron positivos y 30 negativos, lo que representa un 27 y 73% del total de impactos, respectivamente. En relación a su intensidad, 11(27%) se clasificaron como bajos, 23 (56%) como medios, y 7 (17%) como altos. Ninguno tuvo una calificación de muy alto o total. La representación gráfica de estas proporciones se presenta en la **Figura IX:11**.



De acuerdo a su extensión, se identificaron 9 impactos puntuales (22%) y 32 parciales (78%). No se identificaron impactos extensos, totales ni críticos. En función del momento en el que se manifiestan, los 36 impactos se clasificaron como inmediatos o de corto plazo, mientras a corto y mediano plazo, solo se identificaron 3 y 2, respectivamente. Estas proporciones se muestran gráficamente en la **Figura IX:12**.



De los impactos evaluados, 9 (22%) fueron fugaces, 14 (34%) temporales y 18 (44%) permanentes. De acuerdo a su reversibilidad, se identificaron 19 impactos reversibles en el corto plazo, 10 reversibles en el medio plazo y 12 en el largo plazo. Estas cantidades representan el 46, 24 y 29% de los impactos totales de manera respectiva. Estas proporciones se muestra de forma gráfica en la **Figura IX:13**.

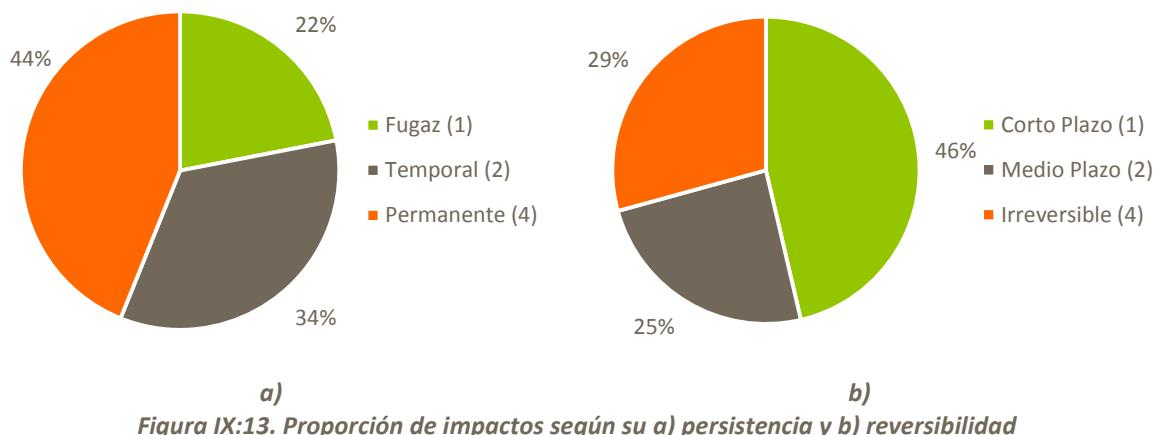


Figura IX:13. Proporción de impactos según su a) persistencia y b) reversibilidad

En función de su recuperabilidad, se clasificaron 24 (59%) impactos de recuperabilidad inmediata y 17 (41%) mitigables. No se identificaron impactos con recuperabilidad en el mediano plazo, ni irrecuperables. Los impactos identificados como directos en relación al tipo de efecto, fueron 23, que representan el 56% del total de impactos identificados, mientras que los impactos indirectos fueron 18, es decir, el 44% de los impactos evaluados. Lo anterior se ilustra en la **Figura IX:14**.

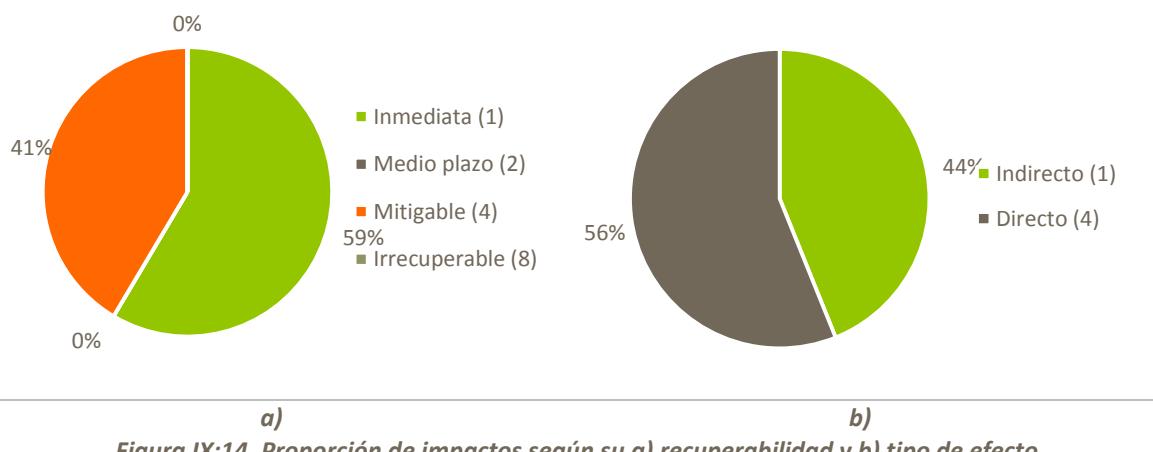


Figura IX:14. Proporción de impactos según su a) recuperabilidad y b) tipo de efecto

Los impactos identificados 39 son acumulables y 2 simples, ya que se suman a otros similares en el mismo proyecto o en otros similares de la zona. En relación a la sinergia de los impactos, se identificaron 34 impactos simples (83% del total), 2 sinérgicos (2% del total)

y 6 muy sinérgicos (15%) que pertenecen a los impactos positivos. Lo anterior se ilustra en la **Figura IX:15**.

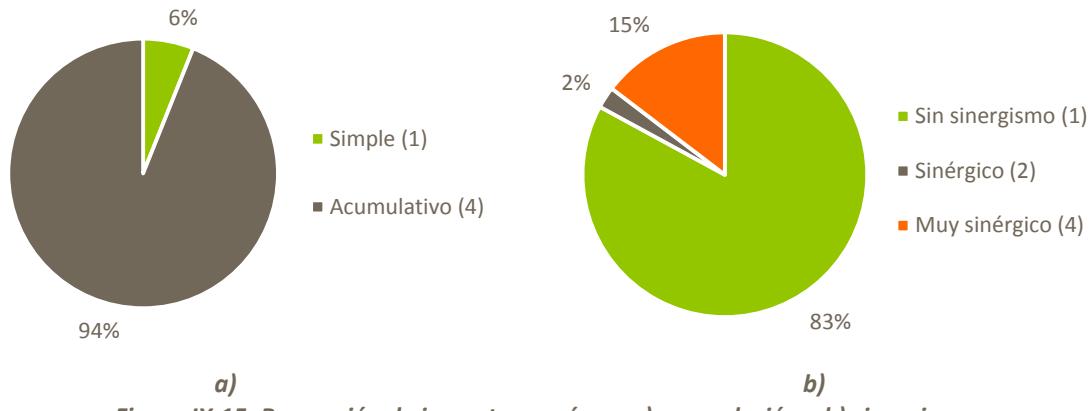


Figura IX:15. Proporción de impactos según su a) acumulación y b) sinergia.

De acuerdo a su periodicidad, 35 (85%) impactos de los evaluados resultaron irregulares o discontinuos, mientras que 2 (5%) se clasificaron como periódicos y 4 (10%) continuos. De acuerdo con la calificación general de los impactos, de los 41 impactos evaluados, el 95% de los impactos, es decir 39, resultaron moderados y el 5% (2 impactos) resultaron irrelevantes o compatibles con el medio. Esta proporción se puede observar en el gráfico de la **Figura IX:16**.

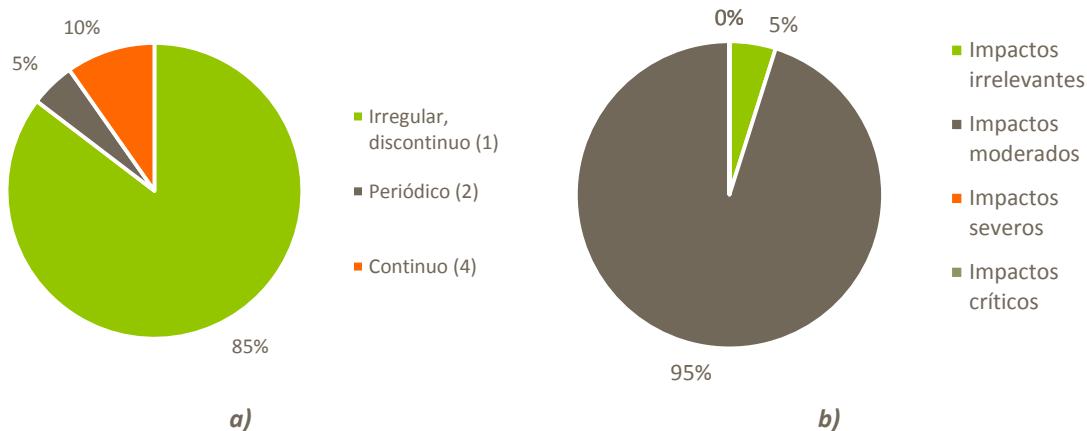


Figura IX:16. Proporción de impactos según su a) periodicidad e b) importancia.

IX.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

El **Cuadro IX:4** presenta la valoración de los impactos en términos de lo establecido en los criterios anteriores.

Cuadro IX:4. Matriz de valoración cualitativa de impactos

Id	Actividad	Factor	Actividad	Factor	Caracterización										Evaluación		
					Na	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC		
A1	Desmonte	Aire (calidad)	Desmonte	Aire (calidad)	-	6	4	4	1	1	1	4	4	1	1	27	Moderado
A2	Desmonte	Aire (ruido)	Desmonte	Aire (ruido)	-	6	4	4	1	1	1	4	1	1	1	24	Irrelevante
A3	Desmonte	Agua (calidad)	Desmonte	Agua (calidad)	-	6	4	4	2	2	1	4	4	1	1	29	Moderado
A4	Desmonte	Suelo (erodabilidad)	Desmonte	Suelo (erodabilidad)	-	3	2	4	4	2	1	4	1	1	4	26	Moderado
A5	Desmonte	Fauna (hábitat)	Desmonte	Fauna (hábitat)	-	6	2	4	4	4	1	1	1	1	4	28	Moderado
A6	Desmonte	Fauna (diversidad)	Desmonte	Fauna (diversidad)	-	12	4	4	4	2	1	4	4	1	4	40	Moderado
A7	Desmonte	Flora (Cobertura)	Desmonte	Flora (Cobertura)	-	12	4	4	4	2	1	4	4	1	4	40	Moderado
A8	Desmonte	Flora (Diversidad)	Desmonte	Flora (Diversidad)	-	12	4	4	2	2	1	4	1	1	4	35	Moderado
A9	Desmonte	Paisaje	Desmonte	Paisaje	-	6	4	4	4	2	1	4	1	1	4	31	Moderado
A10	Desmonte	Oferta laboral	Desmonte	Oferta laboral	+	3	4	4	2	1	4	4	1	1	1	25	Moderado
A11	Desmonte	Economía local	Desmonte	Economía local	+	3	4	4	2	1	4	4	1	1	1	25	Moderado
B1	Despalme	Aire (calidad)	Despalme	Aire (calidad)	-	6	4	4	1	1	1	4	4	1	1	27	Moderado
B2	Despalme	Aire (ruido)	Despalme	Aire (ruido)	-	6	4	4	1	1	1	4	1	1	4	27	Moderado
B3	Despalme	Agua (calidad)	Despalme	Agua (calidad)	-	6	4	4	2	2	1	4	1	1	1	26	Moderado
B4	Despalme	Suelo (calidad)	Despalme	Suelo (calidad)	-	12	2	4	4	4	1	4	4	1	4	40	Moderado
B5	Despalme	Suelo (erodabilidad)	Despalme	Suelo (erodabilidad)	-	3	2	4	4	4	1	4	4	1	4	31	Moderado
B6	Despalme	Paisaje	Despalme	Paisaje	-	6	4	4	4	4	1	4	1	1	4	33	Moderado
B7	Despalme	Oferta laboral	Despalme	Oferta laboral	+	6	4	4	2	1	1	4	4	1	1	28	Moderado
B8	Despalme	Economía local	Despalme	Economía local	+	6	4	4	2	1	4	4	1	1	1	28	Moderado
C1	Nivelación	Aire (calidad)	Nivelación	Aire (calidad)	-	6	4	4	1	1	1	4	4	1	1	27	Moderado
C2	Nivelación	Aire (ruido)	Nivelación	Aire (ruido)	-	6	4	4	1	1	1	4	4	1	1	27	Moderado
C3	Nivelación	Agua (Calidad)	Nivelación	Agua (Calidad)	-	3	4	4	2	2	1	4	4	1	1	26	Moderado
C4	Nivelación	Agua (Cantidad)	Nivelación	Agua (Cantidad)	-	12	2	4	4	4	1	4	1	1	4	37	Moderado
C5	Nivelación	Suelo (Calidad)	Nivelación	Suelo (Calidad)	-	12	2	4	4	4	1	4	4	1	4	40	Moderado
C6	Nivelación	Microtopografía	Nivelación	Microtopografía	-	3	2	4	4	4	1	4	4	1	4	31	Moderado
C7	Nivelación	Paisaje	Nivelación	Paisaje	-	6	4	4	4	4	1	4	1	1	4	33	Moderado
C8	Nivelación	Oferta laboral	Nivelación	Oferta laboral	+	3	4	2	2	1	1	4	4	1	1	23	Irrelevante
C9	Nivelación	Economía local	Nivelación	Economía local	+	6	4	2	1	1	4	4	1	1	1	25	Moderado
D1	Urbanización y equipamiento	Aire (calidad)	Urbanización y equipamiento	Aire (calidad)	-	6	4	4	1	1	1	4	4	1	1	27	Moderado
D2	Urbanización y equipamiento	Aire (ruido)	Urbanización y equipamiento	Aire (ruido)	-	12	4	4	1	1	1	4	4	1	1	33	Moderado

Id	Actividad	Impacto					Caracterización								Evaluación		
		Factor	Actividad	Factor	Na	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC		
D3	Urbanización y equipamiento	Agua (calidad)	Urbanización y equipamiento	Aqua (calidad)	-	6	4	4	2	2	1	4	4	1	1	29	Moderado
D4	Urbanización y equipamiento	Suelo (calidad)	Urbanización y equipamiento	Suelo (calidad)	-	3	2	1	4	4	1	4	4	1	4	28	Moderado
D5	Urbanización y equipamiento	Paisaje	Urbanización y equipamiento	Paisaje	-	6	4	4	4	4	1	1	1	1	4	30	Moderado
D6	Urbanización y equipamiento	Oferta laboral	Urbanización y equipamiento	Oferta laboral	+	3	4	4	2	1	1	4	4	1	1	25	Moderado
D7	Urbanización y equipamiento	Infraestructura	Urbanización y equipamiento	Infraestructura	+	6	2	1	4	4	1	4	4	1	1	31	Moderado
E1	Urbanización y equipamiento	Economía local	Urbanización y equipamiento	Economía local	+	6	4	4	2	1	4	4	1	1	1	28	Moderado
E2	Venta y ocupación de manzanas	Aqua (Calidad)	Venta y ocupación de manzanas	Aqua (Calidad)	-	6	4	4	2	2	1	4	4	4	4	35	Moderado
E3	Venta y ocupación de manzanas	Aqua (Cantidad)	Venta y ocupación de manzanas	Aqua (Cantidad)	-	3	4	4	2	1	1	4	4	4	4	31	Moderado
E4	Venta y ocupación de manzanas	Economía local	Venta y ocupación de manzanas	Economía local	+	6	4	4	4	4	2	4	1	1	1	31	Moderado
F1	Mantenimiento	Oferta laboral	Mantenimiento	Oferta laboral	+	3	4	4	4	1	1	4	4	2	1	28	Moderado
F2	Mantenimiento	Economía local	Mantenimiento	Economía local	+	6	4	2	4	1	4	4	1	2	1	29	Moderado

El **Cuadro IX:5** consiste en la matriz de valoración de los impactos y tiene el objetivo de evaluar la importancia total absoluta y relativa de los mismos. Esta matriz permite la determinación de la viabilidad ambiental del proyecto.

Cuadro IX:5. Matriz de importancia de impactos

Factor	UIP	Preparación del sitio		Construcción		Operación y mantenimiento		Evaluación	
		A	B	C	D	E	F	Abs	Rel
Aire calidad	30	-27	-27	-27	-27	-	-	-78	-3.24
Aire (ruido)	20	-24	-27	-27	-33	-	-	-91	-2.22
Agua (Calidad)	100	-29	-26	-26	-29	-28	-	-38	-13.8
Agua (Cantidad)	100	-		-37		-35	-	28	-7.2
Suelo (Calidad)	50	-	-40	-40	-28	-	-	-58	-5.4
Suelo (erodabilidad)	20	-26	-31	-	-	-	-	-37	-1.14
Geomorfología y microtopografía	80	-	-	-31	-	-	-	49	-2.48
Fauna (hábitat)	75	-28	-	-	-	-	-	47	-2.1
Fauna (diversidad)	100	-40	-	-	-	-	-	60	-4
Flora (Cobertura)	85	-40	-	-	-	-	-	45	-3.4
Flora (Diversidad)	100	-35	-	-	-	-	-	65	-3.5
Paisaje	50	-31	-33	-33	-30	-	-	-77	-6.35
Oferta laboral	70	25	28	23	25		28	199	9.03
Infraestructura	65	-	-	-	31	31		127	4.03
Economía local	65	25	28	25	28	31	29	231	10.79
Absoluta		-330	-240	-269	-231	-125	57	1252	-
Relativa	1000	-15.89	-4.44	-10.55	-1.69	2.27	3.85	-	-30.98

A=Desmonte, B=Despalme, C=Trazo y nivelación, D=Urbanización, E=Venta y Ocupación y F=Mantenimiento.

En relación a las actividades, la actividad que presenta la mayor valoración absoluta de los impactos negativos es la de desmonte con un valor de -330, seguida del trazo y nivelación, con -269. El despalme es la siguiente con -240. El mantenimiento tiene una valoración absoluta neta positiva de los impactos evaluados con un valor de +57. Lo anterior se representa de forma gráfica en la **Figura IX:17**.

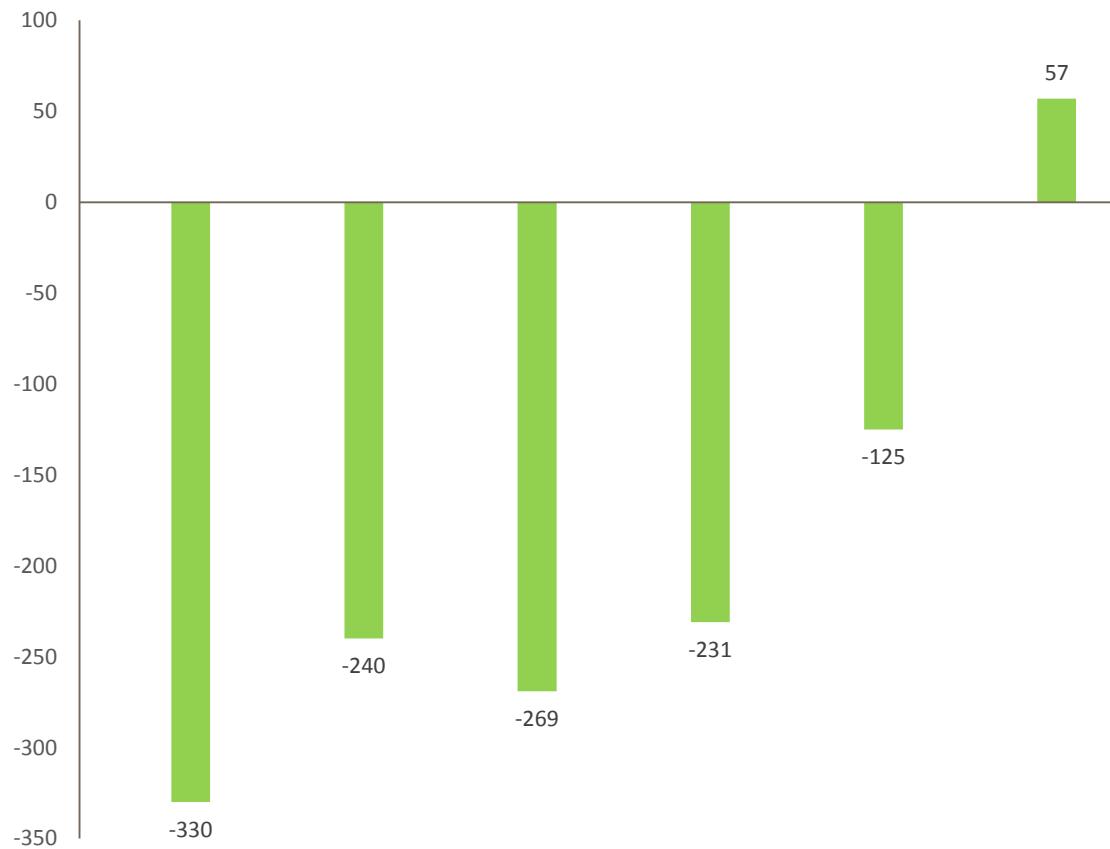


Figura IX:17. Relación de la importancia absoluta de los impactos por actividad

En lo que respecta a la evaluación general del proyecto, la calidad del agua (-138) el paisaje (-127) el nivel de ruido (-111) y la calidad del suelo (-108), fueron los factores ambientales que recibieron mayor importancia absoluta de impactos negativos, debido a la cantidad de actividades que inciden en estos factores. La vegetación y la fauna, aunque no resultó alta en la valoración total de los impactos, al no incidir en todas las acciones del proyecto, deben también considerarse por la importancia de los recursos. La economía local fue el factor que recibió la mayor valoración absoluta de los impactos positivos (+166) (**Figura IX:18**).

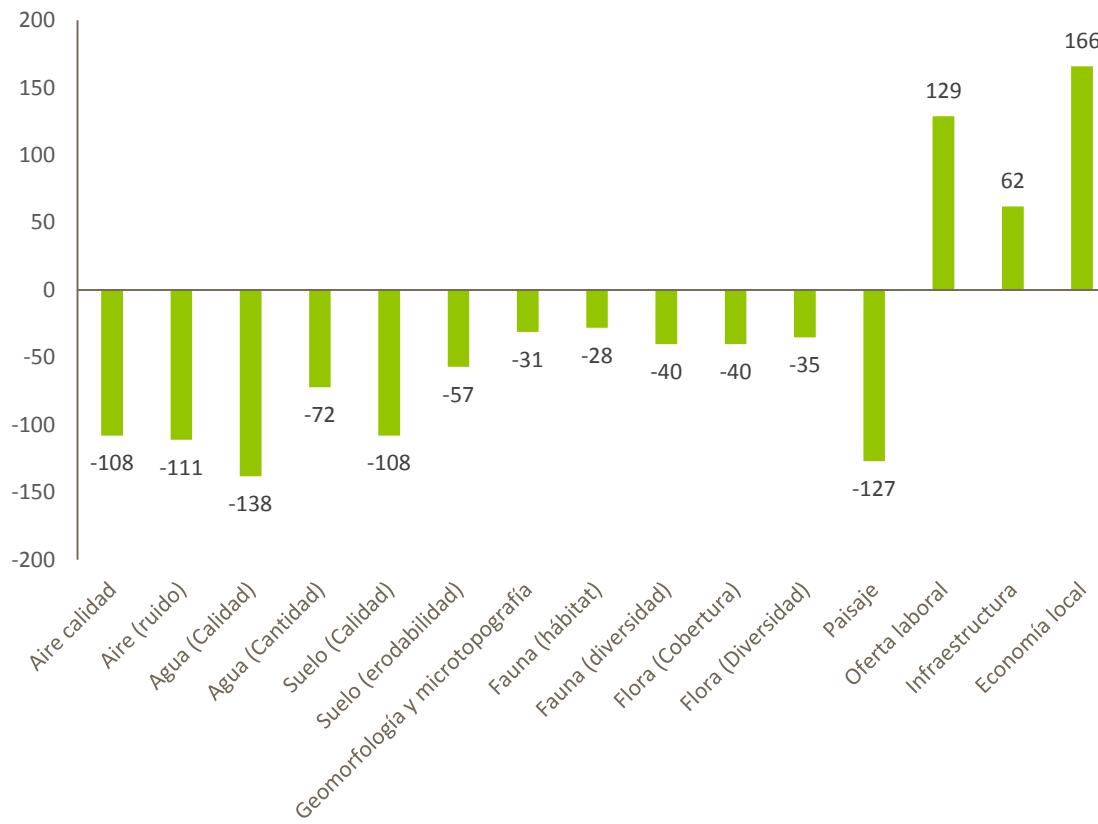


Figura IX:18. Relación de la importancia absoluta de los impactos por factor ambiental

Los resultados anteriores señalan que debe ponerse especial atención en las actividades de desmonte, despalme y nivelación y en los factores ambientales de la calidad del agua y el suelo, la flora y la fauna; en el diseño y aplicación de las medidas preventivas y de mitigación de los impactos; debido a que fueron las acciones y los factores que mayor valoración absoluta tuvieron.

IX.4 CONCLUSIONES

En síntesis, el impacto ambiental general es negativo moderado, dada la valoración general de los mismos. En la etapa de preparación del sitio, los impactos están relacionados directamente con la remoción de la cobertura vegetal, provocando que los impactos de mayor importancia se manifiesten en los factores bióticos del medio, es decir, en la fauna y flora silvestre; así como en la reducción de la calidad del paisaje.

Indirectamente, las obras de desmonte y despalme provocan la generación de residuos, que en caso de no ser manejados adecuadamente repercutirían en la calidad del aire, el suelo y el agua.

Con base en este análisis, en la etapa de preparación del sitio, las medidas preventivas, de mitigación y en su caso de corrección, deberán estar enfocadas principalmente en la protección de la flora y fauna, así como en el manejo de residuos.

En la acción de urbanización y equipamiento, las actividades se centran en el desplante de la infraestructura urbana, que en este caso contempla la conformación de vialidades, áreas verdes, la instalación de las redes de distribución de energía eléctrica, agua potable y en la instalación de los sistemas de drenaje pluvial y sanitario.

Los impactos de mayor importancia, se manifiestan en la modificación de las características fisicoquímicas del suelo, tales como su contaminación y su pérdida de permeabilidad, ya que estos impactos pueden provocar otros indirectos, tales como la modificación de los procesos hidrológicos, como pueden ser el aumento del escurrimiento y la consecuente reducción de la infiltración al acuífero; y por otro lado se provoca la modificación del paisaje que ofrece el predio actualmente, aunque se debe considerar que se integrará a una zona urbana. Por otro lado, sigue la generación de residuos, y en este caso se suman los residuos de manejo especial derivados del material de construcción, en donde los impactos se manifiestan en la calidad del agua, aire y suelo.

Por lo anteriormente dicho, en la fase de construcción, además de las medidas tendientes al manejo adecuado de los residuos, se deberá considerar medidas preventivas, de mitigación y en su caso de corrección para los impactos provocados a los procesos hidrológicos y al paisaje.

Por último, la fase de operación del proyecto Ciudad Huayacán tiene como objetivo la venta de manzanas, en donde las edificaciones estarán a cargo de los adquirientes y en conjunto formarán un desarrollo inmobiliario particularmente identificable por los arreglos arquitectónicos en los que se integran diversas superficies con vegetación natural. En esta etapa del proyecto, a diferencia de las anteriores, la mayoría de los impactos ambientales alcanzan valores de importancia que los clasifican como impactos moderados, los cuales derivan del desmonte en las áreas de urbanización, las obras para el desplante de los proyecto de cada adquiriente, además del propio uso y operación de un desarrollo inmobiliario, esto conlleva impactos sobre la flora, la fauna, el recurso hídrico y su ciclo, la calidad del aire y del suelo, sobre el paisaje y la microtopografía del sitio; aunque también tiene impactos positivos para el medio socioeconómico, como la generación de empleos directos e indirectos, la oferta de espacios para la vivienda, y la derrama económica en las comunidades cercanas. En este caso, las medidas preventivas, de mitigación y/o corrección de los impactos deberán atender todos aquellos impactos negativos relacionados con la propia naturaleza de una zona urbana.

Se considera que es de importancia, contar con un manejo adecuado de los residuos generados, esto incluye residuos sólidos urbanos, aguas residuales, residuos del mantenimiento de áreas verdes y áreas comunes, residuos de manejo especial, entre otros. Asimismo, se deberá contar con medidas cuyo objetivo sea la protección de la fauna silvestre, ya que se producirá el desplazamiento de la misma por el paso de la maquinaria y por el retiro de la vegetación del predio y la consecuente pérdida de su hábitat en el área de desplante del proyecto.

Es primordial, la regulación de los usos de suelo, obras de construcción y operación de las manzanas vendibles, esto con el fin de dar continuidad al cumplimiento de los instrumentos normativos aplicables. En el siguiente capítulo se hará la descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o corrección, que deberán aplicarse en cada una de las etapas del proyecto, mismas que se han definido con base en la evaluación de los impactos ambientales que se prevé que generará el proyecto denominado Ciudad Huayacán.

X MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRE, APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

X.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

La mitigación es el diseño y ejecución de obras, actividades o medidas dirigidas a moderar, atenuar, minimizar, o disminuir los impactos negativos que un proyecto pueda generar sobre el entorno humano y natural. Incluso la mitigación puede reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado. En el caso de no ser ello posible, se reestablecen al menos las propiedades básicas iniciales (Espinosa, 2001)⁸⁷.

Se establecieron cuatro estrategias para implementar en el desarrollo de las medidas propuestas, a saber:

- 1.) Prevención, que se refiere a la aplicación de las medidas antes de que se presenten los impactos con el objeto de evitarlos, estas medidas consisten en evitar ciertas acciones o en establecer acciones que eviten la llegada de contaminantes al medio que se busca proteger
- 2.) Mitigación, que incluye acciones o procedimientos que se implementan para reducir un impacto inevitable, dicho de otra forma, el propósito de la mitigación es generar acciones prediseñadas, destinadas a llevar a niveles aceptables los impactos ambientales de una acción humana
- 3.) Compensación, que busca producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a uno de carácter adverso y sólo se lleva a cabo en las áreas o lugares en que los impactos negativos significativos no pueden mitigarse (Espinosa, Op. Cit.).
- 4.) Por último, en el caso de los impactos positivos, la Potenciación, que se refiere al incremento de un efecto deseado sobre el ambiente.

Las medidas se diseñaron de tal forma que cumplan con las características propuestas por Gómez-Orea (Op. Cit.): viabilidad técnica, eficacia y eficiencia ambiental, viabilidad

⁸⁷ Espinosa G. (2001) *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo, Chile (Coed.).183 pp.

económica y financiera, factibilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control.

X.1.1 Medida: Verificación y mantenimiento de maquinaria y equipo de transporte

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre la calidad del aire
 - Impacto del desmonte sobre el nivel de ruido
 - Impacto del despalme sobre la calidad del aire
 - Impacto del despalme sobre el nivel de ruido
 - Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del aire
 - Impacto del trazo y nivelación sobre el nivel de ruido
 - Impacto de la urbanización y equipamiento sobre el aire
 - Impacto de la urbanización y equipamiento sobre el nivel de ruido
- Criterio de excepcionalidad

Calidad del agua

- Fundamento Normativo

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. Artículo 117.- “Los propietarios o poseedores de vehículos automotores verificarán periódicamente éstos, con el propósito de controlar, en la circulación de los mismos, las emisiones contaminantes. Dicha verificación deberá efectuarse en los periodos y centros de verificación vehicular autorizados por la Secretaría.”

Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- “Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.”

Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Garantizar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de emisiones de contaminantes atmosféricos y ruido provenientes de fuentes móviles, tales como los vehículos de transporte de materiales y de supervisión de obra.

- Descripción de la medida

Los vehículos automotores que usen gasolina y diésel como combustible, se someterán a verificación periódica (anual), misma que será registrada en una bitácora vehicular. Dicha verificación se realizará en los centros de verificación autorizados por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.

- Momento de la aplicación

Durante las etapas de preparación del sitio y la construcción.

- Método de supervisión

El personal encargado del seguimiento ambiental, deberá verificar que en el predio no existan evidencias de derrames de hidrocarburos, o cualquier aditivo relacionado con el manejo y mantenimiento de la maquinaria; ni de residuos que hayan entrado en contacto con los mismos, así como de ruido excesivo, lo cual se verificará mediante su medición y comparación con la normatividad aplicable. Se deben recabar evidencias de la verificación y mantenimiento de la maquinaria y vehículos empleados en la obra, así como revisar la bitácora de mantenimiento del promovente.

- Indicador de eficacia.

Debe existir evidencia del mantenimiento del 100% de los vehículos y la maquinaria empleado en el proyecto.

El nivel de ruido del equipo de transporte debe cumplir con lo establecido en la normatividad correspondiente.

X.1.2 Medida: Evitar el uso de fuego como método de desmonte

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre el aire
 - Impacto del desmonte sobre la diversidad de la flora
 - Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora
- Criterio de excepcionalidad

Biodiversidad

- Fundamento Normativo

Ninguno

- Objetivo de la medida

Evitar la emisión de partículas y gases de combustión por la quema de material vegetal en el sitio del proyecto.

- Descripción de la medida

No se usará fuego como método de desmonte y retiro de vegetación en el conjunto predial.

- Momento de la aplicación

Durante la etapa de preparación del sitio.

- Método de supervisión

El personal de supervisión deberá verificar el cumplimiento de esta medida en la etapa de preparación del sitio del proyecto y registrar el método de desmonte empleado en cada una de las etapas del cambio de uso del suelo, así como cualquier anomalía encontrada.

- Indicador de eficacia

El método de desmonte deberá ser en un 100% con maquinaria combinado con métodos manuales.

X.1.3 Medida: Rescate de Flora, reforestación y jardinería

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre la diversidad de la flora

- Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora
- Criterio de excepcionalidad

Biodiversidad

- Fundamento normativo

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.

- Estrategia

Mitigación y compensación

- Objetivo de la medida

Implementar el rescate de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que fueron encontradas en el sitio del proyecto, así como de las especies epífitas.

- Descripción de la medida

Se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de la vegetación y un Programa de Reforestación y Jardinería, con los objetivos y plazos descritos detalladamente, el cual se anexa al presente Documento Técnico Unificado. Dicho programa consiste en el trasplante de los ejemplares que se encuentren dentro de las áreas de afectación del proyecto. Para lo anterior, se establecerá un vivero, cuya ubicación se establecerá posteriormente y las plantas rescatadas se establecerán en las áreas verdes con vegetación más afectada.

- Momento de la aplicación

Durante la etapa de preparación del sitio y la construcción.

- Método de supervisión

La empresa encargada del seguimiento ambiental deberá verificar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en el Programa. Para el registro de las acciones del programa se llevará una bitácora en la que se registrarán las incidencias de los trabajos realizados, así como del mantenimiento de las plantas y de los resultados de su reintroducción.

- Indicador de eficacia

De acuerdo con el programa de rescate de flora, se espera alcanzar un porcentaje de sobrevivencia del 80 % del total de las plantas rescatadas.

X.1.4 Medida: Rescate y protección de Fauna

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna
 - Impacto del desmonte sobre la diversidad de fauna
- Criterio de excepcionalidad

Biodiversidad

- Fundamento normativo

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.

- Estrategia

Mitigación

- Objetivo de la medida

Implementar el rescate de especies de fauna silvestre que fueron encontradas en el sitio del proyecto haciendo hincapié en aquellas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- Descripción de la medida

Se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de fauna, el cual se anexa al presente Documento Técnico Unificado. En dicho programa se establecen los objetivos, metas y acciones específicas a llevar a cabo para el proyecto. Entre las acciones se encuentran, el ahuyentamiento de la fauna y el rescate y reubicación de las especies de lento desplazamiento.

Como medidas para la protección de la fauna, se deberá:

- Colocar letreros informativos acerca de las especies de flora y fauna que habitan en el predio, en especial de aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Colocar letreros que prohíban el contacto físico con los individuos de fauna, así como su alimentación, captura y contención.

- Mantener en buen estado los pasos de fauna ubicados en las intersecciones del corredor biológico con las vialidades.
 - Prohibir el alojamiento de cualquier animal no doméstico en las manzanas habitacionales y comerciales.
 - Prohibir la modificación de áreas verdes por personas ajenas al mantenimiento de estas.
 - Momento de la aplicación: Durante las etapas de preparación del sitio y la construcción.
- Método de supervisión

El personal encargado del seguimiento ambiental deberá verificar el cumplimiento de los objetivos y estrategias definidos dentro del programa, así como llevar una bitácora en la que se registren los datos de los individuos rescatados.

Deberá verificar que no existan evidencias del daño o maltrato de fauna silvestre durante las actividades de CUSTF.

- Indicador de eficacia

El programa de rescate de fauna plantea como resultados esperados los siguientes:

- Evacuación de la población faunística residente en el predio
- Sobrevivencia de todas las especies e individuos reportados
- Uso primordial de la técnica de ahuyentamiento y uso mínimo de trampas
- Conservación de la diversidad faunística actual del predio
- Ausencia de casos de personal o especies faunísticas lesionados

X.1.5 Medida: Establecimiento de una zona permeable

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del trazo y nivelación sobre la cantidad de agua
 - Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo
 - Impacto del trazo y nivelación sobre el microrelieve del sitio
- Criterio de excepcionalidad

Captación de agua

- Fundamento normativo

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez

Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

- Estrategia

Mitigación

- Objetivo de la medida

Mantener un área mínima del 40% de la superficie del conjunto predial permeable, para garantizar la recarga del acuífero.

- Descripción de la medida

Se mantendrá un área permeable de 11.25 ha, superficie que representa el 40.19% de las superficies totales de los predios respectivamente.

- Momento de la aplicación

Durante las etapas de preparación del sitio y la construcción.

- Método de supervisión

El personal de supervisión ambiental deberá verificar que se realice la delimitación de las áreas destinadas a áreas verdes con vegetación natural y supervisar que se respete esa delimitación, así como que, en el desarrollo del proyecto se establezcan las áreas jardinadas y áreas con concreto permeable o adopasto proyectadas.

- Indicador de eficacia

Se deberá respetar el 100% del área permeable propuesta para el proyecto.

X.1.6 Medida: Evitar el uso de químicos como método de desmonte

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre la diversidad de la flora
 - Impacto del desmonte sobre la cobertura de la flora
 - Impacto del desmonte sobre la diversidad de la fauna
 - Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna
- Criterio de excepcionalidad

Calidad del agua

- Fundamento normativo

Ninguno

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Prevenir la contaminación química del suelo

- Descripción de la medida

Evitar el uso de químicos para la remoción de vegetación

- Momento de la aplicación

Durante la etapa de preparación del sitio.

- Método de supervisión

El personal de supervisión deberá verificar el cumplimiento de esta medida en la etapa de preparación del sitio del proyecto y registrar el método de desmonte empleado en cada una de las etapas del cambio de uso del suelo, así como cualquier anomalía encontrada.

- Indicador de eficacia

El método de desmonte deberá ser en un 100% con maquinaria combinado con métodos manuales.

X.1.7 Medida: Manejo adecuado de residuos

- Impacto al que se dirige

- Impacto del desmonte sobre la calidad del agua
- Impacto del despalme sobre la calidad del suelo
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo
- Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del agua
- Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo
- Impacto de la venta y ocupación de sobre la calidad del agua

- Criterio de excepcionalidad

Calidad del agua

- Fundamento normativo

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento

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

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Prevenir la contaminación química del suelo y la infiltración de lixiviados al subsuelo, así como la consecuente contaminación de las aguas subterráneas. Prevenir los efectos tóxicos de los residuos peligrosos.

- Descripción de la medida

Los residuos sólidos urbanos se sujetarán a un Plan de Manejo de Residuos. Durante la etapa de construcción, se establecerán tambores de 200 lt de capacidad para el depósito temporal de los residuos sólidos urbanos que se generen en la obra. Estos tambores deberán estar etiquetados para señalar la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos y provistos de tapa para evitar su reboce y malos olores. Periódicamente, de acuerdo a su frecuencia de generación y a los tiempos establecidos por el Ayuntamiento, serán recolectados por el mismo o por alguna empresa concesionada. En la etapa de operación, cada residente será responsable de la separación de sus residuos y de su disposición temporal en los sitios destinados para este propósito en el fraccionamiento. En las áreas públicas se dispondrán de tambores de 200 litros de capacidad etiquetados para indicar la separación de los residuos sólidos generados en orgánicos e inorgánicos. Los residuos almacenados temporalmente por los residentes en cada vivienda y los depositados en los recipientes de áreas públicas, serán recolectados de forma periódica de acuerdo a la frecuencia de generación los tiempos establecidos por el Ayuntamiento.

Los residuos de manejo especial, tales como residuos de la construcción, se sujetarán al plan de manejo de residuos, conforme a lo establecido en la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo. En términos generales, estos residuos consisten en la mezcla de residuos sólidos propios de la construcción y que está formada por restos de mezcla, pedacería de block, bolsas de papel, pedacería de alambre, PVC, hierro, cartón, madera, etc. Este material se acumulará en zonas previamente definidas al interior del predio y dos veces por semana se retirará del predio con destino a alguna de las áreas de acopio de este material en el Municipio empleando para ello volquetes sindicalizados. No se tiene una estimación del volumen de escombro que se generará.

Para el caso de la generación de residuos peligrosos en la obra, tales como tierras contaminadas con aceites lubricantes o hidráulicos de maquinarias, y equipos de transporte, así como trapos y recipientes impregnados con los mismos, se establecerá un almacén temporal de los mismos, diseñado de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Dicho instrumento establece, en su artículo 82:

Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular:

I. Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento:

- a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
- d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;

- e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

II. Condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo:

- a) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- b) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- c) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;
- d) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y
- e) No rebasar la capacidad instalada del almacén.

III. Condiciones para el almacenamiento en áreas abiertas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo:

- a) Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de seguridad de 1.5; al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona,

- b) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados;
- c) En los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados, y
- d) En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento.

En caso de incompatibilidad de los residuos peligrosos se deberán tomar las medidas necesarias para evitar que se mezclen entre sí o con otros materiales.

Este almacén temporal de residuos peligrosos, contará con muros de block y losa de concreto, así como con la debida señalización y medidas de seguridad. Este almacén se habilitará próximo al almacén de materiales para una adecuada supervisión y control del acceso y manejo de residuos. Se contratará una empresa especializada y debidamente autorizada para la disposición final de los residuos peligrosos. Se propone la aplicación relativa a pequeños generadores, debido a que se prevé la generación de una cantidad mayor a 400 Kg de residuos y menor a 10 toneladas al año, lo que coloca al proyecto en dicha categoría de acuerdo al artículo 42 Fracción segunda del Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (RLPGIR).

Posteriormente al almacenamiento temporal de residuos peligrosos, que no podrá exceder de 6 meses (Artículo 84 del RLPGIR), se procederá a su recolección por parte de una empresa autorizada por la SEMARNTAT para tal efecto. Como parte del manejo adecuado de los residuos, se prohibirá la disposición directa de residuos sólidos urbanos, de manejos especiales y peligrosos y su dispersión en cualquier área del proyecto o fuera de ella, a cielo abierto o en sitios no autorizados. Esta medida excluye los residuos vegetales producto del desmonte del sitio, que sean triturados y esparcidos en las áreas verdes del proyecto o composteados para usar como sustrato para ejemplares rescatados.

- Momento de la aplicación

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.

- Método de supervisión

La supervisión estará a cargo del personal encargado del seguimiento ambiental, quien deberá verificar el cumplimiento de los objetivos planteados en el programa. También deberá verificar que no exista evidencia de disposición inadecuada de residuos.

- Indicador de eficacia

El manejo adecuado del 100% de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, en caso de generarse, acorde con el programa de manejo

X.1.8 Medida: Aprovechamiento del material de desmonte y despalme

- Impacto al que se dirige
 - Impacto del despalme sobre la calidad del suelo
 - Impacto del despalme sobre la erodabilidad del suelo
 - Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo
 - Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo
- Criterio de excepcionalidad

Erosión del suelo

- Fundamento normativo

Ninguno

- Estrategia

Compensación

- Objetivo de la medida

Aprovechar los recursos retirados del sitio de cambio de uso del suelo, con el fin de 1) Mejorar el suelo en aquellas áreas de reforestación y las que se mantendrán como áreas verdes, 2) Generar sustrato para plantas de rescate, con el fin de aumentar sus probabilidades de supervivencia. 3) Generar un mejorador de suelo que será esparcido en las áreas verdes y 4) Reducir los residuos vegetales provenientes del retiro de vegetación durante la etapa de preparación del sitio.

- Descripción de la medida

La mayor porción del material vegetal removido del área de CUSTF será triturado y aprovechado como material mejorador de suelo. El material terroso será cribado y utilizado preferentemente para su dispersión en las áreas verdes o como sustrato en el enriquecimiento de las áreas verdes. En tanto no sea utilizado, este material deberá permanecer dentro del vivero o dentro del área de CUSTF pero debidamente cubierto.

- Momento de la aplicación

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

- Método de supervisión

La empresa encargada del seguimiento ambiental, verificará que:

- La mayor porción este material deberá ser aprovechada.
 - El material terroso será utilizado preferentemente para el enriquecimiento de las áreas verdes.
 - En tanto no sea aprovechado, el material deberá permanecer resguardado o debidamente cubierto.
- Indicador de eficacia

El indicador de cumplimiento de esta medida será la porción del material aprovechado en las áreas verdes y jardínadas públicas.

X.1.9 Medida: Establecimiento de un drenaje pluvial separado del drenaje sanitario

- Impacto al que se dirige
 - Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la cantidad de agua (recarga)
 - Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la cantidad de agua (consumo de agua)
- Criterio de excepcionalidad

Captación de agua y calidad de agua

- Fundamento normativo

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

- Estrategia

Prevención y mitigación

- Objetivo de la medida

Reducir el escurrimiento de aguas pluviales y reducir el riesgo de inundaciones, evitando la contaminación de las aguas pluviales que se infiltran al subsuelo mediante la separación de éste del drenaje sanitario y con separador de grasas, aceites y sólidos.

- Descripción de la medida

El proyecto contempla la perforación de pozos pluviales de 12" de diámetro y 35 m de profundidad con forro de PVC en los primeros 8 m o lo que al respecto indique la Comisión Nacional del Agua a través de la autorización correspondiente. Incluye movimiento de equipo, suministro y colocación de tubería PVC para ademe de 10" rasurado de 6 m de largo. Cada pozo contará con cajas areneras de 2.50 x 1.80 x 1.80 m construidas a base bloques de 15 x 20 x 40 cm, con piso de concreto $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ de 15 cm de espesor con malla de 6 x 6/10-10. Incluye colocación de rejilla tipo Irving, cadena de enrase, plantilla de grava limpia y malla de protección en tubería.

- Momento de la aplicación

Durante la construcción y operación del proyecto

- Método de supervisión

La empresa encargada del seguimiento ambiental deberá verificar:

Que no existan encharcamientos dentro y escurrimientos fuera de las vialidades. Que la calidad del agua inyectada cumpla con los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996. Se verificará la constructora cumpla con los requerimientos del proyecto y se establezca el drenaje pluvial en cuanto a la cantidad y distribución de los pozos de inyección

- Indicador de eficacia

La cantidad y ubicación de pozos de inyección pluvial.

X.1.10 Medida: Conexión al drenaje municipal

- Impacto ambiental al que se dirige

Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la calidad del agua

- Criterio de excepcionalidad

Calidad de agua

- Fundamento jurídico

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Evitar la contaminación del agua subterránea de los predios que conforman el conjunto predial, así como de áreas aledañas.

- Descripción de la medida

El agua residual doméstica proveniente de las viviendas y locales comerciales del desarrollo, serán canalizadas al drenaje municipal, previa construcción de la infraestructura e instalación hidráulica correspondiente, de conformidad con lo establecido en la factibilidad emitida por la autoridad del agua (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, del Gobierno del Estado de Quintana Roo).

- Momento de la aplicación

En la construcción y operación del proyecto.

- Método de supervisión

Se verificará el establecimiento de infraestructura que permita que las aguas residuales domésticas se canalicen al drenaje y planta de tratamiento municipales.

- Indicador de eficacia

La instalación de un drenaje sanitario que permita que el 100% de las aguas residuales domésticas se canalicen al drenaje y planta de tratamiento municipales.

X.1.11 Medida: Uso de letrinas portátiles

- Impacto ambiental al que se dirige

- Impacto del desmonte sobre la calidad del agua
- Impacto del despalme sobre la calidad del agua
- Impacto del despalme sobre la calidad del suelo
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo
- Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del agua

- Criterio de excepcionalidad

Calidad del agua

- Fundamento jurídico

Reglamento de Construcciones del Municipio de Benito Juárez

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Evitar la contaminación del agua subterránea de los predios que conforman el predio, así como de áreas aledañas.

- Descripción de la medida

Se instalarán letrinas portátiles a razón de una por cada 25 trabajadores. Dichas letrinas serán vaciadas y sanitizadas como mínimo 3 veces por semana. El agua y residuos sanitarios resultantes, serán conducidos a una planta de tratamiento de aguas residuales para su tratamiento correspondiente. El vaciado y recolección del agua residual, serán realizados por una empresa autorizada para tal efecto.

- Momento de la aplicación

En la preparación del sitio y operación del proyecto

- Método de supervisión

El personal encargado del seguimiento ambiental del proyecto deberá verificar que en cada etapa el personal de obra cuente con este servicio. Deberá verificar, la adecuada ubicación de los sanitarios, así como los documentos que sirvan de evidencia respecto al manejo de las aguas residuales. Deberá verificar que en las áreas naturales, no exista la evidencia de fecalismo al aire libre o derrame de aguas residuales.

- Indicador de eficacia

Se deberá instalar una letrina por cada 25 trabajadores en obra y deberá presentar evidencia de su vaciado y envío de las aguas residuales por la empresa contratada por lo menos 3 veces por semana. Se debe garantizar una ausencia total de fecalismo al aire libre.

X.1.12 Medida: Programa de concientización y capacitación

- Impacto ambiental al que se dirige
 - Impacto del desmonte sobre la calidad del agua

- Impacto del desmonte sobre la diversidad de flora
- Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora
- Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna
- Impacto del desmonte sobre la diversidad de fauna
- Impacto del despalme sobre la calidad del agua
- Impacto del desmonte sobre la calidad del suelo
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua
- Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo
- Criterio de excepcionalidad

Calidad del agua, calidad del suelo, biodiversidad

- Fundamento jurídico

Ninguno

- Estrategia

Prevención

- Objetivo de la medida

Comunicar al personal las medidas de prevención y mitigación propuestas, así como dar a conocer las reglas en relación al fecalismo al aire libre, el manejo y disposición de residuos de acuerdo a su tipo y el cuidado y respeto de la flora y la fauna silvestre.

- Descripción de la medida

Se llevará a cabo un programa de capacitación de acuerdo al plan de manejo ambiental y al programa general de la obra, el cual tendrá como mínimo el siguiente contenido temático.

- Prevención y gestión de residuos
- Responsabilidad ante el cuidado de la flora y la fauna
- Cuidado del agua
- Uso del fuego, prevención y control de incendios
- Momento de la aplicación

En la preparación del sitio y construcción del proyecto

- Método de supervisión

El personal encargado del seguimiento ambiental del proyecto deberá verificar que en cada etapa el personal de obra cuente con capacitación en relación a los aspectos ambientales y forestales de la obra. Deberá verificar, la asistencia del personal, el horario de impartición de las pláticas, cursos y/o talleres, la calificación del instructor y la calidad de su servicio.

- Indicador de eficacia

Se debe verificar la capacitación del 100% del personal de la obra en los temas relacionados anteriormente.

X.2 VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O CORRECCIÓN

Para efecto de la valoración de las medidas propuestas para el tratamiento de los impactos que generará el proyecto Ciudad Huayacán se llevó a cabo bajo el mismo procedimiento establecido por la metodología de Gómez Orea (1999) y Conesa Fernández (1997). De lo cual, surge la matriz de valoración de medidas que se presentan a continuación para cada una de las etapas que comprende el desarrollo del proyecto.

Sumado a la disminución de la cobertura vegetal y a la pérdida del hábitat de fauna silvestre, el cambio de uso de suelo provoca impactos sobre la diversidad de flora y fauna, por lo que se propone la ejecución de un Programa de Rescate de Flora y el Programa de Rescate de Fauna.

También se identificaron impactos derivados del manejo inadecuado de los residuos, por lo que se propone la ejecución del Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, el mantenimiento adecuado de la maquinaria, la impartición de pláticas de concientización, y la contratación de servicios sanitarios.

En cuanto a los impactos en los procesos hidrológicos, estos se deben a que la superficie en la que se realizó la remoción de la vegetación en la etapa de preparación del sitio, será pavimentada por lo que se impedirá la infiltración natural del agua de lluvia. Como medida de mitigación, se propone la implementación de un sistema de drenaje pluvial, el cual inyectará al subsuelo el agua que escurría sobre esta superficie.

Por otro lado, la modificación del paisaje se debe propiamente al desplante de la infraestructura urbana necesaria para el desarrollo inmobiliario proyectado; para lo cual se ha propuesto el Programa de Reforestación y Jardinería con el fin de que el desarrollo inmobiliario cuente con diversos arreglos del paisaje además de que esto contribuye a la conservación de los procesos de formación de suelo.

Por último, con el fin de mitigar el impacto derivado de la remoción de la capa superficial del suelo (despalme), se propone llevar a cabo la recuperación del material tanto vegetal como terroso que resulte de desmonte y despalme, con el fin de producir un mejorador de suelo que será administrado en las áreas verdes modificadas y naturales del desarrollo.

En el **Cuadro X:1** se muestra la valoración de las medidas propuestas para dar tratamiento a los impactos ambientales que se prevén durante la etapa de preparación del sitio, encontrando que las medidas con mayor valor de importancia son la delimitación de áreas verdes naturales y áreas permeables, el programa de rescate de fauna, el sistema de drenaje pluvial y la impartición de pláticas de concientización; éstas le siguen la recuperación de material de desmonte y despalme, el mantenimiento de la maquinaria y equipo, el programa de rescate de vegetación y, por último, las de menor importancia son evitar el uso de fuego y químicos como métodos de desmonte, la contratación de servicios sanitarios y el programa de reforestación y jardinería.

En esta valoración se toma en cuenta lo siguiente:

- El signo, al tener las medidas de mitigación el carácter de beneficioso, será +.
- La intensidad del efecto, no expresará el grado de destrucción, sino el grado de corrección o reconstrucción del factor.
- La recuperabilidad, se refiere a la posibilidad de anular los efectos beneficiosos, por medio de la intervención humana y retornar a las condiciones existentes antes de la introducción de la medida.

Cuadro X:1. Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o corrección de los impactos que genera el proyecto Ciudad Huayacán.

Tipología de Impactos	Programa de concientización	Aprovechamiento de material de desmonte y despalme	Mantenimiento de la maquinaria	Contratación de servicios sanitarios*	Rescate de fauna	Rescate de vegetación	Áreas permeables	Drenaje pluvial	Plan de Manejo de Residuos	Evitar uso de fuego y químicos
NATURALEZA	Positiva	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Negativa										
INTENSIDAD (Grado de control del impacto)	Baja (1)									1
	Media (2)		2	2						
	Alta (4)	4	4			4		4	4	
	Muy Alta (8)				8		8			
	Total (12)									
EXTENSIÓN Ex (Área de influencia)	Puntual (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Parcial (2)	2			2			2	2	
	Extremo (4)									
	Total (8)									
MOMENTO Mo	Critica (+4)									
	Largo Plazo (1)									

Documento Técnico Unificado
Proyecto Ciudad Huayacán

Tipología de Impactos	Programa de concientización	Aprovechamiento de material de desmonte y despalme	Mantenimiento de la maquinaria	Contratación de servicios sanitarios*	Rescate de fauna	Rescate de vegetación	Áreas esas permeables	Drenaje pluvial	Plan de Manejo de Residuos	Evitar uso de fuego y químicos	
	Medio Plazo (2)				2						
	Corto o Inmediato (4)	4	4	4		4	4	4	4	4	
	Criticó (+4)										
	Fugaz (1)										
PERSISTENCIA Pe	Temporal (2)	2	2		2						
	Permanente (4)			4	4	4	4	4	4	4	
	Corto Plazo (1)										
REVERSIBILIDAD Rv (Retorno por medios naturales)	Medio Plazo (2)		2		2	2	2				
	Irreversible (4)	4		4	4			4	4	4	
	Inmediato (1)				1						
RECUPERABILIDAD Rc (posibilidad de anular los efectos con la intervención humana)	Medio Plazo (2)										
	Mitigable (4)	4		4	4	4	4	4	4		
	Irrecuperable (8)		8				8			8	
EFFECTO E (Relación causa-efecto)	Indirecto (1)	1					1				
	Directo (4)		4	4	4	4		4	4		
	Simple (1)		1							1	
SINERGIA S (Interrelación de acciones y/o efectos)	Sinérgico (2)			2	2	2	2		1		
	Muy Sinérgico (4)	4				4		4			
ACUMULACIÓN A (Incremento progresivo)	Simple (1)		1		1	1	1	1			
	Acumulativo (4)	4		4					4	4	
PERIODICIDAD Pr (Regularidad de la manifestación)	Irregular, discontinuo (1)	1			1	1	1			1	
	Periódico (2)		2	2	2						
	Continuo (4)							4	4		
IMPORTANCIA M = $+(3In+2Ex+Mo+Pe+Rv+Rc+E+S+A+Pr)$		30	29	29	23	28	29	32	35	35	27

Como se puede observar, todas las medidas propuestas tienen un efecto moderado (entre 25 y 50 puntos) de acuerdo a los criterios de la metodología aplicada, lo que reduce el impacto ambiental del proyecto. Dado que los impactos negativos generados por el proyecto son también moderados, se concluye que las medidas de prevención y mitigación propuestas cumplirán con el objetivo de prevenir y mitigar los impactos ambientales previstos en la evaluación. Sin embargo, existe la imposibilidad de eliminar del todo los impactos identificados, por lo que en el siguiente apartado se exponen los impactos residuales del proyecto, es decir, aquellos que prevalecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación propuestas y evaluadas hasta ahora.

La **Figura X:19**, presenta gráficamente los valores señalados en la tabla anterior.

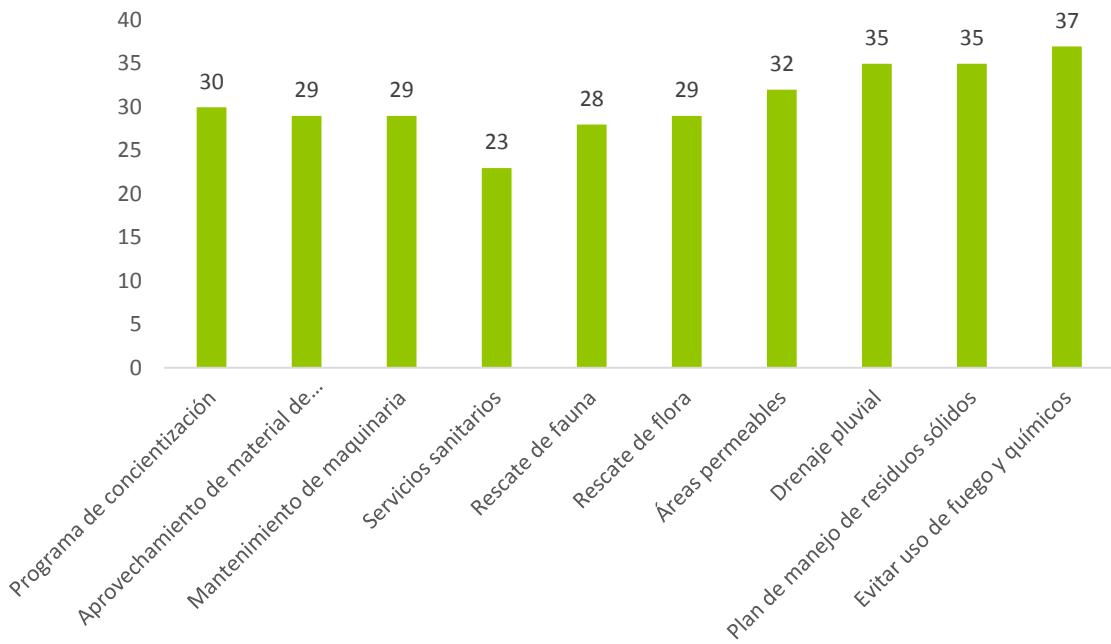


Figura X:19. Valoración de las medidas de prevención y mitigación de impactos propuestas para el proyecto.

X.3 IMPACTOS RESIDUALES

De acuerdo con el instructivo para la elaboración del Documento Técnico Unificado, Modalidad A, se entiende por impacto residual, al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación. El impacto será residual, si no es posible eliminarlo del todo mediante las medidas de prevención y mitigación. De esta manera, se concibe como la diferencia entre la condición ambiental sin el proyecto y la condición ambiental con el proyecto y la condición considerando las medidas de mitigación propuestas.

Por otra parte, el impacto es “no residual”, si con la medida de prevención o mitigación, es posible evitarlo del todo, como por ejemplo, la contaminación del agua y suelo por el vertimiento de residuos sólidos y líquidos en el sitio del proyecto.

De acuerdo con la valoración final de los impactos y las consideraciones anteriores, los impactos residuales son los siguientes:

- Modificación de los procesos hidrológicos

Este impacto resulta del desplante de infraestructura, que provoca la disminución en la capacidad de infiltración natural del agua al subsuelo, para lo cual se propone como medida

de mitigación, la instalación de un sistema de drenaje pluvial que inyectará al subsuelo el agua pluvial que escurrirá en los manzanas multifamiliares, comerciales y vialidades.

- Reducción del hábitat de fauna silvestre

Este impacto se presentará durante la etapa de preparación del sitio, en la que previo a las actividades de desmonte y despalme se ejecutará el Programa de Rescate de Fauna, que consiste en ahuyentar y/o reubicar a la fauna hacia zonas mejor conservadas. Posteriormente con la remoción de la vegetación, la superficie de cambio de uso de suelo pierde su funcionalidad como hábitat para de la fauna silvestre, misma que no será recuperada pues la vida útil del nuevo uso de suelo se calcula en un mínimo de 90 años pudiendo extenderse indefinidamente en tanto de provea el mantenimiento adecuado.

Aun cuando se prevé la aplicación de ciertas medidas de mitigación, como el establecimiento de áreas verdes naturales, el impacto no es mitigado ni corregido en su totalidad, por lo que se considera un impacto residual.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que el predio se encuentra dentro de un centro de población cuya vegetación ha sido perturbada a lo largo del tiempo tanto por factores antropogénicos como por eventos naturales; situación que también ha repercutido en las poblaciones de fauna silvestre.

Como se observó en los estudios realizados dentro del predio en cuestión, las poblaciones de fauna que lo habitan corresponden a especies con alta capacidad de adaptación a la presencia humana, y que son comunes en los centros de población, pues en ellos encuentran alimento y refugio.

Aunado a ello, los índices de diversidad obtenidos de los muestreos de fauna en el predio y en el sistema ambiental, nos indican que las poblaciones de fauna silvestre que habitan en el predio están bien representadas en el sistema ambiental, por lo que la pérdida del hábitat que representa la superficie de cambio de uso de suelo no comprometerá la diversidad faunística del sistema ambiental.

- Disminución de la cobertura vegetal y alteración del paisaje

Respecto a la disminución de la cobertura vegetal y la alteración del paisaje, son impactos propios del cambio de uso de suelo forestal para el desplante de infraestructura urbana; y dado que el proyecto tiene una vida útil mínima de 80 años el impacto es permanente.

Es importante tomar en cuenta que el predio en cuestión pertenece al Centro de Población de Cancún en donde el paisaje es principalmente urbano, protagonizado por desarrollos habitacionales similares al que se evalúa e infraestructura de servicios urbanos.

Aunado a ello, el nuevo uso de suelo que se pretende dar al predio está contemplado en los programas de ordenamiento territorial con jurisdicción en esta superficie, por lo que la alteración del paisaje es un impacto de mediana intensidad respecto de la zona urbana.

Por otro lado, con base en los estudios de vegetación en el área de estudio y en el predio, se observó que la vegetación del predio se encuentra bien representada en el sistema ambiental, por lo que el cambio de uso de suelo no compromete la diversidad de especies vegetales ni pone en riesgo a las especies dominantes en el predio. Con el fin de mitigar el impacto sobre la diversidad vegetal, se llevará a cabo un cambio de uso de suelo parcial, es decir que se mantendrá una superficie con vegetación nativa en el predio.

Con la ejecución del Programa de Rescate de Vegetación se protege una cantidad representativa de las especies con alto valor de importancia ecológica para la vegetación del predio y del sistema ambiental, ya que se removerán y reubicarán individuos de especies listadas en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y de aquellas especies que presentan altos valores de importancia de acuerdo a los estudios forestales realizados en el predio.

- Alteración de la calidad y erodabilidad del suelo

A pesar de las medidas de mitigación para proteger el recurso suelo, prevalecerá la superficie alterada en el área de desplante del proyecto, en la que no será posible su recuperación, con la consecuente modificación de su estructura y pérdida de porosidad y permeabilidad permanentes en el área afectada. Por esta razón el impacto se considera residual.

- Modificación de la geomorfología del sitio

Aun con las medidas de mitigación, como la reducción del área de afectación, la modificación del relieve del predio por la actividad de nivelación del área de desplante permanecerá durante toda la vida útil del proyecto, por lo que este impacto se considera residual.

X.4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

Como fue señalado en el capítulo V, relacionado con el análisis de las condiciones ambientales del predio, éste se encuentra en un estado sucesional intermedio con tendencias a tardío, exhibe bajos valores de índices de diversidad, con una dominancia de especies herbáceas y arbustivas.

En este sentido, con base en los datos de los índices de diversidad analizados en el capítulo V del presente Documento Técnico Unificado, se concluye que el predio presenta una vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia. En ausencia del proyecto, continuará el desarrollo sucesional del sitio.

En comparación con la microcuenca Cancún, el predio exhibe menor riqueza y diversidad, ya que el paisaje circundante se encuentra alterado por la presencia de desarrollos inmobiliarios similares al que se evalúa y por la presencia de infraestructura urbana.

X.5 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO

Con el desarrollo del proyecto, el sistema ambiental del predio se verá afectado en cierta medida pero sin poner en riesgo la integridad funcional del sistema ambiental y sin eliminar del todo los diferentes servicios ambientales que proporciona.

Por las dimensiones del proyecto se considera que este permitirá el mantenimiento del equilibrio ecológico y la permanencia del ecosistema, así mismo no afectará la calidad, estructura o función de los componentes ambientales, por lo que se asegura que se respeta la integridad funcional y la capacidad de carga del ecosistema. No afectará ecosistemas excepcionales o únicos, no afectará poblaciones de especies únicas, prioritarias o con estatus legal. Su desarrollo y operación no provocará desabasto de recursos naturales o de servicios públicos (suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales) debido a que ya estaba previsto su desarrollo y uso habitacional. Además es importante considerar las dimensiones del predio y/o proyecto con las dimensiones de la microcuenca y/o sistema ambiental para el proyecto. Los argumentos que sustentan tal afirmación se han documentado a lo largo del presente estudio, y se resumen a continuación:

- El desarrollo del proyecto no representa un riesgo significativo a la biodiversidad de la flora o fauna presente, debido a que no se trata de una comunidad clímax, más bien se trata de un estado secundario en proceso de regeneración
- Desde el punto de vista urbano y de paisaje, tanto la construcción como la operación del proyecto contribuirá por una parte a consolidar las áreas urbanizadas del municipio. Además de que el desarrollo del proyecto ya estaba previsto en los instrumentos de regulación ecológica y urbana.
- La valoración cualitativa de los impactos ambientales potenciales derivados del cambio de uso de suelo arrojó un valor de importancia total adverso. Sin embargo, dicho resultado es poco significativo y mitigable mediante la implementación precisa y oportuna de las medidas propuestas.

Adicionalmente, se considera que, con el estado de conservación del predio, éste representa solo una pequeña parte de la riqueza y diversidad de la microcuenca en la que se encuentra. El ambiente circundante se encuentra afectado por otros desarrollos similares al evaluado e infraestructura urbana. Esto fortalece aún más la justificación de que el proyecto, no representa un riesgo importante para el sistema ambiental estudiado, ni modificaciones importantes al mismo.

X.6 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación propuestas en el numeral X.1 del presente capítulo, lograrán reducir significativamente el impacto ambiental del proyecto, sobre todo en lo que se refiere a la limitación de la superficie afectable por el mismo, lo cual reduce las afectaciones a la flora, la fauna, el suelo y la pérdida de recarga del acuífero.

Las buenas prácticas en el manejo de los residuos sólidos y líquidos, evitarán que los mismos lleguen a los principales elementos receptores, tales como el suelo y el acuífero subterráneo, que son de los recursos y elementos más importantes del sistema ambiental.

Una vez aplicadas las medidas de mitigación, los impactos residuales considerados serán: la modificación de los procesos hidrológicos, la reducción del hábitat de la fauna silvestre. La reducción de la cobertura vegetal y alteración del paisaje y la modificación de la estructura, porosidad, permeabilidad y erodabilidad del suelo. Sin embargo, estos impactos fueron minimizados con la inclusión de áreas permeables y áreas verdes y la implementación de un programa de rescate de flora.

X.7 PRONÓSTICO AMBIENTAL

A lo largo de las afectaciones que se prevé realizar en el predio con el desarrollo del proyecto, si bien algunos elementos se verán afectados y algunos servicios ambientales se verán disminuidos (más no eliminados), se anticipa que la implementación del proyecto no pondrá en riesgo la integridad funcional del sistema ambiental, considerando además que la aplicación de las medidas de prevención y mitigación previstas por el proyecto reducirán en gran parte los afectaciones que pudieran suscitarse. Además de lo anterior, el sistema ambiental presenta afectaciones y un paisaje afectado por otros desarrollos inmobiliarios similares al que se evalúa, y no representa un cambio drástico de la calidad perceptual del medio.

Los factores ambientales que se verán afectados por las obras del proyecto, en términos de mayor a menor valor de importancia de impactos son: la captación del agua, la biodiversidad, degradación física del suelo, lo anterior sin dejar de tomar en cuenta los demás servicios que de alguna manera también se vieron afectados. También se determinó que la mayoría de los impactos a los servicios, se generaran principalmente durante uno de los componentes, como es la fase de preparación del sitio, así mismo en este y en otros capítulos del estudio se realizó un análisis de cada uno de los componentes de los servicios, explicando, el grado de impacto, así como justificando y proponiendo en su caso alguna medida de protección y mitigación, y su área de influencia.

X.8 PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del programa, se deberán realizar visitas periódicas de supervisión con por lo menos un técnico debidamente capacitado y con la experiencia necesaria en procesos de inspección o auditoría ambiental, quién en compañía de la persona que asigne el promovente, realice un recorrido del proyecto, verificando que se lleva a cabo el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección a las que se comprometió en los documentos de impacto ambiental, así como los términos y condicionantes establecidos en las autorizaciones en materia ambiental emitidas por la autoridad competente.

A continuación se indican las líneas estratégicas sobre las que se deberá basar la supervisión ambiental del proyecto, considerando las medidas de mitigación propuestas (**Cuadro X:2**).

Cuadro X:2. Programa de manejo ambiental para el proyecto Ciudad Huayacán.

LÍNEA ESTRATÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
Programa de concientización	Preparación del sitio y construcción	Generar un estado de conciencia ambiental en el personal de la obra.	<ul style="list-style-type: none">• Impacto del desmonte sobre la calidad del agua• Impacto del desmonte sobre la diversidad de flora• Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora• Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna• Impacto del desmonte sobre la diversidad de fauna• Impacto del despalme sobre la calidad del agua	Previo al inicio de las obras de cambio de uso de suelo y construcción y posteriormente dos veces al año. .	A consideración del personal encargado de la impartición de las pláticas.

LÍNEA ESTRÁTÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> • Impacto del desmonte sobre la calidad del suelo • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo 		
Recuperación del material de desmonte y despalme	Preparación del sitio	Aprovechamiento del material vegetal y pétreo removido en la superficie de cambio de uso de suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto del despalme sobre la calidad del suelo. • Impacto del despalme sobre la erodabilidad del suelo • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo • Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo 	Durante el desmonte y despalme.	Criba mecánica Palas Trituradora mecánica Lonas o plásticos para resguardo Equipo o maquinaria de transporte
Uso de letrinas portátiles	Preparación del sitio y Construcción	Evitar la práctica del fecalismo al aire libre y la consecuente contaminación del suelo y del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto del desmonte sobre la calidad del agua • Impacto del despalme sobre la calidad del agua • Impacto del despalme sobre la calidad del suelo • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo • Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del agua 	Durante las tres etapas del proyecto.	Será necesario cubrir el monto económico por la renta de los sanitarios y su respectivo mantenimiento
Conexión al drenaje municipal	Operación	Evitar la contaminación del agua subterránea de los predios que conforman el conjunto predial, así como de áreas aledañas.	Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la calidad del agua	Durante la operación del proyecto	Cubrir el costo de la obra de drenaje sanitario
Programa de Rescate de Fauna	Previo al cambio de uso de suelo en terreno forestal (CUSTF)	Implementar el rescate de especies de fauna silvestre que fueron encontradas en el sitio del proyecto haciendo hincapié en aquellas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto del desmonte sobre el hábitat de la fauna 	Previo a las actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal.	Se requerirá la contratación de una empresa especializada.

LÍNEA ESTRÁTÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
• Impacto del desmonte sobre la diversidad de fauna					
Programa de Rescate de Vegetación	Previo al cambio de uso de suelo en terreno forestal (CUSTF)	Implementar el rescate de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que fueron encontradas en el sitio del proyecto, así como de las especies epífitas.	• Impacto del desmonte sobre la diversidad de la flora	Previo a las actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal.	Se realizará la contratación de una empresa especializada para llevar a cabo el rescate de individuos vegetales.
• Impacto del desmonte sobre la cobertura de flora					
Sistema de drenaje pluvial	Construcción y Operación	Llevar a cabo la inyección de agua pluvial en el subsuelo, asegurando que esta acción cumpla con la normatividad ambiental aplicable.	• Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la cantidad de agua (recarga)	Durante la etapa de construcción, y su mantenimiento y funcionamiento durante la etapa de operación	Materiales de construcción, Mano de Obra, Maquinaria y herramienta
• Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la cantidad de agua (consumo de agua)					
Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	Preparación del sitio, Construcción y operación	Garantizar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generen durante el cambio de uso de suelo y durante la construcción del proyecto Ciudad Huayacán.	• Impacto del desmonte sobre la calidad del agua. • Impacto del despalme sobre la calidad del suelo • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del agua • Impacto del trazo y nivelación sobre la calidad del suelo • Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del agua • Impacto de la urbanización y equipamiento sobre la calidad del suelo • Impacto de la venta y ocupación de manzanas sobre la calidad del agua	Durante las tapas de preparación de sitio, construcción y operación	Trituradora mecánica para material vegetal, Criba mecánica, Contenedores plásticos de 200 L, Bolsas plásticas, Material para desplante de sitios para almacenamiento temporal, Bitácora de seguimiento y mano de obra.

En el caso de alguna contingencia o daño ambiental, tales como derrames de combustibles, aceites lubricantes o hidráulicos de la maquinaria, vertimientos de residuos de cualquier índole, o afectaciones a vegetación o fauna adicionales a las previstas en el presente documento, el promovente asumirá toda la responsabilidad en su corrección, mediante la aplicación de las siguientes medidas:

- Investigación de la naturaleza, causas y consecuencias del accidente
- Recoja y disposición adecuada de los residuos vertidos
- Levantamiento, almacenamiento y disposición adecuados de tierras contaminadas
- Saneamiento, reposición o compensación de los recursos afectados (p.e. suelo, agua, vegetación)

Las acciones de supervisión del cumplimiento del Programa de Manejo Ambiental se sujetarán al procedimiento descrito en el apartado siguiente, relativo al seguimiento y control. El método consiste básicamente en la inspección visual realizada mediante recorridos por la obra cuando lo permita la naturaleza del objeto de verificación y el levantamiento de evidencia documental del cumplimiento de las medidas propuestas, así como de evidencias de otra clase, tales como las fotografías, información proporcionada por el promovente, etc.

La evaluación del desempeño ambiental quedará sintetizada en los informes de supervisión a que se refiere el apartado de seguimiento y control, el cual contendrá, además de los hallazgos, las recomendaciones pertinentes en relación a las desviaciones a las medidas propuestas, la normatividad aplicable al proyecto y las condicionantes del resolutivo en materia de impacto ambiental y forestal.

X.9 SEGUIMIENTO Y CONTROL

Como estrategia para el seguimiento y control de las medidas de prevención y mitigación propuestas anteriormente, se deberá realizar una inspección periódica por personal debidamente capacitado en materia de inspección o auditoría ambiental. La estrategia de seguimiento y control tiene el objetivo de comprobar el cumplimiento de las medidas y proponer otras nuevas en caso de que las previstas resulten insuficientes o inadecuadas. Para ello se implementará el presente Programa de Vigilancia Ambiental, el cual se entiende como el mecanismo por el cual el promovente, asume la responsabilidad de vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, las medidas propuestas en el Documento Técnico Unificado, las incluidas en el diseño del proyecto y en las condicionantes de la autorización correspondiente.

Durante la inspección a que se refiere el párrafo anterior, el personal contratado deberá verificar el cumplimiento de las medidas propuestas de acuerdo con el método de supervisión descrito a continuación:

Para documentar los hechos respecto al manejo ambiental dentro de las obras, el personal encargado de realizar el seguimiento levantará evidencias a través de una lista de chequeo, en donde la información vertida deberá sustentarse con registros fotográficos, en su caso,

copias de la documentación que acredite arrendamiento o contratación de servicios, comprobación de insumos, entre otros. Asimismo, el personal de seguimiento deberá realizar las observaciones necesarias en la misma bitácora, esto con el fin de proporcionar una herramienta de mejora al promovente respecto al manejo ambiental que se lleva a cabo.

Para la realización del recorrido, el personal encargado del seguimiento deberá estar acompañado de una persona de la empresa promovente, al término de este recorrido, se deberá firmar el original y copias de la lista de verificación que incluirá demás las observaciones realizadas por la empresa a cargo de la supervisión ambiental, quedando el original en manos de esta última, mientras que con la copia, el promovente queda informado y responsabilizado de los cambios o mejoras que deban realizarse para el cumplimiento de los objetivos de cada una de las medidas de mitigación propuestas.

En un plazo no mayor a los cinco días naturales posteriores a la visita de supervisión, la empresa contratada deberá hacer llegar al promovente un informe técnico derivado del recorrido de inspección realizado, en donde deberá indicar el grado de cumplimiento de las medidas y condicionantes estipuladas. En este mismo documento, la empresa contratada deberá también indicar y sugerir las acciones que el promovente deberá realizar para corregir los incumplimientos identificados, de la misma forma, y aun cuando lo mencionen las medidas y las condicionantes ambientales, en caso de que se detecte alguna infracción a la legislación ambiental aplicable, se deberán realizar recomendaciones pertinentes a la empresa promovente con el fin de que estas infracciones sean corregidas.

Una vez entregado el informe, la empresa promovente contará con cinco días hábiles para ejecutar las recomendaciones y sugerencias señaladas en el informe técnico en el entendido que dicho plazo no aplicará para el caso de presentarse la autoridad ambiental a realizar alguna visita de inspección y ésta fije los plazos y términos de acuerdo a la legislación correspondiente en que deban ser atendidas sus recomendaciones. La inspección se realizará de forma mensual, y al cabo de cuatro meses continuos, se elabora un informe cuatrimestral, mismo que será entregado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con copia para la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); en la **Figura X:20**, se esquematiza mediante un diagrama de bloques la secuencia de actividades que conlleva la estrategia propuesta.

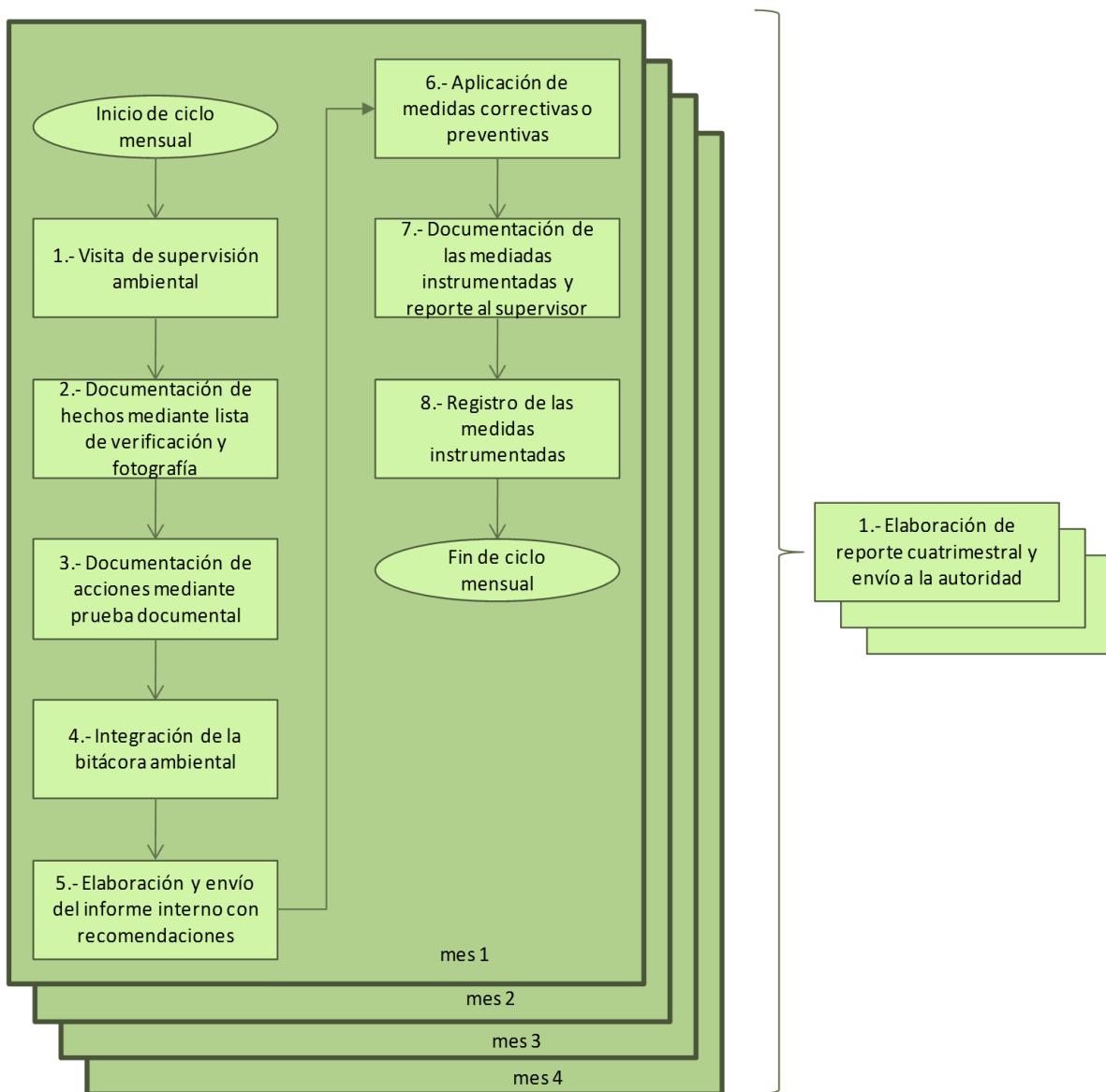


Figura X:20. Diagrama de bloques para las actividades derivadas de la estrategia de supervisión ambiental a lo largo de un ciclo cuatrimestral.

El siguiente esquema indica mediante un diagrama de Gantt, la programación de las actividades relacionadas con la supervisión ambiental del desarrollo Ciudad Huayacán.

Documento Técnico Unificado
Proyecto Ciudad Huayacán

		ESTRATEGIA 1: SUPERVISIÓN AMBIENTAL (CICLO CUATRIMESTRAL)																						
Supervisión:																								
Fecha de inicio: _____			Mes 1				Eval		Mes 2				Eval		Mes 3				Eval					
Fecha de término: _____			1	2	3	4	A		1	2	3	4	B		1	2	3	4	C	1	2	3	4	D
ACTIVIDADES	RESPONSABLE																							
Supervisión Ambiental																								
1	Visita de Inspección al predio	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	█						█				█				█						
			R																					
2	Documentación de hechos y acciones	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	█						█				█				█						
			R																					
3	Integración de la bitácora ambiental	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	█						█				█				█						
			R																					
4	Elaboración del reporte y envío al promovente con las recomendaciones pertinentes	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P		█					█				█				█						
			R																					
5	Instrumentación de las medidas preventivas o correctivas y reporte al supervisor	Promovente	P			█					█			█				█				█		
			R																					
6	Registro de las medidas preventivas o correctivas instrumentadas	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P				█				█			█				█				█		
			R																					
7	Elaboración de informe cuatrimestral y entrega al promovente	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental																				█		
8	Entrega de Informe a la Autoridad Correspondiente	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental/Promovente	P																			█		
			R																					
Marcadores																								
█	Fecha actual de avances																							
█	P: Fecha de compromiso de la tarea																							
█	R: Fecha final de ejecución de la tarea																							
X	Porcentaje de avance en la tarea																							
█	Fecha de evaluación de la Supervisión																							

XI SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO

XI.1 PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD Y CANTIDAD

La provisión de agua en calidad y cantidad es directamente proporcional a la función de los bosques y selvas tropicales como reguladores del agua y garantes de su disponibilidad y calidad. Muchos de los patrones hídricos observados en una cuenca, al igual que la cantidad y calidad del agua que de ella emana, dependen de su relieve y pendiente, así como de su tamaño, ubicación geográfica, tipo de suelo y, por supuesto, del conjunto de los ecosistemas que la conforman (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Los múltiples estratos de la vegetación interceptan el agua de la lluvia y la canalizan lentamente por hojas, ramas y troncos hacia el suelo, de manera que regulan el escurrimiento pluvial y evitan que el suelo se sature. A su vez, la densa hojarasca y suelos con un alto porcentaje de porosidad y materia orgánica, característicos de ecosistemas tropicales, permiten la filtración lenta hacia el subsuelo a manera de filtro natural, generando un reservorio de agua dulce.

El coeficiente de escurrimiento está en función del tipo de suelo y cubierta vegetal presente, de tal manera que una zona con suelo de textura arenosa y vegetación en abundancia, tendrá menor capacidad de escurrimiento que una zona carente de vegetación donde no existen horizontes edáficos (Chow *et al.* 1994)⁸⁸. El retiro de la vegetación potencializa el escurrimiento de agua en una cuenca, proceso que repercute en el balance hidrológico de la misma al disminuir el suministro gradual de agua al acuífero.

Sin embargo tomando en cuenta las dimensiones del predio, 28 ha, equivalente al 0.01% de la superficie de la microcuenca (265,875.25 ha), una variación en el coeficiente de escurrimiento por más drástico que sea el cambio, no podrá alterar el flujo ni cantidad disponible de agua en la microcuenca.

Con los datos obtenidos del Balance Hídrico de la microcuenca Cancún cuya superficie abarca 265,875.25 ha, se obtuvo el volumen de captación de precipitación que es de 3,540.08 hm³/año (1,331.48 mm de precipitación 265,875.25 ha), tomando como base la información proporcionada por las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la

⁸⁸ Chow V. T., Maidment D. y Mays L. 1994. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill

microcuenca con un periodo de registro de 22 años. En el **Cuadro XI:1** se muestra un extracto del Balance hídrico completo de la microcuenca con las variables necesarias para poder realizar la comparación con el área de afectación del predio, resultando que en la microcuenca existe un volumen de infiltración de 207.6 hm³ (207.6 millones de metros cúbicos) anuales.

Cuadro XI:1. Balance hídrico de la microcuenca Cancún.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PP	103.3	58.6	45.1	37.6	85.1	167.5	77.3	94.3	182.2	264.4	133.2	83	1331.5
ETR	89.1	58.6	45.1	37.6	85.1	167.5	77.3	94.3	168.3	153.4	129.3	83	1188.6
Coef. esc.	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128
ESC	13.22	7.5	5.77	4.81	10.89	21.44	9.89	12.07	23.32	33.84	17.05	10.62	170.42
INF (mm)	0.98	0	0	0	0	0	0	0	0	77.16	0	0	78.14
INF (hm ³)	2.61	0	0	0	0	0	0	0	0	205.15	0	0	207.76

No obstante que se ha realizado un balance hídrico a nivel microcuenca para dimensionar el efecto de los cambios de cobertura del predio en la infiltración de la misma, fue necesario hacer un balance hídrico a nivel de predio con y sin proyecto para conocer los efectos del mismo en la infiltración particular del terreno.

Dicho balance hídrico se estimó conforme a la ecuación $E=S$, donde, E es la entrada de agua por las precipitaciones (P), y S son las salidas, que están conformadas por la el escurrimiento superficial (Esc), la Evapotranspiración Real (ET_R) y la Infiltración (I). Este último valor representa el dato de interés para determinar la recarga del acuífero. A continuación se desglosa cada componente del balance. Entonces, el balance hídrico se determina con la siguiente expresión (Cervantes, 2007⁸⁹; De las Salas, 2000⁹⁰).

$$\Delta Q = P - ET_R - Esc - I$$

Donde, ΔQ es el balance hídrico, es decir el cambio en la cantidad de agua almacenada en el sistema, que para efectos de la estimación presentada se asume como 0. P es la precipitación media anual, ET_R es la evapotranspiración real, Esc es el escurrimiento superficial, e I es la infiltración o recarga del sistema.

⁸⁹ Cervantes, A. 2007. El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán. Teoría y Praxis, (3), 143-152.

⁹⁰ De las Salas, G., & Olmos, C. G. 2000. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales Contrastantes en la Cuenca del río San Cristóbal. Bogotá. Revista Académica. Colombiana de Ciencias, 24(91), 205-218.

- Precipitación (P). Representa la entrada de agua al sistema. Los datos mensuales fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, y representan promedios de precipitación del periodo 1951 a 2010 en la estación meteorológica de Cancún, identificada con el número 23155. De estos datos, se determinó una precipitación media anual de 1,331.6 mm anuales.
- Escurrimiento (Esc). Se estimó de acuerdo a la NOM-011-SEMARNAT-2015 (DOF, 27/03/2015)⁹¹. El volumen de escurrimiento se estimó mediante el despeje de la siguiente fórmula:

$$Ce = Ve / Vp$$

Donde Ce es el coeficiente de escurrimiento, Ve es el volumen de escurrimiento y Vp corresponde a la precipitación anual. El volumen de escurrimiento quedó definido por la expresión $Ve=Ce * Vp$. El Ce , se estableció a partir del coeficiente K , siendo K un parámetro que se determina en función del tipo de suelo presente en el sitio según el **Cuadro XI:2**. En el caso del sitio sujeto a autorización de cambio de uso del suelo, el suelo es de tipo B (medianamente permeable) y con una sola tipo de vegetación (SMQ) con diferentes estados sucesional razón por la cual le aplican tres diferentes valores para el factor K .

Cuadro XI:2. Valores de K de acuerdo con los tipos y usos de suelo

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS			
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos			
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos			
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas			
Tipo de cobertura del suelo			A	B
Sin cobertura	Barbecho, áreas incultas y desnudas		0.26	0.28
	En hilera		0.24	0.27
Cultivos:	Legumbres o rotación de pradera		0.24	0.27
	Granos pequeños		0.24	0.27
Pastizal:	Más del 75% - Poco -		0.14	0.20
	Del 50 al 75% - Regular -		0.20	0.24
	Menos del 50% - Excesivo -		0.24	0.28
Bosque:	Cubierto más del 75%		0.07	0.16
				0.24

⁹¹ Diario Oficial de la Federación. 27 de marzo de 2015. NORMA Oficial Mexicana NOM011CONAGUA2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

	Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
	Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
	Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
	Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Otros	Caminos	0.27	0.30	0.33
	Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Una vez determinado el valor del factor K se calcula el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), mediante las fórmulas siguientes:

K: parámetro que depende del tipo y uso de suelo Coeficiente de escurrimiento anual (Ce)

Si K resulta menor o igual que 0.15 $Ce = K (P-250) / 2000$

Si K es mayor que 0.15 $Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5$

Los resultados derivados del cálculo del escurrimiento, en las condiciones actuales se muestran en el **Cuadro XI:3.**

Cuadro XI:3. Cálculo de escurrimiento en el predio en condiciones actuales.

Uso	Ha	K	Ce	m ³
VSA/SMQ	13.82	0.16	0.093	17,112.98
VSa/SMQ	9.08	0.22	0.166	20,069.13
VSh/SMQ	5.10	0.28	0.238	16,161.5
TOTAL	28.00			53,343.61

- Evapotranspiración (ET_R). Para estimar la evapotranspiración real se partió de la evaporación potencial mensual, la cual se estimó con base en el método de Thornthwaite (1978) citado por (Sánchez, 2011)⁹², que consiste en las siguientes ecuaciones:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Donde i es el índice de calor mensual

⁹² Sánchez, F. J. 2011.- Medidas puntuales de permeabilidad. Universidad de Salamanca, 13 pp. (En: <http://hidrologia.usal.es>)

$$ETP_{\text{sin corr.}} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Donde $ETP_{\text{sin corr.}}$ es la evapotranspiración potencial sin ajuste, t es la temperatura media anual cuyos valores se trajeron de los datos del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a la estación Cancún, e I es el índice de calor anual, calculado como la suma de los doce índices de calor mensuales y a se calcula mediante la expresión:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} + 0.49239$$

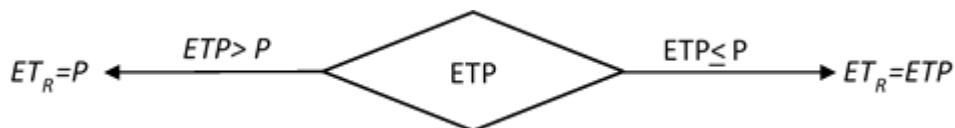
$$ETP = ETP_{\text{sin corr.}} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

Donde d es el número de días del mes y N es la duración astronómica del día en horas de sol, cuyo valor depende de la latitud del sitio y se determinó en cada mes, mediante la siguiente función:

$$N = 12.09086 + (0.00266 LAT) + (0.2194 - 0.06988 LAT) * \text{Sen}(30m + 83.5)$$

Donde LAT es la latitud del sitio en grados decimales, que para el caso de estudio es 21.16° , Sen corresponde a la función sigmoidal y m es el número ordinal correspondiente al mes que se calcula, correspondiendo a enero el valor de 1 y sucesivamente hasta diciembre con valor de 12.

Una vez calculada la evapotranspiración potencial por mes, se determinó la evapotranspiración real empleando la lógica que se ilustra en el siguiente diagrama de flujo, y se realizó la suma de las evapotranspiraciones reales de todos los meses para determinar la evapotranspiración real anual.



En el **Cuadro XI:4** se presentan los resultados de los cálculos de evapotranspiración real obtenidos por medio de las ecuaciones precedentes. La evapotranspiración real resultó en 1188.6 mm al año.

Cuadro XI:4. Resultados de la evapotranspiración real

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
temp	24	24.8	25.9	27.5	28.8	29.1	29.5	29.6	28.9	28.9	27.4	25.7	24.5	325.7
i	10.75	11.30	12.06	13.21	14.17	14.39	14.69	14.77	14.24	14.24	13.14	11.92	11.09	155.73
ETP sc	88.81	101.13	120.10	152.30	182.90	190.56	201.15	203.87	185.42	185.42	150.12	116.47	96.37	
N	31.00	28.25	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
d	11.65	13.22	12.97	11.33	11.07	12.63	13.37	12.04	10.89	10.89	11.87	13.32	12.79	
ETP.	89.09	104.91	134.14	143.8	174.34	200.57	231.59	211.37	168.27	168.27	153.45	129.28	106.13	1846.94
PP	103.3	58.60	45.10	37.60	85.10	167.5	77.30	94.30	182.2	182.2	264.4	133.2	83.00	1331.6
ET _R	89.10	58.60	45.10	37.60	85.10	167.5	77.30	94.30	168.3	168.3	153.4	129.3	83.00	1188.6

- Infiltración. Finalmente, la infiltración se determinó a partir del despeje de la fórmula determinada para el balance hídrico:

$$I = P - (Esc - ET_R)$$

Donde I es la infiltración anual, P es la precipitación anual, Esc , es el volumen de escurrimiento anual y ET_R es la evapotranspiración real anual.

Estableciendo el balance hídrico para la superficie del predio en las condiciones ambientales bajo las cuales se presenta actualmente se tiene que este presenta una infiltración media anual de 2,633.04 m³ (**Cuadro XI:5**), los cuales equivalen al 0.000013% de la infiltración total en de la microcuenca.

Cuadro XI:5. Cálculo de infiltración en el predio en condiciones actuales.

USO	Sup. (ha)	PP (m ³)	ESC (m ³)	ETR (m ³)	Infiltración (m ³)
VSA/SMQ	13.82	184,010.54	17,112.98	164,264.52	2,633.04
VSa/SMQ	9.08	120,898.38	20,069.13	107,924.88	0.00
VSh/SMQ	5.1	67,905.48	16,161.50	6,0618.60	0.00

Considerando que para tener una valoración y un marco de referencia adecuado, se necesita considerar las implicaciones que tienen las actividades del proyecto en el comportamiento hidrológico del predio, se llevó a cabo el cálculo de los parámetros de infiltración considerando los usos de suelos propuestos por el proyecto, cuyos resultados se presentan en el **Cuadro XI:6**.

Cuadro XI:6. Cálculo de infiltración en el predio con proyecto.

USO	Ha	Sup. (ha)	PP (m ³)	ESC (m ³)	ETR (m ³)
Superficie permeable en las manzanas	3.4	45,270.32	10,774.34	40,412.40	0.00
Superficie permeable verde	2.55	33,952.74	4,787.34	30,309.30	0.00
Vialidades	4.45	59,250.86	15,523.73	52,892.70	0.00
Donación permeable	0.85	11,317.58	1,052.53	10,103.10	161.95
Donación impermeable	1.99	26,496.45	6,306.16	23,653.14	0.00
Desplante habitacional multifamiliar	9.78	130,218.74	37,242.56	116,245.08	0.00
Desplante comercial subcentro urbano	2.43	32,354.96	9,253.52	28,882.98	0.00
Superficie libre impermeable	2.55	33,952.74	8,895.62	30,309.3	0.00
	28.00				161.95

No obstante que las condiciones del proyecto pudieran significar un decremento en la cantidad de infiltración natural dentro del predio, es necesario considerar que el balance generado se encuentra sustentado bajo el supuesto de que el escurrimiento producido en las vialidades del proyecto se considera una salida (o pérdida en el sistema); supuesto que se encuentra distante de la condición real si se toma en cuenta que todo el escurrimiento pluvial en las vialidades será canalizado a pozos de absorción, representan un volumen de infiltración de 15,523.73 m³ el cual será un volumen 589% superior al del predio en condiciones naturales.

Es necesario recalcar que el proyecto contempla todo un sistema de drenaje pluvial independiente al sistema de drenaje sanitario, en donde este último canalizará las aguas al sistema de drenaje municipal cuyo efluente terminará en la planta de tratamiento municipal. Los pozos de absorción de aguas pluviales en las vialidades del proyecto con un sistema de filtros y retención de grasas que permita garantizar la calidad del agua que se infiltra en los mismos.

XI.2 CAPTURA DE CARBONO

Para el cálculo del contenido de carbono en la superficie forestal donde se efectuará el cambio de uso de suelo, se optó por utilizar el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático modificado por Fragoso (2003)⁹³, el cual utiliza como base las existencias reales totales, así como el factor de densidad de las especies, factor de contenido de carbono, factor de expansión por crecimiento de raíces y la edad media de las especies de acuerdo con la siguiente expresión⁹⁴.

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n \frac{V_i * Dn_i * Fco_2 * Bs}{Em_i}$$

Donde:

CO_2 = Fijación de carbono (ton/sup/año)

i = especie i -ésima

n = Número de especies

V_i = Volumen total árbol de la especie i (m^3 VTA / ha)

Dn_i = Factor de densidad de la especie i (ton de materia seca / m^3)

Fco_2 = Factor de contenido de carbono (parámetro constante = 0.45)

Bs = Factor de expansión correspondiente al crecimiento de raíces (parámetro constante = 1.3)

Em_i = Edad media de la especie i la cual se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Em_i = Dm_i / Im_i$$

Dónde:

Im_i = Incremento corriente anual de la especie i (cm/año)

Dm_i = Diámetro medio de la especie i

$$Im_i = 0.071465 + (0.023954 * Dm_i) - (0.0000246 * Dm_i^2)$$

Los resultados de cada una de las variables descritas se presentan en el **Cuadro XI:7**, cabe señalar que el factor de densidad para cada especie ha sido tomado de Sotomayor (2005)⁹⁵, sin embargo dado que no se encontró referencia bibliográfica para la densidad de madera

⁹³ Fragoso, L. P. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Grande” municipio de Tancítaro, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán.

⁹⁴ Meza V., Mora F., Chaves E. y Fonseca W. 2003. Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el trópico húmedo de costa rica. XII Congreso Forestal Mundial, Quebec City, Canadá

⁹⁵ Sotomayor C. J. R., 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Investigación e ingeniería de la madera*, 1:1:24.

de cada una las especies, fue ocupado el valor medio de densidad de madera para especies latifoliadas, en todas aquellas especies sin referencia.

Cuadro XI:7. Estimación de la fijación de CO₂ (ton/año) en el predio.

Especie	Vi/ha	Dni	Dmi	Imi	Emi	Ton /ha/año	Ton CO ₂ /año
<i>Albizia tomentosa</i>	0.100816	0.52	10.82	0.33	32.79	0.0009	0.0252
<i>Bursera simaruba</i>	0.053176	0.43	14.01	0.4	35.03	0.0004	0.0112
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.146501	0.56	11.09	0.33	33.61	0.0014	0.0392
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.228101	0.56	11.18	0.34	32.88	0.0023	0.0644
<i>Calyptrotheces pallens</i>	0.098109	0.56	15.28	0.43	35.53	0.0009	0.0252
<i>Cecropia peltata</i>	0.093849	0.31	12.57	0.37	33.97	0.0005	0.014
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.13092	0.56	18.46	0.51	36.2	0.0012	0.0336
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.053539	0.56	11.62	0.35	33.2	0.0005	0.014
<i>Coccoloba spicata</i>	0.383233	0.56	11.8	0.35	33.71	0.0037	0.1036
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.067519	0.56	10.98	0.33	33.27	0.0007	0.0196
<i>Diphysa carthagrenensis</i>	0.158192	0.56	13.05	0.38	34.34	0.0015	0.042
<i>Erythroxylum areolatum</i>	0.040051	0.56	10.66	0.32	33.31	0.0004	0.0112
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.222719	0.45	13.44	0.39	34.46	0.017	0.476
<i>Ficus pertusa</i>	0.183494	0.45	11.94	0.35	34.11	0.0014	0.0392
<i>Gliricidia sepium</i>	0.076149	0.37	14.48	0.41	35.32	0.0005	0.014
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.093359	0.56	15.28	0.43	35.53	0.0009	0.0252
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	27.843914	0.63	14.72	0.42	35.05	0.2928	8.1984
<i>Manilkara zapota</i>	0.307544	0.85	16.07	0.45	35.71	0.0043	0.1204
<i>Metopium brownei</i>	2.608225	0.37	13.44	0.39	34.46	0.0164	0.4592
<i>Sabal yapa</i>	0	0.56	38.59	0.96	40.2	0	0
<i>Thrinax radiata</i>	0	0.56	12.73	0.37	34.41	0	0
<i>Vitex gaumeri</i>	3.650713	0.67	13.98	0.4	34.95	0.0409	1.1452
Fijación de CO₂ en el predio (ton/año)						0.3886	10.8808

Como resultado del cálculo de carbono almacenado por la vegetación presente en el predio se tiene que la fijación media anual es de 0.3886 ton/ha, lo cual genera un estimado de carbono total fijado en el predio de 10.88 ton/año. Sin embargo, Masera *et al.*, (2001)⁹⁶ señala que el contenido medio de carbono en selvas perennes es de 186 ton/ha mientras que las selvas deciduas presentan un contenido medio de carbono de 54 ton/ha, ambos están muy por encima del contenido de carbono del predio. Lo anterior puede ser un indicador de que el potencial de fijación de carbono en el predio es reducido. Por otra parte cerca del 75.35 % del total de CO₂ del predio se encuentra en una sola especie (*Lysiloma*

⁹⁶ Masera O. R., Cerón A. D. y Ordóñez A. 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 6:291–312.

latisiliquum con 8.19 ton/ha) y cerca del 98% del carbono total está almacenado únicamente en 10 de las 22 especies del estrato arbóreo (**Figura XI:1**).

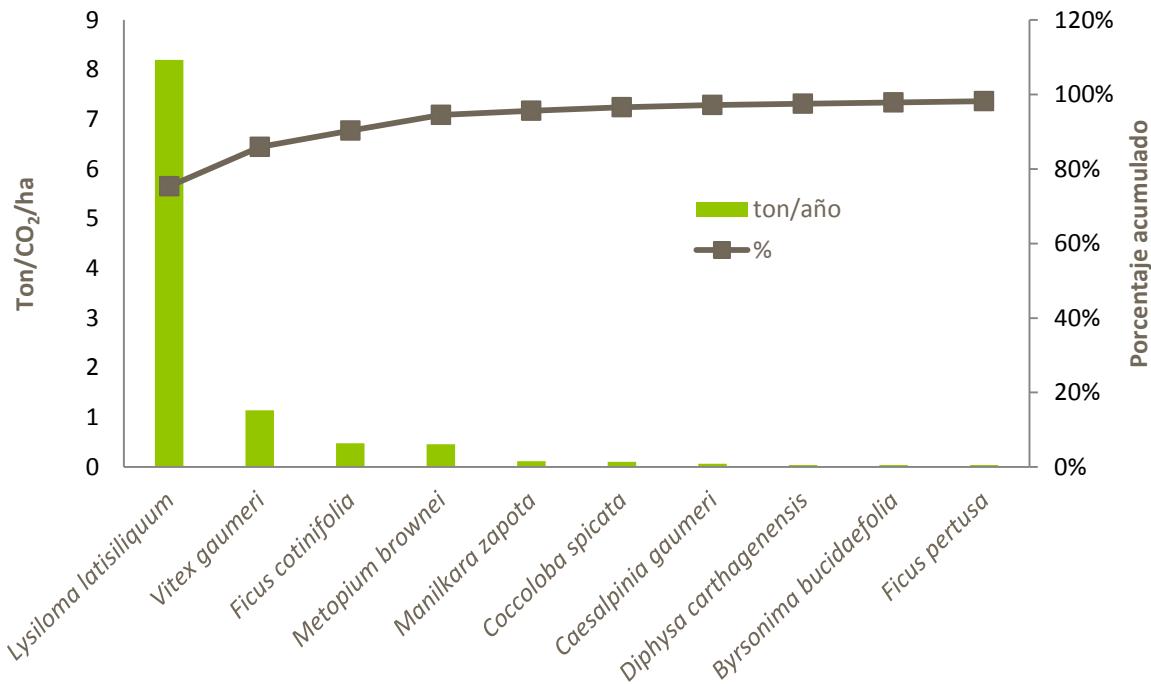
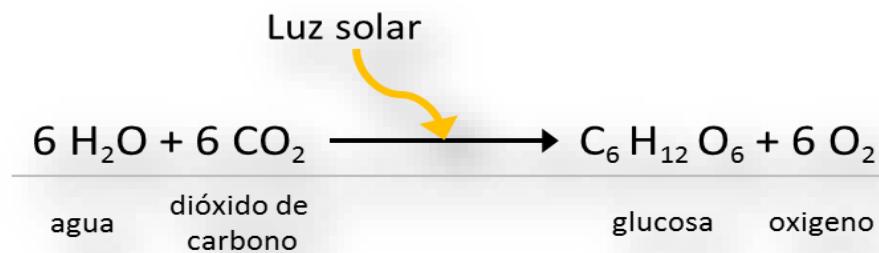


Figura XI:1. Especies principales por su fijación de CO₂

XI.3 GENERACIÓN DE OXIGENO

Mucho se ha especulado sobre el papel de los bosques en la producción de oxígeno para el hombre a través de la fotosíntesis, al grado de denominar a muchas reservas de ecosistemas forestales como “pulmones”, sin embargo, la gran mayoría de los científicos coinciden que los bosques tropicales húmedos maduros no aportan contribución alguna al oxígeno del planeta, sino que se encuentran en estado de equilibrio y, por la descomposición de la materia orgánica y respiración, consumen tanto oxígeno como el que producen mediante la fotosíntesis (Caufield, 1982 citado por Quevedo 1986)⁹⁷.

⁹⁷ Wang T. y Li F. 2014. Forest Indicator: Forest Area (% of Land Area). En: Li X. Ed. Human Green Development Report, pp. 171-187, Springer Berlin Heidelberg.



Inversamente, la respiración usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.



De acuerdo con las ecuaciones anteriores, 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.

El hombre no debe preocuparse por sus reservas de oxígeno en la tierra, ya que la cantidad de la cual dispone es prácticamente ilimitada, según Quevedo (Op. Cit.), en el hipotético caso de que la fotosíntesis cesase, es decir, que las plantas terrestres y la flora marinas sean eliminadas del ambiente, el real problema no sería la falta de oxígeno, sino la falta de alimentos.

Por otra parte otros autores señalan que los bosques juegan un papel crucial en la fijación de carbono y generación de oxígeno, puesto que los ecosistemas forestales mantienen el balance entre el oxígeno y el dióxido de carbono presente en el aire. De acuerdo con Li Fengli (2012)⁹⁸, una hectárea de bosque latifoliado absorbe cerca de una tonelada de dióxido de carbono y produce 0.75 toneladas de oxígeno al día, mientras que según Foster⁹⁹, un cálculo ha señalado que un árbol grande en crecimiento, tarda 12 horas para efectuar la

⁹⁸ Li Fengli. 2012. On forests' role in protecting ecological environment. *Priv Technol*, 7:2–3.

⁹⁹ Foster P. W. 1975. *Introducción a la Ciencia Ambiental*. El Ateneo, México, 186 p.

fotosíntesis (en las condiciones dadas de un bosque tropical) para convertir en oxígeno respirable el CO₂ producido por una persona en un día.

Lo cierto es que no se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuánto 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 la microcuenca existen una vasta extensión de selva mediana subperennifolia equivalente a una superficie de 63,996.50 ha, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental de liberación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la superficie donde se perderá la vegetación sólo representa el 0.00028% de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio; lo anterior sin considerar la superficie que existe respecto a la vegetación secundaria (VSA) de éste mismo ecosistema dentro de la microcuenca y que equivale a 135,450.08 ha.

XI.4 AMORTIGUAMIENTO DEL IMPACTO DE FENÓMENOS NATURALES

Es difícil estimar con precisión la importancia de la superficie del proyecto sometida a cambio de uso de suelo con respecto a este servicio ambiental. Además, la mayoría de los autores estiman esta importancia de manera indirecta, basándose en los costos o daños que provoca la presencia de inundaciones o tempestades con respecto a la remoción de vegetación. Los fenómenos naturales más recurrentes en la zona donde se ubica el predio del proyecto, son los huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrean 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 *et al.*, (2006)¹⁰⁰ con el paso del huracán Wilma en 2005. 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

¹⁰⁰ Sánchez O. S., Mendizábal L., Calmé S. 2006. Recuperación foliar en un acahuil después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica del Eden, Quintana Roo. *Forresta Veracruzana*, 8:37-42.

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 ambiente.

Es un hecho que la eliminación de la vegetación en una selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno naturales como los huracanes y tormentas tropicales, por lo que éste servicio ambiental se verá afectado con el cambio de uso de suelo propuesto; sin embargo dicho servicio se verá impactado de forma imperceptible al momento que se compara la cantidad de vegetación a remover con la vegetación presente en la cuenca.

XI.5 MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA

La estimación del grado de modificación o alteración de este servicio ambiental por efecto del cambio de uso de suelo es muy compleja, puesto que los Servicios Ambientales no necesariamente tienen una relación de uno a uno con las propiedades ecosistémicas. Muchas veces un servicio ambiental es el resultado de dos o más propiedades ecosistémicas mientras que en otros casos una propiedad ecosistémica contribuye a la formulación de dos o más servicios ambiental (Constanza *et al.* 1997¹⁰¹, Díaz *et al.* 2006¹⁰²). A su vez, las propiedades ecosistémicas incluyen no sólo la dinámica biogeoquímica a corto plazo (relacionada con productividad, descomposición, ciclado de nutrientes, etc.), sino también el equilibrio ecosistémico a largo plazo (Lepš *et al.* 1982, Chapin *et al.* 2000, Grime 2001).

En razón de lo anterior, la regulación climática, ya sea, a través del secuestro biológico de carbono o por intercambios de energía con la atmósfera, es un servicios ambiental cuyo origen está ligado a diversos rasgos del ecosistema como son: la productividad primaria, la acumulación de carbono en vegetación, la acumulación de carbono en el suelo, la descomposición, el albedo y rugosidad del dosel, el intercambio de calor entre la vegetación y atmósfera así como la evapotranspiración, entre otros (Casanoves *et al.*, 2011)¹⁰³. De tal manera que la cuantificación del impacto del cambio de uso de suelo es una labor por de más compleja.

¹⁰¹ Constanza R., d'Arge R; de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. y van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**: 253-260.

¹⁰² Díaz S., Lavorel S; Chapin III FS., Tecco P.A., Gurvich D.E. y Grigulis K. 2006. Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En: Canadell J; Pitelka LF y Pataki D. Eds. *Terrestrial ecosystems in a changing World*, pp. 103-113, Springer Science y Business Media, Nueva York.

¹⁰³ Casanoves F., Pla L. y Di Renzo J. A. 2011. *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Si tomamos en cuenta un enfoque sistémico, podemos visualizar el medio físico en el que se encuentra inmerso el proyecto, como un sistema en el que existe un balance de materia y energía. Al momento de haber un cambio en la composición natural del medio, es posible generar alteraciones que rompan el equilibrio de dicho sistema. Bajo este paradigma, encontramos que existirán cambios de temperatura en el sotobosque y a nivel de mesofauna, registrando aumentos de evaporación debido a la radiación directa, así como cambios en los ciclos biogeoquímicos naturales a una escala local. Sin embargo, considerando el entorno urbano que rodea el área donde se llevará a cabo el proyecto, es posible que las alteraciones locales queden marcadas como eventos aislados, en donde la capacidad de resistencia del sistema, junto con medidas de mitigación, disminuyan el efecto negativo.

A manera de conclusión, se puede decir que resulta evidente el cambio de patrones climáticos locales con el desarrollo del proyecto, ya que es posible generar variaciones en la evapotranspiración, evaporación, radiación en el suelo, desecación, así como aumento de la temperatura, entre otros. Sin embargo, dichos cambios no podrán ser cruciales en la dinámica de la cuenca, considerando que la superficie del predio resulta poco significativa en comparación con ésta, aunada a que se trata de una zona en proceso de urbanización.

Algunos datos señalan que durante el verano, los ecosistemas forestales son de 2 a 4 °C más templados que en áreas urbanas abiertas y la humedad relativa es de 15 a 25 % mayor (Li Fengli, Op. cit.), lo cual indica que el mantener la cobertura vegetal en las áreas verdes de donación contribuye a la disminución de la afectación sobre este servicio ambiental.

XI.6 PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ECOSISTEMAS Y FORMAS DE VIDA

Si bien la remoción de la cobertura vegetal disminuye la aportación de este servicio ambiental, la zona donde se pretende desarrollar el proyecto ya pertenecen su mayoría a una zona urbana y de acuerdo con el plan de desarrollo urbano vigente el proyecto quedará

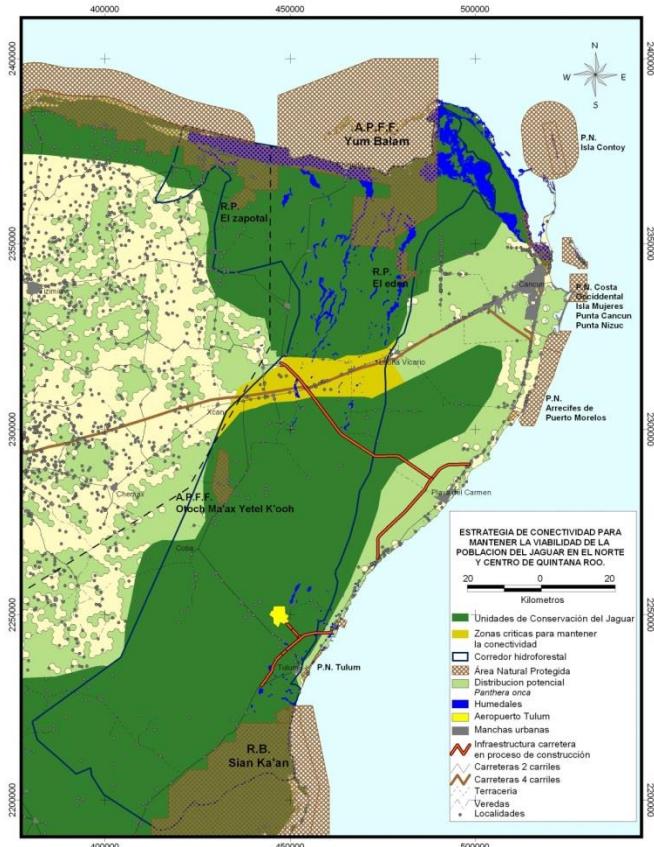


Figura XI:2 Corredor Biológico del Jaguar en el Noreste de la Península de Yucatán.

inmerso en un área completamente urbana, razón por la cual el servicio ambiental de protección a la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida es menor al que se puede presentar en las regiones menos influenciadas por la acción antropogénica dentro de la microcuenca. Para tener un marco de referencia a cerca de la importancia del resto de la microcuenca en relación al predio y con respecto a la prestación de este servicio, se ha considerado el concepto de especies sombrilla, ya que estas son especies que requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de sus poblaciones pudiera implicar la protección de poblaciones de otras

especies simpátricas de su mismo gremio (Berger, 1997¹⁰⁴; Roberger y Angelstam, 2004¹⁰⁵; Favreau *et al.*, 2006¹⁰⁶), especies de menor nivel trófico (Caro y O'Doherty, 1999¹⁰⁷), o una sección apreciable del ecosistema. Además las especies sombrilla han sido ampliamente

¹⁰⁴ Berger J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhino as an umbrella species for desert herbivores. *Cons. Biol.*, **11**: 69–78.

¹⁰⁵ Roberger y Angelstam, 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Cons. Biol.*, **18**: 76-85.

¹⁰⁶ Favreau J, Drew A, Hess G, Rubino M, Koch F, Eschelbach K. 2006. Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. *Biodiv. Cons.* **15**: 3949-3969.

¹⁰⁷ Caro T, O y Doherty G.1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Cons. Biol.* **13**: 805-814.

utilizadas para la selección y diseño de áreas protegidas (Noss *et al.*, 1996¹⁰⁸; Caro y O'Doherty, 1999¹⁰⁹; Hitt y Frissell, 2004¹¹⁰) como el caso de los ñus (*Connochaetes taurinus*) utilizados para definir los límites del Parque Nacional Serengeti en Tanzania, o el jaguar (*Panthera onca*) empleado para diseñar la Reserva de Cockscomb en Belice (Caro, 2003)¹¹¹. A razón de lo anterior se considera que el corredor de una especie sombrilla podrá representar de manera indirecta la zonas donde se presenta un alto valor para el servicio ambiental de protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida.

Considerando lo anterior, se ha tomado al Jaguar como especie sombrilla de la microcuenca, de tal manera que la definición de su corredor biológico o área de importancia para su distribución (**Figura XI:2**), indica de manera indirecta la zona dentro de la microcuenca donde se presente el mayor potencial de prestación del servicio en comento. Dado que el predio donde se pretende establecer el proyecto, se encuentra fuera del corredor de la especies sombrilla (jaguar), se determina que el proyecto no presentará decremento del servicio ambiental protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida.

XI.7 PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS

Si bien es ampliamente reconocido que la cobertura vegetal juega un papel fundamental en la producción de sedimentos y aumento de la erosión, la experiencia de campo indica que más que la existencia de árboles, otras variables son de igual o mayor importancia en el control de los procesos erosivos (Porras, 2003)¹¹², como por ejemplo la cobertura y composición del suelo, el tipo de clima, régimenes e intensidad máxima de lluvias, tipo de terreno, y grado de las pendientes. El bosque natural, a través de sus raíces más profundas y la existencia de sotobosque, presenta los menores niveles de erosión y sedimentación, sin embargo la introducción de otros usos del suelo, como agricultura, no necesariamente significa desastres en términos de erosión si dicho cambio es acompañado de prácticas adecuadas de conservación de suelos. De la misma manera, la introducción de proyectos de reforestación no necesariamente disminuye la sedimentación a menos que sea

¹⁰⁸ Noss R, Quigley H, Hornocker M, Merrill T y Paquet P. 1996. Conservation Biology and Carnivore Conservation in the Rocky Mountains. *Cons. Biol.* **10**: 949-963.

¹⁰⁹ Caro T, O'Doherty G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Cons. Biol.* **13**: 805-814.

¹¹⁰ Hitt N.P y Frissell C.A. 2004. A case study of surrogate species in aquatic conservation planning. *Aquat. Cons.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, **14**: 625-633.

¹¹¹ Caro T. 2003. Umbrella species: critique and lessons from East Africa. *Anim. Cons.* **6**: 171-181.

¹¹² Porras I. T. 2003. Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: consideraciones metodológicas. International Institute for Environment and Development (IIED) Presentado en el III Congreso Latinoamericano de Protección de Cuencas. Arequipa, 9-13 de junio de 2003

acompañada por prácticas de conservación, como diseño apropiado de caminos, tipo de maquinaria, entre otros.

En razón de lo anterior, se llevó a cabo una estimación de la tasa de erosión con y sin proyecto, lo cual arrojó como resultado que la tasa de erosión media en el predio pasa de **5 ton/ha/año** a **8.76 ton/ha/año**, ambas consideradas ligeras y muy por debajo de niveles críticos definidos por la FAO, de tal manera que el proyecto no aumentará la tasa de erosión del suelo.

No obstante lo anterior, dada la naturaleza del proyecto, el cual contempla la remoción total de suelo y cimentación de obra en gran parte del predio, inevitablemente se tendrá un impacto irreversible sobre el suelo, razón por la cual la mayor parte de las áreas verdes del proyecto se mantendrán con vegetación nativa y parte de las especies arbóreas originales. Además se han establecido medidas de mitigación que favorecen el aprovechamiento del sustrato edáfico en mejoramiento de las áreas verdes del proyecto.

XI.8 PAISAJE Y RECREACIÓN

Para llevar a cabo una valoración del paisaje actual en la zona donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo se implementó un método indirecto de valoración de categorías estéticas utilizado por el Bureau of Land Management de los Estados Unidos (BLM, 1980)¹¹³. En el cual se valora en un paisaje aspectos como la morfología, vegetación, existencia o no de agua, color, rareza, entre otros, asignando unos valores ya establecidos para cada uno de ellos según se propone en el **Cuadro XI:8** (Viñals, 2002)¹¹⁴.

Cuando se suman las diferentes puntuaciones se pueden establecer tres intervalos de los valores según la calidad visual, de tal forma que los paisajes con puntuación entre 19 y 33 son considerados de máxima calidad, los paisajes entre 12 y 18 de calidad media y entre 0 y 11 de calidad baja.

Valor Calidad = morfología + vegetación + agua + color + fondo escénico + rareza + acción antrópica.

Cuadro XI:8. Criterios para la evaluación de la calidad escénica del paisaje.

Componente	Criterios	Valor
Morfología	Relieve con pendiente muy marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o	5

¹¹³ BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management). 1980. Visual resource management program. Government Printing Office, Washington D.C.

¹¹⁴ Viñals M. J. 2002. *Turismo en espacios naturales y rurales II*. Universidad Politécnica de Valencia. 345 p.

Componente	Criterios	Valor
Vegetación	muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma.	
	Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.	1
Agua	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	5
	Cierta variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	3
	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	5
Variabilidad cromática	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca agua y nieve	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante	3
Fondo escénico	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	1
	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto	1
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	6
	Característico, o aunque similar a otros en la región	2
	Bastante común en la región	1
	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	2
Acción antrópica	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica	0

Fuente: Bureau of Land Management (1980).

Como resultado de la valoración del paisaje con los parámetros descritos en el cuadro anterior se tiene que el predio presenta una calidad del paisaje media (VCP= 8, **Cuadro XI:9**).

Cuadro XI:9. Resultados de la valoración de la calidad del paisaje de acuerdo con el método BLM (1980).

Factor	Valor de Calidad del Paisaje
Morfología	1
Vegetación	1
Agua	0
Variabilidad cromática	1
Fondo escénico	1
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	2
VCP total	7

Otro parámetro considerado para la valoración del paisaje es la capacidad de absorción del mismo, el cual según Viñals (Op. Cit.), es el concepto inversamente proporcional u opuesto a la “fragilidad o vulnerabilidad” visual y se puede medir a en función de la valoración de factores como la pendiente, la diversidad de la vegetación, la estabilidad y erosionabilidad del suelo, la regeneración potencial de la vegetación, etc., a través de la expresión propuesta por Yeomans (1986)¹¹⁵

$$CAV = P * (D + E + V + R + C)$$

Donde:

P = Pendiente.

D = Diversidad de vegetación

E = Erosionabilidad

V = Actuación humana.

R = Potencial

C = Contraste de color

La escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción del paisaje define tres categorías: Baja ($CAV < 15$), Media ($CAV > 15$ y <30) y Alta ($CAV > 30$). La valoración nominal y numérica para las variables descritas se presente en el **Cuadro XI:10**.

¹¹⁵ Yeomans W. C. 1986. *Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment*. John Wiley and sons, New York.

Cuadro XI:10. Valores de la capacidad de absorción visual (C.A.V.)

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente>55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	3
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Contraste de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	3
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1

Fuente: Yeomans (1986).

En el **Cuadro XI:11** se presentan los valores que posee el predio para cada uno de los parámetros que definen la capacidad de absorción visual.

Cuadro XI:11. Valores de la capacidad de absorción visual del predio.

Factor	Valor de C.A.V.
Pendiente	3
Diversidad de vegetación	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	3

Factor	Valor de C.A.V.
Contraste de color	1
Potencial estético	3
Actuación humana	3
$CAV = P * (D + E + V + R + C)$	$CAV = 3 * (3 + 3 + 1 + 3 + 3) = 39$

Considerando los resultados de la calidad del paisaje y su capacidad de absorción visual, se concluye que el paisaje presente en el predio tiene una calidad media, por tanto el servicio ambiental que presta el ecosistema forestal en este rubro es no es muy alto. Además dadas las características evaluadas tiene una mediana capacidad de absorción de los cambios que en este se puedan manifestar, por tanto la afectación o decremento de este servicio ambiental no será considerable, más aun si se toma en cuenta que en las áreas verdes contempladas por el proyecto no se removerán los individuos arbustivos ni arbóreos, únicamente se llevará a cabo el socoleo.

XII JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

XII.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

XII.1.1 No se compromete la biodiversidad

La LGEEPA define biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

En consecuencia, cuantificar y asignar valores a la diversidad biológica, es una tarea prácticamente imposible de realizar, teórica y metodológicamente inviable. Ya que, la realidad es que no contamos con capacidad para estimar, cuáles son las índoles de interdependencias y cuáles los papeles críticos que desempeñan en la trama de las relaciones tróficas cada uno de los seres vivos. Menos sabemos cuánto de cambio es capaz de tolerar el territorio o qué tanto de desarrollo económico regulado por el mercado es capaz de sostener (Toledo, 1998)¹¹⁶. Sin embargo, la ecología ha desarrollado algunos métodos para conocer la diversidad a diferentes niveles. En 1960, Whittaker propuso los términos de alfa, beta y gamma diversidad con el objeto de estimar la diversidad a distintas escalas del paisaje o región. La diversidad alfa es la biodiversidad intrínseca de cada comunidad vegetal concreta del paisaje en cuestión (Ferriol-Molina y Merle-Farinós, 2015)¹¹⁷. Entonces, con base en el análisis comparativo entre la microcuenca y predio, el predio representa solo el 0.0001 % de la superficie de la vegetación de SMQ de la microcuenca, además el tipo de vegetación SMQ que se distribuye en el predio está en estado sucesional secundario; es decir, es un comunidad fragmentada. Por otra parte, las especies dominantes tanto en la microcuenca como en el predio coinciden; sin embargo, el índice de diversidad Shannon indica que la microcuenca Cancún es más diversa que el predio. Análogamente, el índice de riqueza Margalef indica alta riqueza en la microcuenca

¹¹⁶ Toledo A. 1998. *Economía de la Biodiversidad*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F.

¹¹⁷ Ferriol-Molina, M. y Merle-Farinós, H. 2015. Los componentes alfa, beta y gamma de la diversidad. Aplicaciones al estudio de comunidades vegetales. <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20%20articulo%20docente%20def.pdf?sequence=1>> (consultado 31 de agosto de 2016).

y significativamente menor en el predio, lo cual es coherente con el alto número de especies encontradas en la microcuenca. Respecto a las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la microcuenca se registran 16 especies bajo protección, mientras en el predio solo *T. radiata* que también se distribuye en la microcuenca.

Cuadro XII:11. Indicadores de diversidad florística de la microcuenca y el predio.

INDICADOR	Arbóreo	ESTRATO	
		Arbustivo	Herbáceo
PREDIO HUAYACÁN			
No. especies	22	41	60
No. individuos	324	315	552
Índice de diversidad Shannon	1.48	3.02	3.47
Índice de diversidad Simpson	0.57	0.91	0.96
Equidad	0.48	0.81	0.77
Índice de riqueza Margalef	3.63	6.95	9.34
MICROCUENCA CANCÚN			
Especies	89	112	104
No. individuos	1,299	1,075	1,014
Índice de diversidad Shannon	3.13	4.04	3.92
Índice de Simpson	0.90	0.97	0.97
Índice de Riqueza Margalef	12.27	15.9	14.88
Índice de Equidad	0.70	0.86	0.84

Respecto a la fauna, el predio y la microcuenca presentan especies abundantes características de zonas fragmentadas. La microcuenca presenta valores de riqueza y diversidad dos veces más altos que el predio, los valores se presentan en el **Cuadro XII:12**. Finalmente, la microcuenca Cancún registró 80 especies protegidas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 y el predio solo cuatro, las cuales se distribuyen también en la microcuenca.

Cuadro XII:12. Indicadores de diversidad faunística de la microcuenca y el predio.

Indicador	GRUPO			
	Aves	Reptiles	Anfibios	Mamíferos
PREDIO HUAYACÁN				
Riqueza específica total	42	4	3	4
Riqueza específica*	40	3	2	2
Índice de diversidad Shannon	2.99	0.90	0.69	0.64
Índice de diversidad Simpson (D-1)	0.93	0.53	0.49	0.44
Índice de riqueza Margalef	5.84	0.96	1.44	0.91
Equidad	0.81	0.82	1.00	0.92
<i>*Únicamente considera el número de especies encontradas en los muestreos</i>				
MICROCUENCA CANCÚN				
Número de especies	329	37	11	56
Número de individuos	4,692	199	38	214
Índice de diversidad Simpson (D-1)	0.99	0.77	0.869	0.96
Índice de diversidad Shannon-Wiener	5.09	2.23	2.21	3.66
Índice de riqueza Margalef	38.80	6.80	2.75	10.25
Índice de Equidad Shannon-Wiener	0.88	0.65	0.91	0.91

En conclusión, la microcuenca presenta dos veces mayor diversidad y riqueza que el predio, tanto florística como faunística; por tanto **no se compromete la biodiversidad florística y faunística de la microcuenca Cancún**. Sin embargo, cabe puntualizar que la correcta ejecución de los Programas de Rescate de la Vegetación y Fauna es de vital importancia, principalmente para las especies registradas bajo alguna categoría de riesgo.

XII.1.2 No se provoca la erosión de los suelos

Para solventar este criterio de excepción, se procedió a la estimación de las tasas de erosión con y sin proyecto a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y como resultado se tiene que actualmente en el predio se presentan tasas de erosión que van desde **0 a 71 ton/ha/año** con una tasa media para todo el predio de **5 ton/ha/año**.

El cálculo de erosión del predio en consideración de los usos de suelo contemplados en el proyecto y la superficie de área verde correspondiente a cada uno con respecto a las restricciones establecidas en el PDU, sugiere que la tasa de erosión media será de **8.76 ton/ha/año (Cuadro XII:13)**.

Cuadro XII:13. Tasa de erosión para los usos de suelo del proyecto.

Uso	Ha	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	R*K*LS*C
Superficie permeable en manzanas	3.40	13,074.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Superficie permeable verde	2.55	13,074.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Vialidades	4.45	13,075.36	0	0.69	1	0
Donación permeable	0.85	13,075.36	0.02	0.69	0.2	36.09
Donación impermeable	1.99	13,076.36	0	0.69	1	0
Desplante habitacional multifamiliar	9.78	13,076.36	0	0.69	1	0
Desplante en SCU	2.43	13,077.36	0	0.69	1	0
Superficie libre impermeable	2.55	13,077.36	0	0.69	1	0
TOTAL	28.00				Media=	8.76

Considerando los resultados derivados del cálculo de riesgo de erosión con el proyecto se tiene que en el predio se presenta un nivel de erosión media anual considerada como nula (**8.76 ton/ha/año**), la cual se encuentra muy por debajo de las tasas de erosión severas y críticas e inclusive aún muy por debajo de las tasas de erosión consideradas moderadas (**Figura XII:1**).

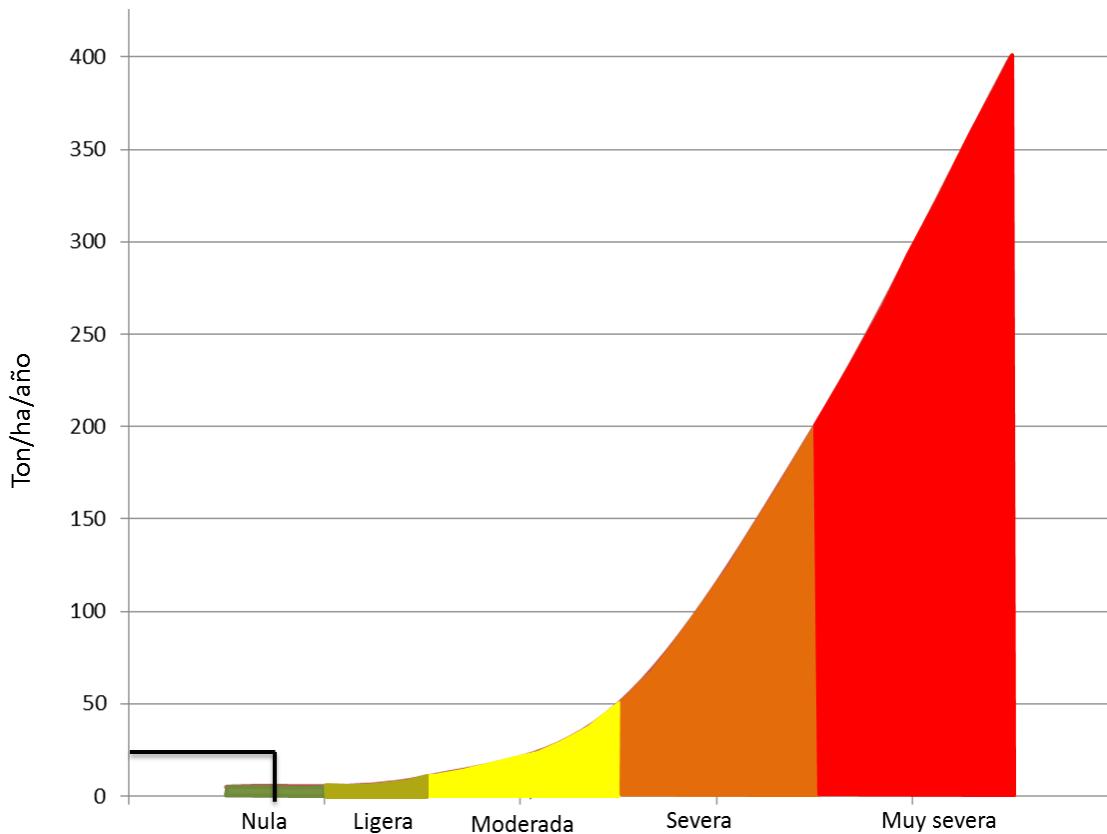


Figura XII:1. Grados de erosión con respecto a la tasa de pérdida de suelo

XII.1.3 No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su capacidad

Considerando las estimaciones de la infiltración presentadas en el Capítulo XI, se tiene que dado el actual estado de la vegetación en el predio, la infiltración media anual es de 2,633.04 m³ (**Cuadro XII:14**).

Cuadro XII:14. Cálculo de infiltración en el predio en condiciones actuales.

USO	Sup. (ha)	PP (m ³)	ESC (m ³)	ETR (m ³)	Infiltración (m ³)
VSA/SMQ	13.82	184,010.54	17,112.98	164,264.52	2,633.04
VSa/SMQ	9.08	120,898.38	20,069.13	107,924.88	0.00
VSh/SMQ	5.1	67,905.48	16,161.50	6,0618.60	0.00

Asimismo, considerando los usos de suelo contemplados por el proyecto la infiltración media anual se verá disminuida a 161.95 m³ (**Cuadro XII:15**).

Cuadro XII:15.Cálculo de infiltración en el predio con proyecto.

USO	Ha	Sup. (ha)	PP (m ³)	ESC (m ³)	ETR (m ³)
Superficie permeable en manzanas	3.4	45,270.32	10,774.34	40,412.40	0.00
Superficie permeable verde	2.55	33,952.74	4,787.34	30,309.30	0.00
Vialidades	4.45	59,250.86	15,523.73	52,892.70	0.00
Donación permeable	0.85	11,317.58	1,052.53	10,103.10	161.95
Donación impermeable	1.99	26,496.45	6,306.16	23,653.14	0.00
Desplante habitacional multifamiliar	9.78	130,218.74	37,242.56	116,245.08	0.00
Desplante comercial subcentro urbano	2.43	32,354.96	9,253.52	28,882.98	0.00
Superficie libre impermeable	2.55	33,952.74	8,895.62	30,309.3	0.00
	28.00				161.95

No obstante lo anterior, si se compara el cambio en la infiltración estimada con y sin proyecto con los 207.6 millones de m³ de infiltración media anual en la microcuenca, la primera es prácticamente insignificante. Y aunque las condiciones del proyecto pudieran significar un decremento en la cantidad de infiltración natural dentro del predio, es necesario considerar que el balance generado se encuentra sustentado bajo el supuesto de que el escurrimiento producido en las vialidades del proyecto se considera una salida (o pérdida en el sistema); supuesto que se encuentra distante de la condición real si se toma en cuenta que todo el escurrimiento pluvial en las vialidades será canalizado a pozos de absorción, representan un volumen de infiltración de 15,523.73 m³ el cual será un volumen 589% superior al del predio en condiciones naturales.

Además, es necesario recalcar que el proyecto contempla todo un sistema de drenaje pluvial independiente al sistema de drenaje sanitario, en donde este último canalizará las aguas al sistema de drenaje municipal cuyo efluente terminará en la planta de tratamiento municipal. Los pozos de absorción de aguas pluviales en las vialidades del proyecto con un sistema de filtros y retención de grasas que permita garantizar la calidad del agua que se infiltra en los mismos.

Por lo expuesto anteriormente es posible concluir que el proyecto no disminuye la calidad ni la cantidad de agua que se tiene con el ecosistema forestal presente en el predio.

XII.1.4 El uso propuesto es más productivo a largo plazo

Las obras proyectadas para el desarrollo de Ciudad Huayacán requerirán una inversión total estimada en \$ 150,000,000.00 (ciento cincuenta millones de pesos 00/100 M.N.), que

incluye el equipamiento, acabados y obras exteriores, así como los costos por concepto de trámite y gestión, cantidad que permeará a distintos sectores productivos entre los que destacan el comercio, servicios, construcción; así como los gobiernos municipal, estatal y federal que se verán beneficiados con el pago de derechos por las diversas autorizaciones aplicables.

No obstante, la valoración de los recursos biológicos naturales del predio sujeto a cambio de suelo se estimó en \$8, 230, 744.48 (ocho millones doscientos treinta mil setecientos cuarenta y cuatro pesos 48/100 M.N.) incluyendo el valor de los recursos forestales maderables y no maderables, los recursos asociados a la flora y el valor de la fauna silvestre. El valor de los recursos biológicos equivalente a solo 5.49% en relación a la inversión estimada para el proyecto Ciudad Huayacán; del cual el 2.86 % equivale a recursos forestales maderables y no maderables, 1.34 % a la fauna silvestre y 1.29 % a los recursos asociados a la flora, como depósito de carbono, farmacéutico y por existencia propia.

Por tanto, el uso urbano del predio es económicamente más rentable a largo plazo que el uso para aprovechamiento forestal o conservación de sus servicios ambientales, más aun considerando que se trata de un terreno localizado en un área urbana regulada por dos instrumentos de planeación de uso del suelo que contemplan el desarrollo de esta zona como parte de la expansión urbana.

XII.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

De acuerdo con De la Vega (2005)¹¹⁸, en 2010 el estado de Quintana Roo ocupaba el 1.2% de los habitantes del país. De los cuales, el 88% habita en zonas urbanas y el resto en zonas rurales. Sin embargo, las tasas de crecimiento del estado en el periodo de 190 a 2010 fueron superiores a la media nacional posicionándose como el estado con mayor porcentaje de crecimiento acumulado con 168.7%.

Respecto al municipio Benito Juárez es 647,965 habitantes, de los cuales 51% son del género masculino y el resto femenino, con amplia concentración de individuos menores de 39 años. Además, cabe mencionar que el crecimiento poblacional para Cancún ubicándose en segundo lugar de las zonas metropolitanas que presentan mayor crecimiento con 205 %.

En el mismo contexto, el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, 2012, estima que la población del municipio de Benito

¹¹⁸ De la Vega A. 2015. *Estudio de Mercado. Inteligencia y Estrategia Comercial*, Cancún, Quintana Roo.

Juárez tendrá 1, 703, 549 habitantes, de los cuales, el 92.75%, se concentrará en la ciudad de Cancún, lo que representará un incremento en la demanda de vivienda en la ciudad.

El predio de pretendida ubicación del proyecto, se ubica en una zona en la que se han estado desarrollando fraccionamientos de características similares al desarrollo que se evalúa. Otros proyectos inmobiliarios que están localizados al sur de la ciudad de Cancún, donde se pretende ubicar el proyecto, cerca la avenida Huayacán son: La primera etapa de Arbolada, Aqua Residencial Primera Etapa, Aqua Residencial Segunda Etapa, Queen, entre otros. Esta situación permite inferir que el proyecto se encuentra integrado en una zona en la que el desarrollo inmobiliario ha sido planeado a lo largo de los últimos años, ya que responde a la creciente demanda de vivienda, cuenta con condiciones ambientales y sociales similares y es congruente con los principales instrumentos de planeación en los que esta zona tiene incidencia.

Por otra parte, todo tipo de proyectos inmobiliarios traen consigo además del beneficio de la vivienda, otros beneficios asociados, como son las inversiones necesarias para su realización, lo que implica la contratación de empresas que ejecutarán las obras, la compra de insumos, así como los pagos de permisos y derechos. La inversión contribuirá con la creación de empleos temporales que beneficiará a gran cantidad de obreros de la industria de la construcción de la zona y con ello mejorará la calidad de vida de las poblaciones cercanas al desarrollo; impulsará al comercio organizado y significará ingresos en materia de impuestos y permisos al Municipio de Benito Juárez, al gobierno estatal y federal.

XIII DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y EN SU CASO DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN

XIII.1 RESPONSABLE TÉCNICO

Ing. Alejandro Martínez Ramírez (se anexa copia simple de Identificación Oficial).

XIII.2 REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTE, CURP Y CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO.

Clave de registro federal de contribuyentes: MARA – 750110 – 3E3.

Clave única de Registro de Población (CURP): MARA750110HJCRML00.

Cédula Profesional número: 4362010 (se anexa copia simple).

Título: Ing. Agrónomo Forestal de Fecha 27 de Enero de 2005.

Se anexa copia simple de los documentos probatorios.

XIII.3 NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL

Libro COLIMA, Tipo UI, Personas Físicas Prestadoras de Servicios Técnicos Forestales – Inscripciones, Volumen 2, Número 3.

XIII.4 DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES

Av. Nichupté No. 20 Mz 2, SM 19. Centro Corporativo Atrium, Locales 403 y 404, Cancún, Quintana Roo. Teléfonos (998) 887 14 72 y 892 04 92; correo electrónico: info@sylvatica.com.mx.

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

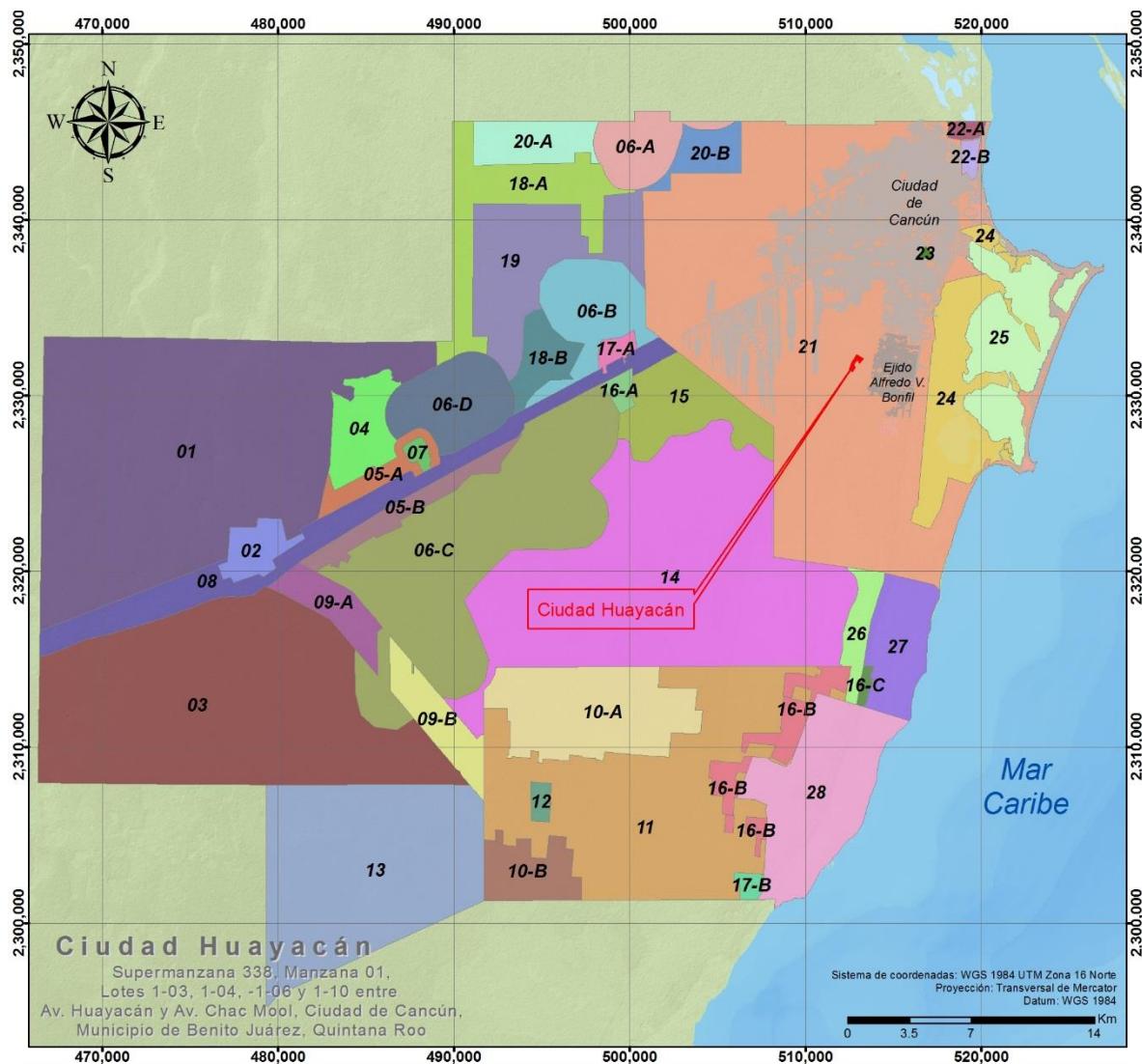
XIV.1 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)

El municipio de Benito Juárez, al cual pertenece el predio donde se ubica Ciudad Huayacán, cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), el cual fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 27 de Febrero del 2014. Dicho ordenamiento cuenta con 28 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), siendo la UGA 21 en la cual se ubica el proyecto (**Figura XIV:1**). De acuerdo con el mismo instrumento, ésta UGA se delimitó con base al polígono del Centro de Población establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez. Dicha UGA posee una superficie de 34,937.17 hectáreas, las cuales presentan diferentes tipos de vegetación, siendo la zona urbana la que presenta una mayor extensión; en el **Cuadro XIV:1** se muestra la superficie que ocupa cada uno de ellos.

Cuadro XIV:1. Usos de suelo y vegetación de la UGA 21.

Clave	Condiciones de la vegetación	Hectáreas	(%)
ZU	Zona urbana	10,622.07	30.40
VS2	Vegetación secundaria arbórea de la 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

Fuente: Programa DE Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Unidades de Gestión Ambiental			
01, Recarga del Acuífero de Leona Vicario	09-B, Ruta de los Cenotes	18-B, Zona agropecuaria del Gobierno del Estado	Predio
02, Leona Vicario	10-A, Reserva del Ejido de Puerto Morelos	19, Zona Forestal Norponiente	
03, Forestal Leona	10-B, Reserva del Ejido de Puerto Morelos	20-A, Zona de restauración limítrofe con Isla Mujeres	
04, Cilantro	11, Ejido de Puerto Morelos	20-B, Zona de restauración limítrofe con Isla Mujeres	
05-A, Zona agropecuaria de Leona Vicario	12, Central Vallarta	21, Zona Urbana de Cancún	
05-B, Zona agropecuaria de Leona Vicario	13, Forestal Delirios	22-A, ANP Chacmochuch y Manati	
06-A, Protección de pozos	14, Forestal Bosque de Cancún	22-B, ANP Chacmochuch y Manati	
06-B, Protección de pozos	15, Zona de restauración de Bonfil	23, Parque Kabah	
06-C, Protección de pozos	16-A, Polígonos sujetos a PDU	24, ANP Manglares de Nichupté	
06-D, Protección de pozos	16-B, Polígonos sujetos a PDU	25, Sistema lagunar Nichupté	
07, Infraestructura de seguridad	16-C, Polígonos sujetos a PDU	26, Corredor pétreo Aeropuerto-Puerto Morelos	
08, Corredor Cancún-Leona	17-A, Polígonos de aprovechamiento de materiales pétreos	27, La Milla de Oro	
09-A, Ruta de los Cenotes	17-B, Polígonos de aprovechamiento de materiales pétreos	28, Centro de Población de Puerto Morelos	
	18-A, Zona agropecuaria del Gobierno del Estado		

Figura XIV:1. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez. Fuente: Elaboración propia a partir del Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 27 de Febrero de 2014.

Dicho ordenamiento posee criterios ecológicos generales y particulares, los cuales son entendidos como aquellos que se establecen para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente. Estos criterios describen aspectos generales o específicos que norman los diversos usos de suelo, así como los parámetros y estándares que deberán cumplirse, incluidos parámetros de aprovechamiento y sustentabilidad.

XIV.1.1 Criterios generales

En razón de lo anterior a continuación se presenta la vinculación del proyecto con los Criterios de Regulación Ecológica Generales, establecidos por el POEL del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, 2014 y dado su carácter general son aplicables en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la Unidad de Gestión Ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.

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

En el mantenimiento y cuidado de las áreas verdes y ajardinadas del proyecto se aplicarán productos para el control de plagas y enfermedades específicos a la plaga o enfermedad que se presente, los cuales, al igual que los fertilizantes y abonos requeridos, serán preferentemente. Únicamente se emplearán los productos que no se encuentren como prohibidos o restringidos dentro del catálogo vigente de la CICOPLAFEST. La ejecución de estas acciones, tal y como se disponen en el presente instrumento normativo, serán supervisadas por el personal asignado para el mantenimiento de las áreas verdes y de conservación una vez que dé inicio la etapa de operación del proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-02	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

El cambio de uso de suelo descrito en apartados anteriores y calendarizado en el programa de trabajo se llevará a cabo con actividades mecánicas, en ningún momento se llevará a cabo para tal fin el uso de agroquímicos. Si bien Ciudad Huayacán contempla el establecimiento de áreas verdes jardinadas, el empleo de agroquímicos no será una

actividad rutinaria ni mucho menos intensiva puesto que únicamente se emplean especies nativas resistentes y con la capacidad de adaptarse a las condiciones climáticas de la región.

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

La superficie solicitada para el cambio de uso de suelo forestal por el proyecto, corresponde a la totalidad del predio (28 ha), sin embargo este contará con áreas verdes jardinadas, las cuales tendrán en su composición total especies nativas, principalmente provenientes de los trabajos de rescate y conservación de individuos arbóreos representativos.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-04	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 de 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.

Ciudad Huayacán contempla la instalación de una red de drenaje pluvial y una red de drenaje sanitario de forma totalmente independiente, por lo cual se cumple con la regulación dispuesta por este criterio.

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

El artículo 132 de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, publicada en el Periódico Oficial el 29 de Junio de 2001, establece que para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la infiltración 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 tal efecto, este mismo artículo establece que predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor a 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 en predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.

El predio en el que se pretende llevar a cabo el proyecto Ciudad Huayacán cuenta con una superficie de 28 ha, por lo cual, dada la condicionante del presente criterio, se debe mantener el 40% de esta superficie como área permeable, no obstante el proyecto contempla una superficie permeable de 11.25 ha, equivalentes al 40.19% de la superficie del predio con lo cual se cumple con dicha disposición.

En el **Cuadro XIV:2** se presenta la superficie que será permeable de acuerdo con el diseño del proyecto.

Cuadro XIV:2. Superficie de suelo permeable del proyecto CIUDAD HUAYACÁN.

MZA	Área total (ha)	Uso de suelo	COS	Desplante (ha)	Superficie libre (ha)	Superficie permeable (ha)
MZ 01	0.81	SCU	0.60	0.48	0.32	0.23
MZ 02	1.46	SCU	0.60	0.88	0.59	0.41
MZ 03	3.76	H3M3	0.65	2.44	1.32	0.92
MZ 04	1.71	H3M3	0.65	1.11	0.60	0.42
MZ 05	0.95	H3M4	0.50	0.48	0.48	0.33
MZ 06	0.92	H3M4	0.50	0.46	0.46	0.32
MZ 07	2.21	H3M4	0.50	1.11	1.11	0.77
MZ 08	1.87	H3M4	0.50	0.94	0.94	0.66
MZ 09	1.01	H3M4	0.50	0.51	0.51	0.35
MZ 10	1.57	H3M3	0.65	1.02	0.55	0.39
MZ 11	1.93	H3M3	0.65	1.26	0.68	0.47
MZ 12	0.32	SCU	0.60	0.19	0.13	0.09
MZ 13	1.13	SCU	0.60	0.68	0.45	0.32
MZ 14	0.34	SCU	0.60	0.20	0.14	0.09
MZ 15	1.06	Donación	-	-	-	0.32
MZ 16	0.41	H3M2	0.65	0.26	0.14	0.10
MZ 17	1.45	Donación	-	-	-	0.44
MZ 18	0.33	Donación	-	-	-	0.10
MZ 19	0.3	H3M2	0.65	0.19	0.10	0.07
Vialidad	0.69	Donación	-	-	0.00	0.69
Vialidad	3.76	-	-	-	-	3.76
TOTAL	27.99	-	-	12.21	8.52	11.25

Para el cumplimiento de dicho criterio se contempla la formulación del reglamento de construcción interno el cual determinará el porcentaje de área permeable en cada una de las manzanas de Ciudad Huayacán.

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

Actualmente, el predio donde se pretende llevar a cabo Ciudad Huayacán presenta condiciones homogéneas en cuanto a la vegetación y demás elementos naturales que lo conforman, no es posible llevar a cabo una zonificación de vegetación y no existe variabilidad en sus elementos ambientales, como diferentes tipos de suelo o presencia de elementos kársticos de consideración como cenotes, rejolladas o zonas inundables. Además el predio se encuentra inmerso en la zona urbana de la Ciudad de Cancún (**Figura XIV:2**) y por tal motivo está considerado dentro del programa de desarrollo urbano de dicho centro de población. Lo anterior indica que la fragmentación de los ecosistemas ya ha sido generada con anterioridad, de tal manera que el proyecto no generará fragmentación que no haya sido considerada en los instrumentos de planeación.

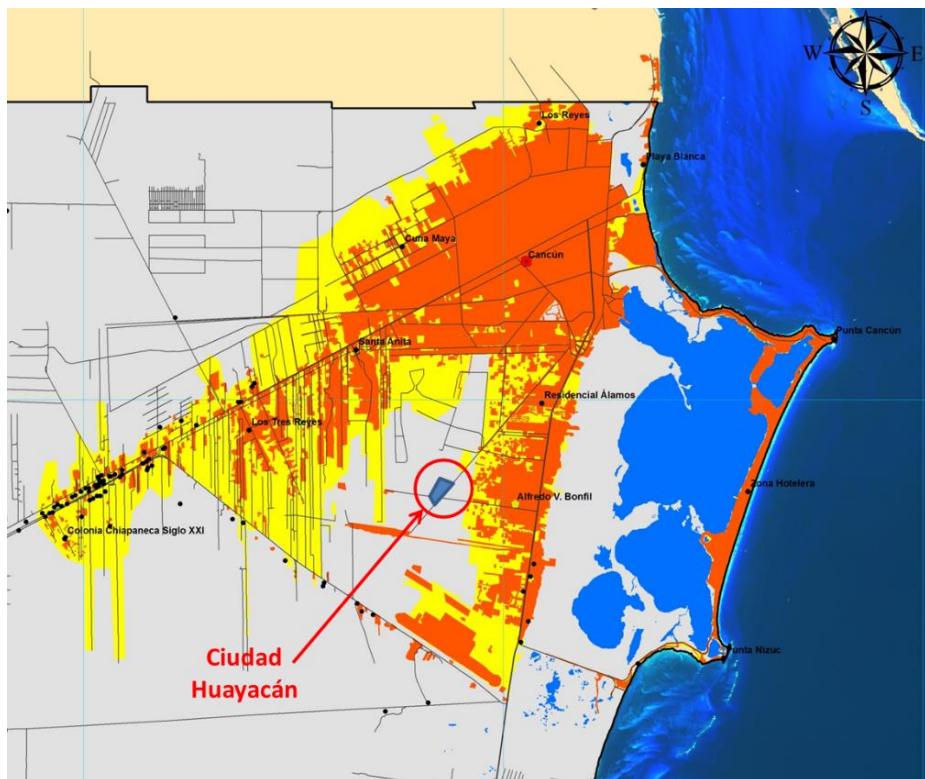


Figura XIV:2. Mapa de la mancha urbana de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez. La superficie en color naranja representa la extensión de la zona urbana para el año 2006, mientras que la superficie en color amarillo representa su extensión para el año 2011. Fuente: POEL del Municipio de Benito Juárez.

No obstante el proyecto contempla áreas verdes ajardinadas que funcionarán como corredores, puesto que contarán con especies nativas provenientes del rescate de vegetación y de las especies arbóreas representativas que se mantendrán en pie y tendrán distintas funciones ecológicas como proveer de alojamiento a especies de fauna silvestre de aves y reptiles, sitios de anidamiento, alimento entre otros.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-07	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.

El predio donde se pretende desarrollar Ciudad Huayacán se encuentra dentro de los límites de la poligonal establecida por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, razón por la cual se encuentra considerada como zona urbana y por lo tanto, no existen ecosistemas prístinos en los cuales el proyecto pudiese representar un factor de fragmentación o interrumpir una conectividad ecosistémica, por lo cual se considera que el proyecto no incumple con el criterio.

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

En el predio no se presentan humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes o cuerpos de agua superficiales, razón por la cual este criterio no le es aplicable al proyecto.

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

Dado que el proyecto se ubica en la UGA 21 Zona Urbana Cancún, se encuentra sujeto a los porcentajes de aprovechamiento o desmote establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano vigente, por lo tanto este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-10	Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.	

Todas las vialidades contempladas por el proyecto Ciudad Huayacán son para el acceso a las zonas destinadas a los usos habitacional multifamiliar y comercial, todos ellos usos urbanos contemplados en el PDU para la zona de crecimiento denominada “Complejo Urbano Sur” (**Figura XIV:3**), razón por la cual todas las vialidades y caminos contemplados son compatibles con el uso propuesto y por consiguiente cumplen con el criterio.

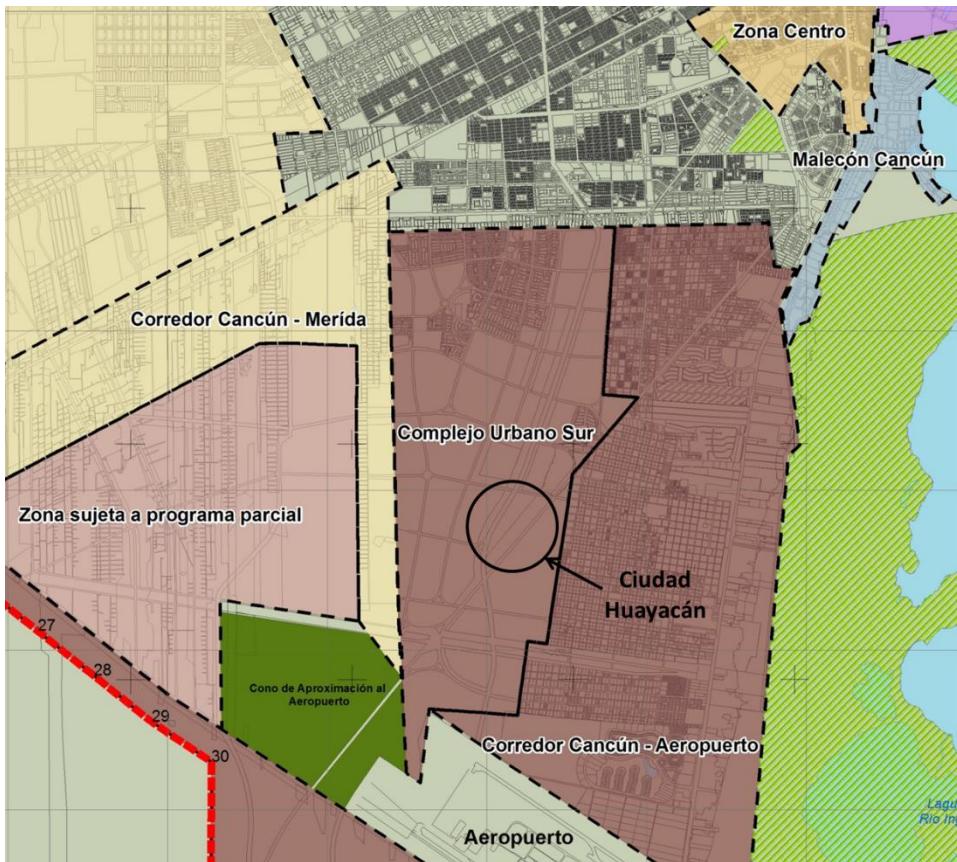


Figura XIV:3. Polígonos de Actuación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún. Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030.

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

Como se mencionó anteriormente, Ciudad Huayacán es un proyecto de urbanización que se ubica en la UGA 21 “Zona Urbana Cancún” cuyos usos compatibles y porcentajes de aprovechamiento son establecidos por el Programa de Desarrollo Urbano, que a su vez,

señala a la zona donde se encuentra el predio como zona de crecimiento urbano con uso habitacional y comercial, razón por la cual el porcentaje de desmonte se encuentra en concordancia con el uso propuesto y por lo tanto se cumple con este criterio.

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

El uso de suelo pretendido para el proyecto Ciudad Huayacán es totalmente urbano y se encuentra en concordancia con los usos permitidos por el PDU (habitacional multifamiliar y comercial). No se contempla, al corto ni largo plazo, el establecimiento de algún otro uso contemplado en el POEL (forestal, ganadero, turístico, entre otros), por lo que este criterio no es aplicable al proyecto.

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

Tal como se menciona en el programa de trabajo, como parte de las actividades del proyecto, se tiene contemplado un programa de rescate y reubicación de la vegetación forestal afectada y un programa de rescate y reubicación de fauna cuya ejecución será previa al inicio de las actividades que implican el cambio de uso de suelo, por lo cual el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-14	En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para 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 unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.

Este criterio es de aplicación para aquellos predios en los que se cumplen dos condiciones: la falta cobertura arbórea parcial o total en el predio y que el mismo se encuentre en una UGA con una superficie máxima de aprovechamiento establecida en por el instrumento. Dado que el predio presenta vegetación secundaria derivada selva mediana subperennifolia en toda su extensión y que el POEL no establece superficie máxima de aprovechamiento para la UGA 21, pues sede esta regulación al Programa de Desarrollo Urbano vigente, este criterio no le es aplicable al proyecto.

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

Las especies consideradas como exóticas invasoras serán removidas del predio considerando las especificaciones de este criterio, además las áreas verdes jardinadas contarán con especies nativas, evitando en todo momento el manejo e introducción de especies exóticas invasoras.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-16	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”.

Las áreas verdes ajardinadas contempladas en el proyecto contarán con especies nativas, derivadas principalmente del rescate de vegetación y las especies arbóreas que este mismo instrumento sugiere respetar, de tal manera que no habrá introducción de *Cocos nucifera* y por lo tanto este criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-17	Se permite el manejo de especies exóticas, cuando: <ul style="list-style-type: none">• La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA.• La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua.• El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento.• Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural.• Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.

Ciudad Huayacán, al ser únicamente un proyecto de urbanización no contempla actividades implicadas con el manejo de especies exóticas, razón por la cual este criterio no es aplicable al mismo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-18	No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua artificiales con riesgo de afectación a especies nativas.

Dada la naturaleza del proyecto, en este no se llevarán a cabo actividades acuícolas, por lo cual se cumple con este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-19	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.

El proyecto contempla el establecimiento de vialidades al interior del predio, las cuales estarán conectadas a las vialidades públicas a través de accesos controlados por el lado este y oeste del mismo. El acceso durante la etapa de urbanización será controlado de manera que únicamente ingresará el personal contratado para la construcción, por lo cual se cumplirá con este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-20	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.

El predio donde se pretende establecer el proyecto no presenta cenotes, rejolladas ni cuerpos de agua, razón por la cual este criterio no le es aplicable al mismo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-21	Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para construcción de la obra o realización de actividades.

En el predio donde se pretende establecer el proyecto no existen vestigios arqueológicos, por lo cual este criterio no le es aplicable.

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

El predio donde se pretende establecer Ciudad Huayacán, si bien se encuentra aledaño al derecho de vía de una línea eléctrica de alta tensión, no intersecta con la misma, de tal manera que todos los usos contemplados por el proyecto no coinciden con dicho derecho de vía y por consiguiente se cumple con el criterio en comento.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO

CG-23	La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión 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 extremos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.
--------------	--

Toda la instalación eléctrica contemplada en el proyecto está diseñada para ser subterránea, esto con el fin de disminuir los conflictos con la naturaleza del diseño del proyecto y evitar la contaminación visual al interior del mismo. Con ello se cumple con lo establecido en este criterio.

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

Este criterio no le es aplicable al proyecto, ya que al tratarse de un proyecto de urbanización todas las vías de acceso contempladas por el mismo corresponden a vialidades urbanas, que por reglamentación municipal deben estar provistas con banquetas o guarniciones, por lo no habrá taludes que puedan generar un riesgo de erosión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-25	En ningún caso la estructura o cimentación de las construcciones deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.

Las condiciones del topográficas del terreno propician en el flujo hidrológico superficial sea prácticamente nulo, de tal manera que no se desarrollan corrientes superficiales que puedan ser interrumpidas por las estructuras del proyecto. Por otra parte al ser un proyecto cuyo propósito es el cambio de uso de suelo para la urbanización de manzanas las obras y actividades del mismo no contemplan estructuras complejas que puedan interrumpir la hidrodinámica subterránea natural. De tal forma que al no causar tal interrupción, se considera que el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-26	De acuerdo a lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: <ul style="list-style-type: none">• Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores.• 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).• Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados.• Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.

Este criterio no aplica al proyecto ya que por su cercanía con la Ciudad de Cancún, no será requerida la instalación de campamentos de apoyo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-27	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 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.

Este criterio no le es aplicable al proyecto debido a que no es el objetivo del mismo instalar u operar un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos.

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

Los materiales derivados de las excavaciones para instalación de tubería de drenaje sanitario y pluvial, así como demás servicios, son considerados como de manejo especial y como tales serán dispuestos únicamente en sitios avalados por la autoridad competente.

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

Se prevé la generación de residuos sólidos durante todas las etapas que comprenden el desarrollo del proyecto, preparación del sitio, construcción y operación. En la etapa de preparación del sitio, se generarán residuos sólidos derivados de las actividades de desmonte y despalme, compuestos por material vegetal y material pétreos. Por una parte, el material vegetal será triturado para su posterior utilización como mejorador de suelos, mientras que los materiales pétreos serán reutilizados en su mayoría para el relleno y nivelación en las zonas del predio que así lo requieran, el material restante, en caso de que éste se genere, será almacenado temporalmente para su posterior traslado a los sitios autorizados para la disposición final de residuos sólidos de manejo especial por la autoridad competente.

Por último los residuos sólidos generados durante la etapa de urbanización serán dispuestos en contenedores de plástico de alta densidad de 200 lt para su posterior disposición en sitios de autorizados a través del servicio de limpieza municipal.

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

Dada la naturaleza del proyecto no serán generados desechos biológico-infecciosos, de tal forma que el criterio no es aplicable al mismo.

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

Al igual que el criterio CG-27, este criterio no aplica al proyecto debido a que no es el objetivo del mismo instalar u operar un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos, por el contrario se trata de un proyecto de urbanización.

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

Los residuos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto, serán manejados y dispuestos conforme la normatividad aplicable lo indique, sin incluir procesos de incineración, entierro o disposición a cielo abierto.

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

Durante las etapas de preparación del sitio y de construcción, los residuos sólidos serán almacenados en contenedores de polietileno de alta densidad con un volumen de 200 Litros cada uno, los cuales serán trasladados a los sitios, que el servicio de limpia municipal o la autoridad competente, indique para la recolección o, en su caso, la disposición final de estos. Los contenedores plásticos serán colocados en áreas específicamente delimitadas e identificadas con el fin de contribuir con la supervisión del manejo integral de los residuos.

Por otro lado, durante la etapa de operación del proyecto, los residuos sólidos que se generen, serán almacenados de forma temporal en sitios que atenderán lo establecido en los artículos 30, 32, y 33 del Reglamento de la Ley General de Residuos de Quintana Roo respecto a las condiciones en las que deberán ser almacenados los residuos, y las características que deberán reunir los contenedores de acuerdo al tipo de residuo que almacenarán.

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

En cumplimiento con el presente criterio de regulación ecológica, los materiales pétreos y materiales vegetales que se utilicen para la construcción del proyecto serán adquiridos, únicamente, de fuentes y bancos locales que cuenten con las autorizaciones vigentes correspondientes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-35	En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las tocas 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.

De acuerdo con la caracterización del área de estudio y la información contenida en los demás instrumentos de política ambiental como el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Cancún y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, en el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto no existe la presencia documentada y explícita de ríos subterráneos, de tal forma que el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-36	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 la indique la autoridad competente en la materia.

En ninguna de las etapas del proyecto Ciudad Huayacán se llevarán a cabo actividades agrícolas, pecuarias o forestales, por lo cual este criterio no le aplica al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-37	Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para 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.

Como se mencionó en el criterio anterior, durante las actividades de desmonte y despalme en el área sujeta a cambio de uso de suelo, se obtendrá material vegetal y material pétreo, los cuales serán separados manualmente y en caso de requerirse, mecánicamente

mediante el uso de cribas. Una vez que estos materiales se han separado debidamente, el material vegetal será triturado para su posterior compostaje y utilización como mejorador de suelo en las áreas verdes jardinadas y en las superficies en las que indique la autoridad competente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CG-38	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.

De acuerdo con el POEL Benito Juárez, Ciudad Huayacán se encuentra únicamente en la UGA 21, en la cual los parámetros de aprovechamiento aplicables al predio, como la densidad, están sujetos a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano vigente, mismo que su vez menciona que la zona donde se ubica el predio corresponde al “Complejo Urbano Sur”, el cual posee una política de Crecimiento Urbano. El diseño del proyecto busca en todo momento apegarse a esta regulación, de tal manera que no existirá transferencia de densidades, y por lo tanto se cumple con lo dispuesto en este criterio.

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

Ciudad Huayacán, requiere previa autorización para el cambio de uso de suelo en terreno forestal, ya que se pretende llevar a cabo el desmonte en una superficie forestal de 28 ha, razón por la cual se ha desarrollado el presente Documento Técnico Unificado y una vez que la autoridad emita la resolución del mismo se estará cumpliendo plenamente con este criterio.

XIV.1.2 Criterios específicos

De acuerdo con lo establecido en el POEL del municipio de Benito Juárez los criterios específicos aplicables a la UGA 21 se presentan el **Cuadro XIV:3**.

Cuadro XIV:3. Criterios específicos aplicables a la UGA 21 del POEL Benito Juárez.

Recursos y procesos prioritarios	Criterios de regulación ecológica
Agua	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

Criterios específicos para el recurso agua

CRITERIO	Recurso Agua
URB-01	En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promotores 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 las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.

El predio donde se instalará el proyecto Ciudad Huayacán se encuentra prácticamente en la mancha urbana de la ciudad de Cancún, por lo que colinda con una avenida que cuenta con el sistema de conducción del drenaje sanitario, el cual es dirigido a una planta de tratamiento municipal. El sistema de drenaje sanitario del proyecto será conectado a dicho sistema con lo cual el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-02	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 a personas físicas el empleo de biodegestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias. Estos sistemas deberán estar aprobados por la autoridad ambiental competente.

El empleo de biodegestores o algún otro sistema de tratamiento el drenaje sanitario no serán utilizados en el proyecto Ciudad Huayacán ya que todo el sistema de drenaje del

proyecto estará conectado a la red municipal y será independiente del sistema de drenaje pluvial.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-03	En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio. En caso de que a partir de un dictamen técnico del organismo operador resulte no ser factible tal conexión, se podrán utilizar sistemas de tratamiento debidamente certificados y contar con la autorización para la descargas por la CONAGUA.

Como se mencionó anteriormente, todo el sistema de drenaje sanitario del proyecto Ciudad Huayacán estará conectado al sistema de drenaje municipal, a través de la ampliación de la red de drenaje existente, con lo cual el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-04	Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población deben reducir la pérdida del agua de riego, limitar la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación de los mantos freáticos.

El proyecto Ciudad Huayacán no contempla el establecimiento de ningún tipo de sistema de producción agrícola intensivo, por tanto este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-05	En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que reunieran la aplicación de riegos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria para optimización y reciclaje del agua. Evitando en todo la contaminación al suelo, cuerpos de agua, y mantos freáticos.

El proyecto Ciudad Huayacán no contempla el establecimiento de campo de golf, por lo que este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-06	Los proyectos de campos deportivos y/o del golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollos turísticos deberán minimizar el uso de fertilizantes y/o pesticidas químicos para evitar riesgos de contaminación.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto Ciudad Huayacán no contempla el establecimiento de campo de golf pero si el establecimiento de 2.55 hectáreas de áreas verdes jardinadas, dentro de las cuales el uso de fertilizante y pesticidas químicos será el mínimo para garantizar el cumplimiento de este criterio.

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

Debido a que el proyecto Ciudad Huayacán estará conectado al sistema de drenaje municipal, no se llevará a cabo la disposición de aguas residuales hacia cuerpos de agua, zonas inundables y/o al suelo y subsuelo, por lo que se cumple con este criterio.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-08	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.

Todas las áreas verdes del proyecto Ciudad Huayacán estarán ajardinadas con individuos arbóreos y arbustivos de especies nativas cumpliendo con este criterio.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-09	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 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 elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.

Este es un criterio cuya observación compete a las autoridades encargadas del diseño y aprobación de los planes de desarrollo urbano, sin embargo el proyecto Ciudad Huayacán cuenta con áreas verdes con función recreativa, las cuales representan una superficie de 2.55 ha, además el proyecto colinda con zonas, que de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030, son denominadas áreas verdes de valor ambiental, públicas y privadas que tienen una función recreativa (**Figura XIV:4**), por lo que se cumple con este criterio.

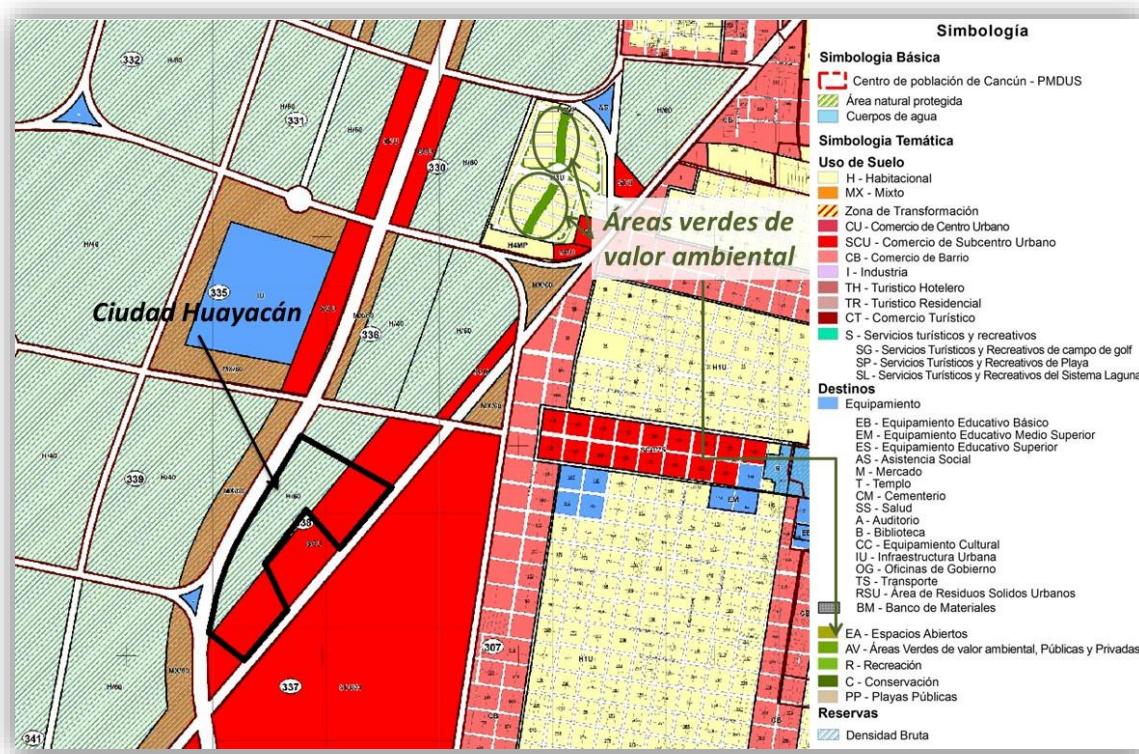


Figura XIV:4. Áreas verdes recreativas colindantes al proyecto. Fuente: Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población, Cancún 2014-2030.

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

En el predio no se encuentran cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua; por consiguiente no le aplica al proyecto.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-11	Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.

En lo que respecta a las obras y actividades derivadas del cambio de uso de suelo, motivación del presente estudio, el proyecto Ciudad Huayacán, no contempla construcciones, ya que únicamente serán ejecutadas obras correspondientes a la remoción de la vegetación, preparación del sitio y urbanización del predio; por tanto, el presente criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-12	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.

Dado que el proyecto Ciudad Huayacán se conectará a la red de drenaje municipal, este no contará con planta de tratamiento, razón por la cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-13	La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus aguas 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.

Todo el sistema de canalización del drenaje pluvial contará con trampas de grasas y sólidos previas a la disposición en pozos de absorción, por lo cual se cumple con el criterio

CRITERIO	Recurso Agua
URB-14	Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.

El proyecto no contempla el establecimiento de crematorios por lo cual este criterio no le aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-15	Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y piso de las fosas, con el fin de evitar contaminación al suelo, subsuelo y manto freático.

El proyecto no contempla el establecimiento de cementerios por lo cual este criterio no le aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-16	Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas deberán tomar en cuenta la existencia de las bocas de tormenta que de manera temporal desaguan las zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por ser tales sitios zonas de riesgo, en los espacios públicos y privados se deben de realizar obras de Ingeniería permanentes que en una franja que no será menos de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe.

El proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra en la franja costera o cercana a esta, por tal razón no se presentan bocas de tormenta y en consecuencia este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Agua
URB-17	Serán susceptibles de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los arboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta de recursos biológicos forestales.

En todas las etapas contempladas en el proyecto Ciudad Huayacán no es de interés el aprovechamiento de los recursos biológicos por lo que este criterio no es aplicable al mismo.

Criterios específicos para el recurso suelo y subsuelo

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-19	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 realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.

Dado que el proyecto Ciudad Huayacán es un proyecto de urbanización, no se contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-20	Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar un aclareo, poda y modificación de vegetación rastrera y arbustiva presente, respetando en todo momento los elementos arbóreos y vegetación de relevancia ecológica, así como la estructura geológica de estas formaciones.

En el predio no se encuentran cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas el criterio no le aplica al proyecto.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-21	Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento que consiste en una barrera vegetal alrededor del mismo, conforme lo señala el Decreto 36, del Gobierno del Estado; y/o la disposición jurídica que la sustituya.

El proyecto Ciudad Huayacán consiste en urbanización, no se contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-22	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, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.

Dado que el proyecto Ciudad Huayacán es de urbanización, no se contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-23	Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio, deberá realizarse la rehabilitación de dichas superficie en congruencia con los usos que prevean los instrumentos de planeación vigentes para la zona.

El predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto Ciudad Huayacán no presenta o presentó actividades de extracción de materiales pétreos, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-24	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.

El proyecto Ciudad Huayacán contempla un plan de manejo de residuos sólidos urbanos, razón por la cual cumple con este criterio.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-25	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. Tratándose de fracciones en el número de viviendas previstas en el fraccionamiento, las obras de equipamiento urbano serán proporcionales, pudiéndose construir incluso en predios distintos al fraccionamiento.

Dado que el proyecto Ciudad Huayacán está diseñado para el establecimiento de un total de 1,724 viviendas, le corresponden un total de 8,620 m² de parques recreativos con áreas verdes jardinadas y arboladas, sin embargo dicho proyecto contempla una superficie de 2.55 ha con áreas verdes con función recreativa, por esta razón el proyecto cumple con el criterio.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-26	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 espacios 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.

El proyecto Ciudad Huayacán además de contar con las áreas verdes jardinadas con función recreativa, señaladas en el criterio anterior (2.55 ha), contempla una superficie total de área de donación de 2.84 ha, de las cuales 0.85 ha serán áreas verdes jardinadas, por lo cual se cumple con este criterio

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-27	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.

Las áreas verdes con fines recreativos en el proyecto contemplan el mínimo de infraestructura u obra civil de equipamiento; en otras palabras, ocupará un área significativamente menor al 30% de las áreas verdes, por lo cual el proyecto cumple con este criterio.

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

El predio donde se pretende desarrollar el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra sobre una sascabera y nunca ha tenido algún uso relacionado con la extracción de materiales pétreos. De igual forma se ubica fuera de las zonas más bajas del municipio de Benito Juárez.

CRITERIO	Recurso Suelo y subsuelo
URB-29	En la construcción de fraccionamientos dentro de las áreas urbanas, se permite la utilización de 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.

Todos los materiales pétreos requeridos por el proyecto serán obtenidos de bancos de materiales autorizados por lo que no serán generados excedentes, de tal manera que no aplica este criterio.

Criterios específicos para los recursos flora y fauna

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-30	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.

Este criterio no le es aplicable al proyecto Ciudad Huayacán debido a que este no se encuentra en una zona inundable.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-31	Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colindan 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.

Las plantas derivadas del rescate de vegetación serán reintroducidas en las áreas verdes jardinadas del proyecto, esto con el fin de mitigar el impacto ambiental in situ de la pérdida de cobertura vegetal, sin embargo la reubicación de las plantas rescatadas se realizará en los sitios prioritarios señalados por el POEL toda vez que la autoridad competente así lo determine. Por el contrario las especies de fauna rescatadas serán introducidas en un ecosistema similar al del predio en un área aledaña al mismo.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-32	Deberá preverse 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 de 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.

Todas las áreas jardinadas con fines recreativos del proyecto Ciudad Huayacán (2.55 ha) contarán con especies nativas y en dichas zonas se mantendrán los individuos arbóreos con DAP mayor a 15 cm.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-33	Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de la 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.

Ciudad Huayacán es un proyecto de urbanización que no contempla el establecimiento de zonas industriales o centrales de abasto, además no se encuentra colindante a zonas industriales, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-35	No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.

Todos los individuos que estarán presentes en las áreas verdes jardinadas del proyecto Ciudad Huayacán serán de especies nativas, por lo cual se cumple con este criterio.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-34	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, se deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.

Al respecto, se reitera lo establecido en el Programa de Rescate de Fauna Silvestre presentado como anexo al DTU-A, en el sentido de que ante la eventualidad de que en el momento de la ejecución del cambio de uso del suelo exista la presencia de algún ejemplar de fauna que sea de lento desplazamiento o que no pudiera desplazarse del sitio por la técnica de ahuyentamiento, los animales deberán ser trasladados de inmediato a un sitio adecuado y que asegure su supervivencia, descartando el cautiverio por períodos prolongados. Los sitios deberán estar a una distancia mínima de 1 Km de las colindancias del predio, hacia las áreas aledañas que cuenten con características bióticas y abióticas similares a las del predio original. En la **Figura XIV:5**, se presenta el buffer que muestra la distancia mínima de 1 Km que se debe respetar para la reubicación de la fauna, es decir, a partir de esta distancia pueden ubicarse los ejemplares rescatados en zonas arboladas.

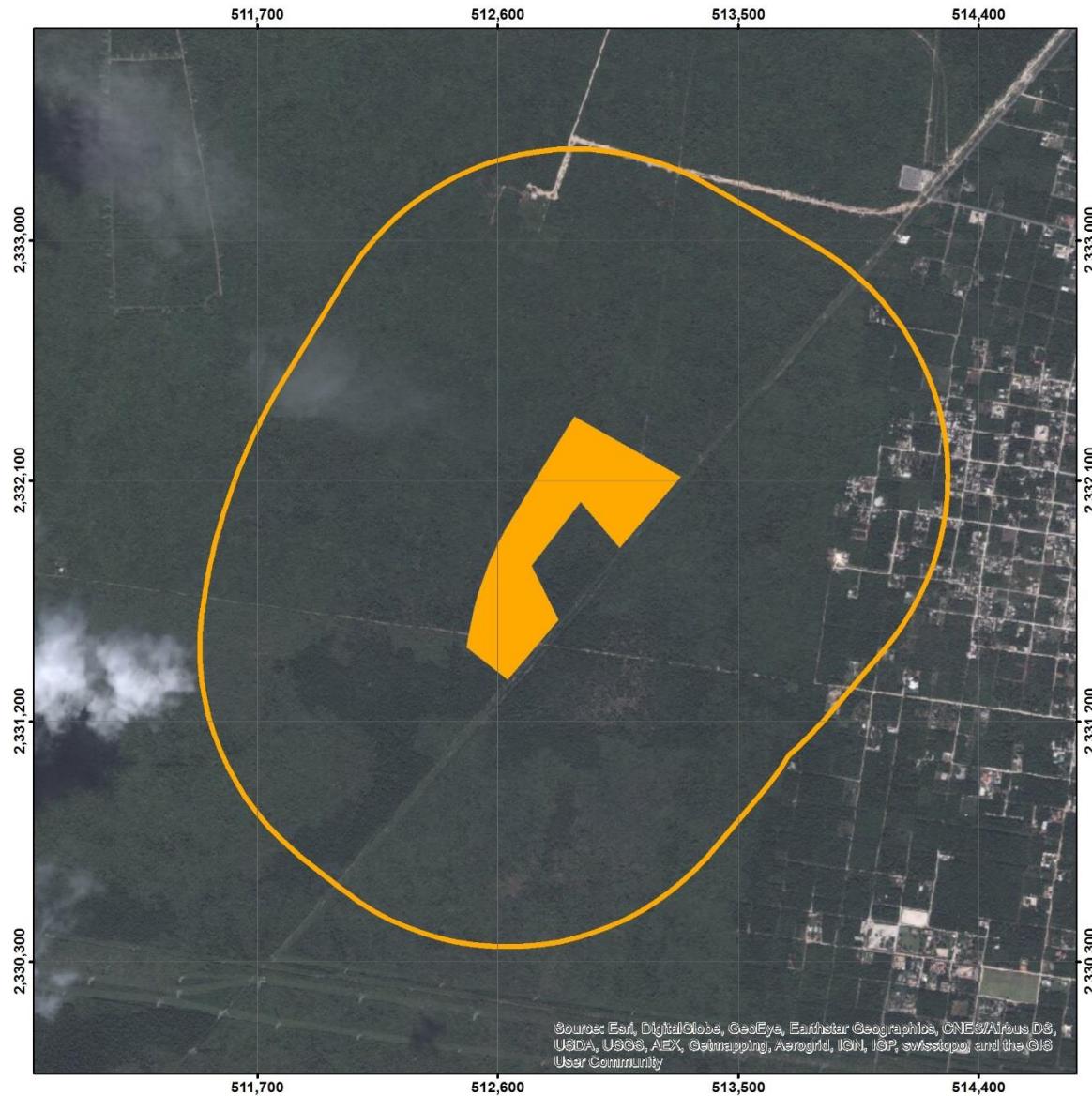


Figura XIV:5. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-36	Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente.

En el predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentran ecosistemas de manglar, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-37	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.

El presente criterio no aplica para el proyecto Ciudad Huayacán ya que el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún 2014-2030 no contempla etapas de desarrollo dentro de la poligonal que regula, en la **Figura XIV:6** se muestra la zonificación primaria de dicho instrumento. Además cabe mencionar que las áreas circundantes al proyecto ya han sido ocupadas.

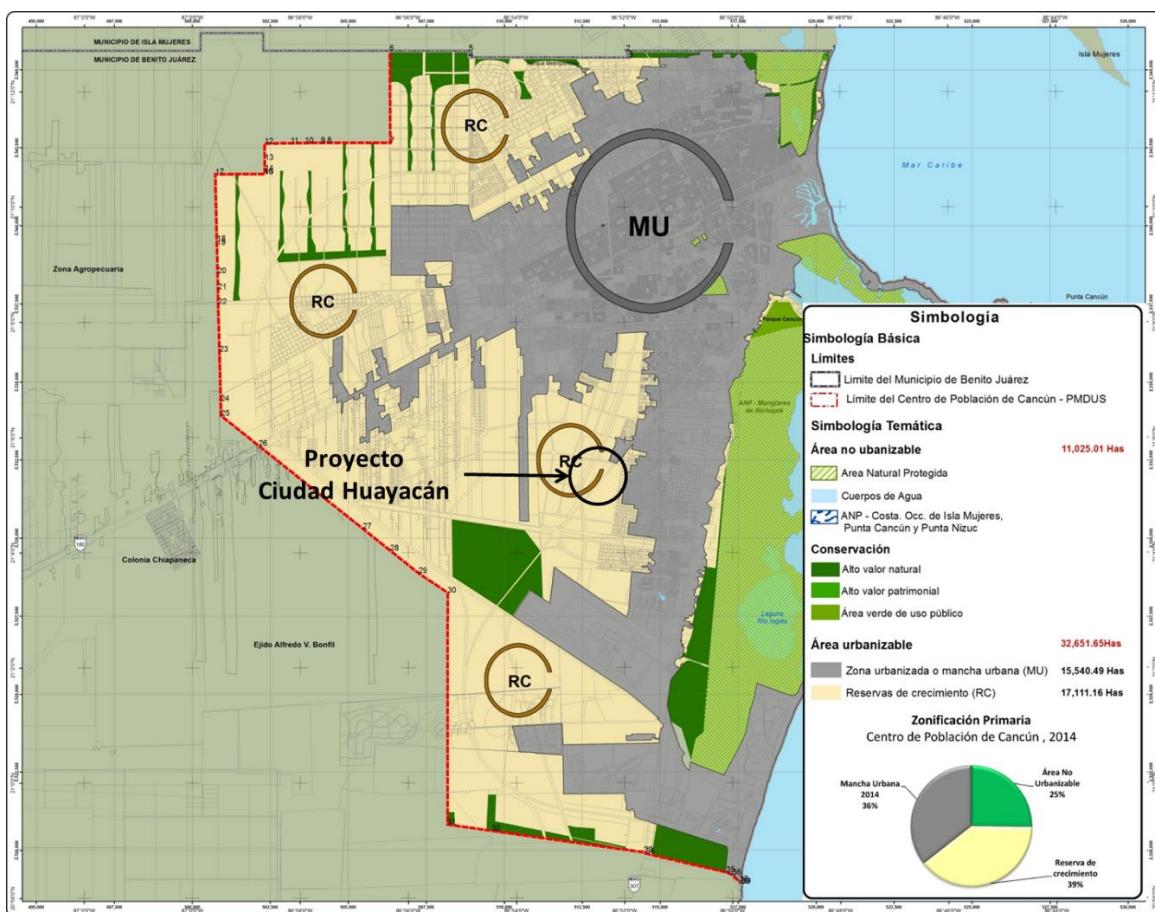


Figura XIV:6 Zonificación primaria del PDU del Centro de Población Cancún. Fuente: Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población, Cancún 2014-2030.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-38	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.

La disposición de este criterio es aplicable a las manzanas multifamiliares y comerciales del proyecto, en los cuales se llevará a cabo la disposición de un árbol por cada dos cajones de estacionamiento, lo cual estará presente en el reglamento interno del proyecto.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-39	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. Se deberán realizar obras que permitan la comunicación de la fauna entre el ANPLN el área de vegetación nativa con la que colinda en su límite Sur, para tal efecto se deberán realizar las obras necesarias en la carretera que las divide para que la fauna pueda transitar entre ambos terrenos, sin que pueda ser atropellada.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra ubicado a en zonas de manglar ni al Sur del Área Natural Protegida “Manglares de Nichupté” por lo cual lo dispuesto en este criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-40	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.

La zona donde se pretende desarrollar el proyecto Ciudad Huayacán, no se encuentra colindante con ningún ANP, por lo cual este criterio no es aplicable.

CRITERIO	Recursos Flora y Fauna
URB-41	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 olivaeriformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp.</i> , entre otros.

Todas las áreas verdes contempladas por el proyecto Ciudad Huayacán serán reforestadas con especies nativas presentes originalmente en el predio, incluyendo los individuos rescatados. Cabe señalar que dichas áreas contemplaran individuos de las especies *Manilkara zapota* y *Ficus spp.*, ya que, de acuerdo con el trabajo de campo, son especies que se encuentran en el listado de vegetación del predio.

Criterios específicos para el recurso paisaje

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-43	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 fecalismo al aire libre.

Actualmente el proyecto Ciudad Huayacán se presenta como un plan maestro, por tanto no cuenta con algunas particularidades como el equipamiento en las áreas verdes. No obstante, una vez establecido el régimen de condominio se contará con un reglamento interno, el cual contemplará horarios de uso, restricciones de paseo de mascotas, métodos de disposición de residuos sólidos, entre otros; todo ello con el fin de evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismo al aire libre.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-44	Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre y las concesiones de zona federal marítimo terrestre otorgadas por la Federación, deberán ser congruentes con los usos de suelo de la zona que expida el Estado o Municipio.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra colindante con la Zona Federal Marítimo-Terrestre (ZFMT), por lo cual las disposiciones de este criterio no aplican.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-45	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.

Todas las actividades de reforestación y jardinería, ya sean las dispuestas en los programas de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectada o las designadas por la autoridad competente usarán especies nativas acordes al ecosistema afectado, razón por la cual el proyecto cumple con este criterio.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-46	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.

El proyecto Ciudad Huayacán es un proyecto de urbanización cuyo objetivo no tiene relación alguna con la instalación u operación de industria concretera, por tanto el criterio URB-46 no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-47	Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso por la zona federal a una distancia máxima de 1000 metros entre estos accesos, de conformidad con la Ley de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

Como se mencionó en el criterio URB-44 el predio donde se pretende establecer el proyecto no colinda con la ZFMT, por lo cual las disposiciones establecidas en este criterio ecológico no aplica al proyecto Ciudad Huayacán.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-48	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-

En todas las áreas verdes contempladas por el proyecto se mantendrá la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original, de tal manera que el proyecto cumplirá con este criterio.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-49	Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colindan con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías.

El predio donde se pretende establecer el proyecto no tiene colindancia con la ZFMT ni con playas, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-50	Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: Plantas rastreras: <i>Ipomea pes-caprae</i> , <i>Sesuvium portulacastrum</i> , herbáceas: <i>Ageratum littorale</i> , <i>Erythalis fruticosa</i> y arbustos: <i>Tournefortia gnaphalodes</i> , <i>Suriana marítima</i> y <i>Coccoloba uvifera</i> y palmas <i>Thrinax radiata</i> , <i>Coccothrinax readii</i> .

En el predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no presenta vegetación de duna, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-51	La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios: Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años. Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a las dunas. Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarioas) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna.

Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con una altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa.
Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas.

Al igual que el criterio anterior, tampoco este criterio es aplicable al proyecto debido a que el predio no colinda con playas ni presente vegetación de duna, por lo que no se contemplan labores de rehabilitación de las mismas.

CRITERIO	Recurso Paisaje
	<p>En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:</p> <p>Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.</p> <p>Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.</p> <p>Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto móvil que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.</p> <p>Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genera una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.</p>
URB-52	<p>Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión. <p>Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.</p>

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna ni ZFMT, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-53	Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna ni ZFMT, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-54	En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna, ZFMT, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-55	La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna ni ZFMT, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-56	En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas. El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna, ni ZFMT, por lo cual este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-57	La restauración de playas deberá realizarse con arena que tenga una composición química y granulometría similar a la de la playa que se va a rellenar. El material arenoso que se empleará en la restauración de playas deberá tener la menor concentración de materia orgánica, arcilla y limo posible para evitar que la materia se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.

El proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra cercano a la playa ni contempla la restauración de las mismas por lo que este criterio no le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-58	Se prohíbe la extracción de arena en predios ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.

El predio sujeto a cambio de uso de suelo donde se pretende establecer el proyecto Ciudad Huayacán no se encuentra o colinda con playas, vegetación de duna, vegetación de matorral costero ni ZFMT o franja litoral del municipio, por lo cual este criterio no aplica.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-59	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.

Todos los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes serán recolectados para su posterior composteo e incorporación a las áreas verdes del proyecto, por lo cual se cumple con este criterio.

XIV.2 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

En el ámbito de las declaratorias de áreas naturales protegidas, el predio en estudio y la zona donde se encuentra inmerso no forma parte de algún área natural protegida, ni colindan con alguna de éstas. La más cercana es el área de protección de flora y fauna Manglares de Nichupté, a 3.77 km al Este del predio de estudio, y a 5 km, en dirección Noreste, se encuentra el Área Natural Protegida Parque Kabah, con categoría de Parque Urbano (**Figura XIV:7**).

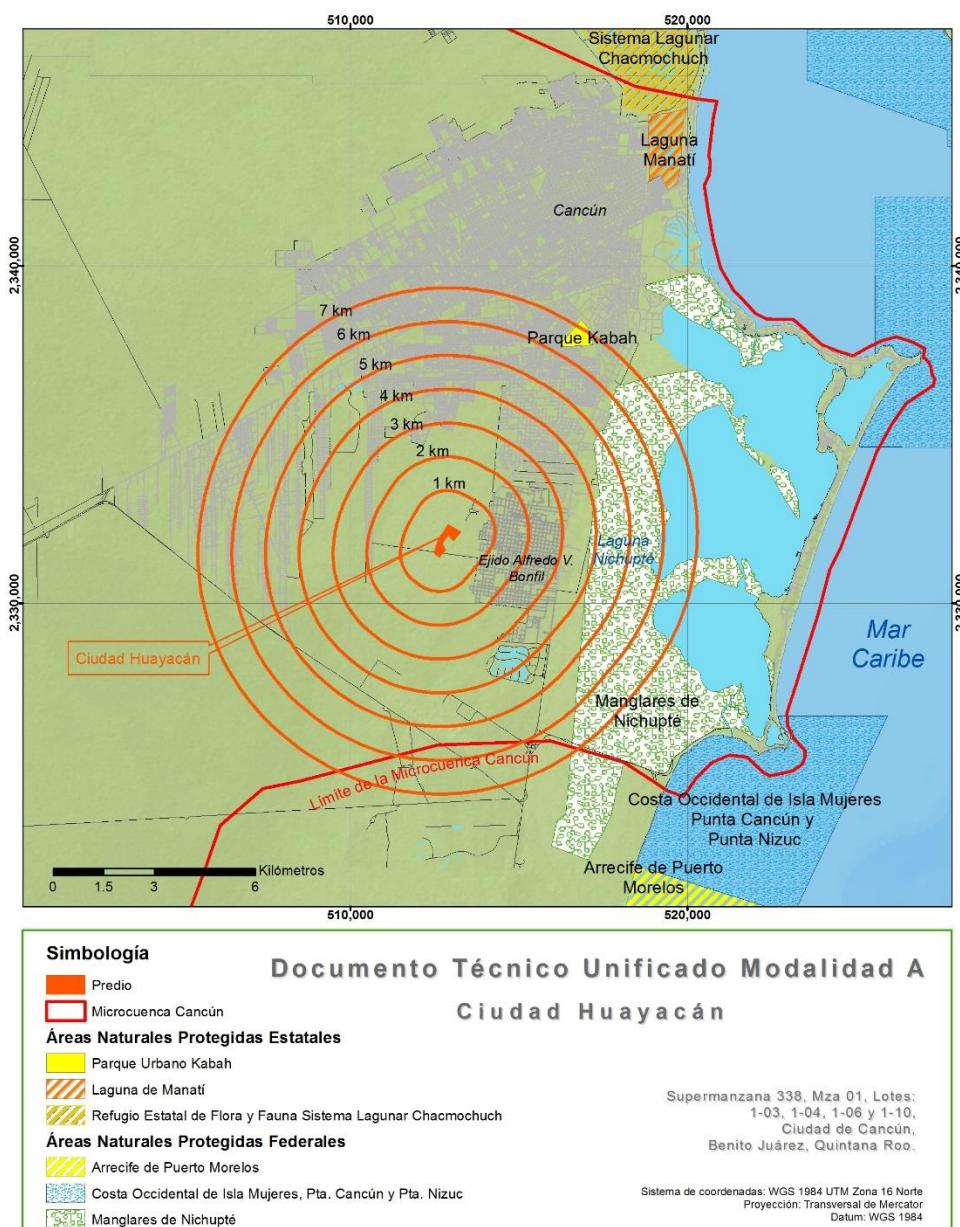


Figura XIV:7. Distancia del predio a las Áreas Naturales Protegidas colindantes.
Fuente: Elaboración propia a partir de CONANP (Op. Cit.).

XIV.3 REGIONES PRIORITARIAS

Las regiones prioritarias propuestas por la CONABIO no establecen criterios que regulen el aprovechamiento o uso del suelo contra los cuales pueda ser contrastado el proyecto propuesto para determinar su factibilidad ambiental.

Tal como se señala en la página web de la CONABIO, el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO “se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad.” “Este Programa forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México.” Como se ve, su propósito no es establecer criterios de factibilidad ambiental para el desarrollo de proyectos.

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)¹¹⁹, en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaque la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Por su parte, el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)¹²⁰, tiene el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

XIV.3.1 Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún-Tulum

Esta región tiene como antecedentes importantes los estudios de clasificación de regiones hidrológicas de la Secretaría de Recursos Hídricos, las características particulares que presenta son, una extensión de 1,715 km² distribuidos a lo largo del corredor que lleva el mismo nombre, con límites de: 21°10'48" a 20°20'24" Latitud Norte y 87°28'12" a 86°44'24" Longitud Oeste (**Figura XIV:8**).

¹¹⁹ Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

¹²⁰ Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2002. "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.



Figura 8. Región hidrológica prioritaria 105. Fuente: Elaboración propia a partir de Arriaga et al, (1998), disponible en la cartografía en línea www.conabio.gob.mx.

XIV.3.2 Región terrestre prioritaria 146 Dzilam – Ría Lagartos – Yum Balam

La región posee un alto valor tanto biogeográfico como sistémico y constituye un área homogénea desde el punto de vista topográfico, las características particulares que presenta son una extensión de 3,204 km², con límites de 21°10' 48" a 21°37' 48" latitud Norte y 86°47' 24" a 89°56' 24" longitud Este. La RTP 146 incluye dos áreas naturales protegidas, Isla Holbox y Ría Lagartos, ambas muy distanciadas del predio de estudio. El predio se ubica fuera de los límites establecidos para la Región Terrestre Prioritaria 146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam, sin embargo se menciona ya que es la que es la más cercana, aproximadamente a 9.58 km en dirección Norte (**Figura XIV:9**).



Figura XIV:10. Región terrestre prioritaria 146.

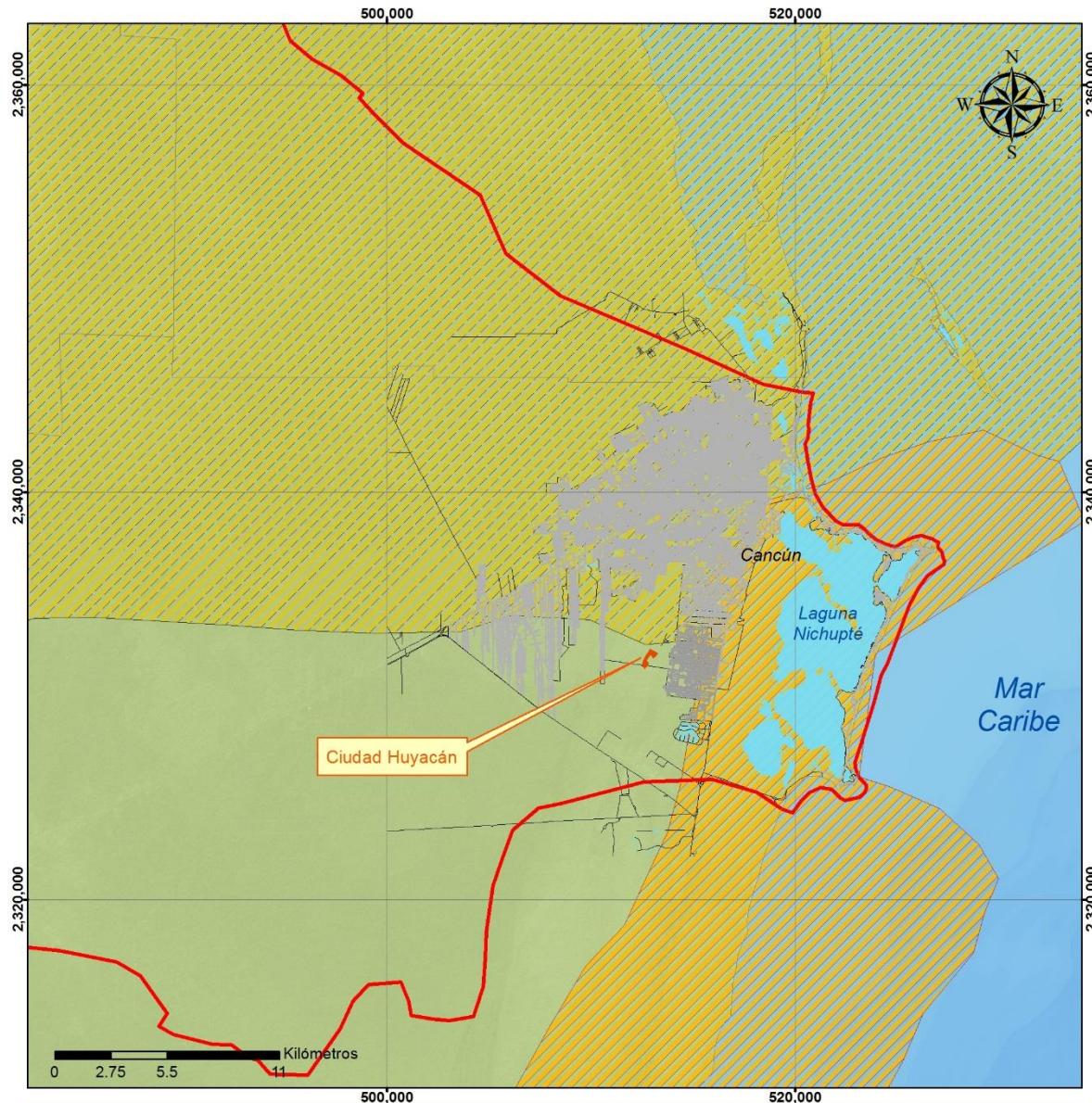
XIV.3.3 Región marina prioritaria Dzilam - Contoy

La Región Marina Prioritaria Dzilam- Contoy cuenta con una extensión total de 31,143 km², cuyo polígono se ubica desde los 22°50'24" a 21°5'24" Latitud Norte y 88°52'48" a 86°31'12" Longitud Oeste La región está compuesta por playas, dunas, marismas, petenes y arrecifes de gran importancia biológica y es considerada como zona de transición entre la biota del Golfo de México y Mar Caribe.

Posee diversidad de plancton, moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, se describen endemismos con respecto a la vegetación como es el caso de (*Mammillaria spp*, *Coccothrinax readii*, *Echites yucatanensis*, *Hylocereus undatus*, *Krugiodendron jeneum*, *Nopalia gaumeri*), es una zona migratoria de reproducción, anidación, crecimiento y refugio de aves, crustáceos y peces.

Todo ello aunado a diversas problemáticas dentro de las cuales destacan modificación del entorno por fractura de arrecifes, remoción de pastos marinos y dragado, contaminación en los muelles y puertos, por petróleos, embarcaciones pesqueras, turísticas y de carga, por último el uso de los recursos como la presión sobre la langosta y el caracol rosado; debido a la pesca ilegal, arrastres, trampas no selectivas y colecta de especies exóticas.

Cabe destacar que la región prioritaria propuestas por la CONABIO no establece criterios que regulen el aprovechamiento o uso del suelo. Sin embargo, el proyecto Ciudad Huayacán no se ubica dentro de esta región marina prioritaria, ni en Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (**Figura XIV:11**).



Simbología

Predio

Microcuenca Cancún

Regiones Marinas Prioritarias

Dzilam-Contoy

Pta. Maroma-Nizuc

Documento Técnico Unificado Modalidad A

Ciudad Huayacán

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984

Figura XIV:12. Regiones marinas prioritarias. Fuente: Elaboración propia a partir de Arriaga et al, (1998), disponible en la cartografía en línea www.conabio.gob.mx.

XIV.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

XIV.4.1 Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006

La NOM-045-SEMARNAT-2006 establece los límites máximos permisibles de coeficiente de absorción de luz y el porcentaje de capacidad, provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, procedimiento de prueba y sus características técnicas del equipo de medición. El cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, unidades de verificación y autoridades competentes; sin embargo, la presente norma excluye las actividades agrícolas, de construcción y minería. Por tanto, para el proyecto Ciudad Huayacán solo aplica a los vehículos de transporte de material que usen diésel; por lo cual para garantizar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la Norma se llevará a cabo la verificación y el mantenimiento vehicular periódico.

XIV.4.2 Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015

La Norma establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrato, y el nivel máximo y mínimo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el factor Lamda. La Norma es obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los centros de verificación y Unidades de verificación vehicular, a excepción de vehículos de peso bruto menor a 400 kg, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minería. En el proyecto Ciudad Huayacán aplica a los vehículos de supervisión de obra o cualquier otro empleado en la misma, que use gasolina como combustible; por tanto, para el cumplimiento de la presente Norma, los vehículos se someterán a verificación en concordancia con la normatividad aplicable en el Estado de Quintana Roo, en una unidad de verificación autorizada.

XIV.4.3 Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

La presente Norma establece el listado de especies nativas mexicana de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y específicamente para su inclusión, exclusión o cambio. La norma aplica 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.

En el predio sujeto a cambio de uso de suelo Ciudad Huayacán, se registran solo una especie florística, *Thrinax radiata*, comúnmente llamada palma chit, bajo la categoría amenazada. Mientras, las especies de fauna, *Amazona albifrons*, *Aratinga nana*, *Crypturellus*

cinnamomeus y *Ctenosaura similis*, las primeras tres se encuentran bajo la categoría sujetas a protección especial y la última bajo la categoría amenazada. Para el cumplimiento de la presente Norma el proyecto contempla la implementación de medidas preventivas y mitigación, como la ejecución de un Programa de Rescate y Reubicación de las especies Vegetales y un Programa de Reforestación y Jardinería para la protección de las especies de flora en la Norma Oficial Mexicana; respecto a las especies de fauna, se ejecutará el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, donde todos los individuos que se encuentren en el predio serán rescatados y reubicados de tal manera que no se afecte la población de especie bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010.

XIV.4.4 Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994

La presente norma establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición; se aplica con base en el peso bruto de los vehículos antes mencionados que circulen por las vías de comunicación terrestre, exceptuando los tractores de uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que circulen por riel. Para el proyecto Ciudad Huayacán la presente norma aplica en relación a la emisión de ruido proveniente de los vehículos de transporte de materiales y supervisión de obra que circulen por las vías de comunicación terrestre; por tanto, se dará mantenimiento periódicamente a dichos vehículos para garantizar el nivel de ruido establecidos por la Norma Oficial Mexicana.

XIV.4.5 Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011

Esta norma es obligatoria para los grandes generadores de Residuos de Manejo Especial; los grandes generadores de Residuos Sólidos Urbanos; los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores, comercializadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en Residuos de Manejo Especial sujetos a un Plan de Manejo y las Entidades Federativas que intervengan en los procesos establecidos en la presente Norma. Quedan excluidos los generadores de residuos provenientes de la Industria Minero-Metalúrgica, de conformidad con los artículos 17 de la Ley y 33 de su Reglamento. En las obras del proyecto Ciudad Huayacán se estima que se generará una cantidad mayor a los 80 m³ de Residuos de la Construcción, Mantenimiento y Demolición en General, por lo que, de acuerdo con su Anexo Normativo, esta norma le es aplicable. Por tanto, se anexa al presente Documento Técnico Unificado el Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

XIV.5 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)

XIV.5.1 Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 16 de octubre de 2014, el predio donde se pretende desarrollar el proyecto Ciudad Huayacán se encuentra en dos zonas urbanas diferentes caracterizadas como H/60 y SCU, tal como se muestra en la **Figura XIV:13.**

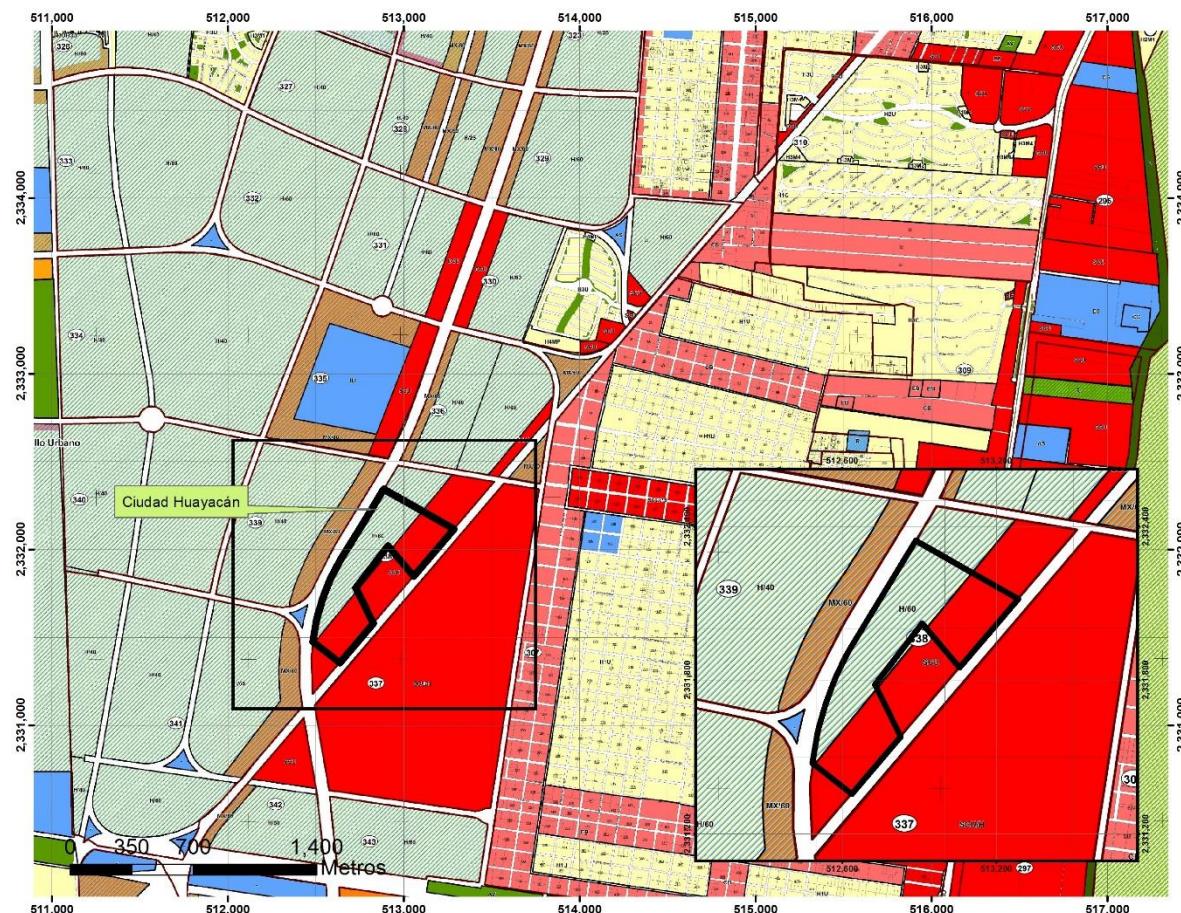


Figura XIV:13. Ubicación del predio dentro del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030. Fuente: Elaboración propia a partir PDUCPC

De acuerdo con el instrumento en comento las zonas denominadas H/60 refieren a la posibilidad de establecer usos habitacionales, otorgándoles una densidad bruta de 60 viviendas por hectárea, mientras que las zonas denominadas como SCU refieren al uso comercial de subcentro urbano, otorgando una densidad neta de 75 viviendas por hectárea,

densidad que se otorga a la superficie total del predio con SCU menos la superficie correspondiente a vialidades.

En razón de lo anterior y considerando la diferencia de densidades otorgadas por el PDU, el proyecto Ciudad Huayacán tiene la posibilidad de desarrollar hasta 1,724 viviendas (**Figura XIV:14**).

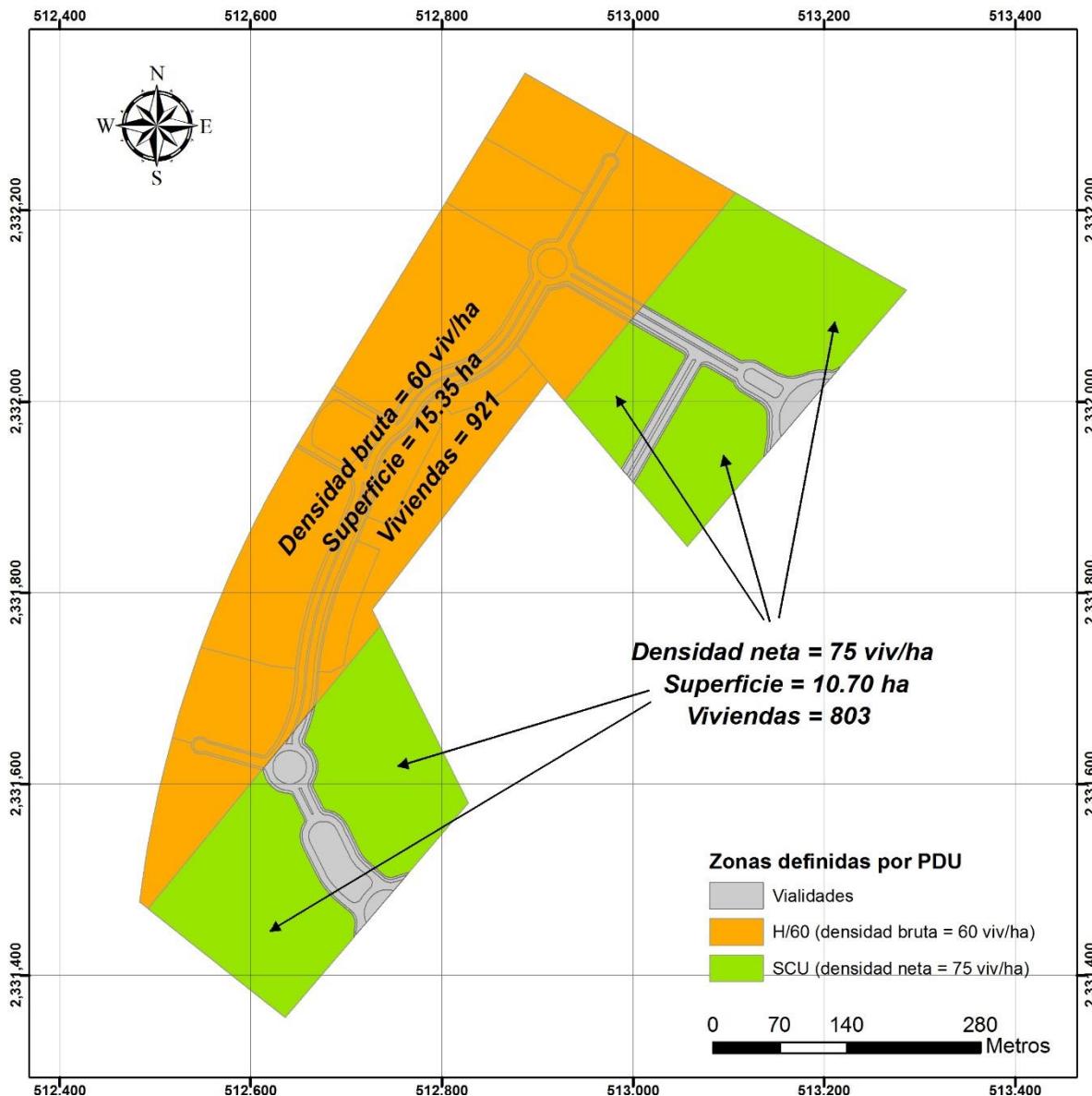


Figura XIV:14. Número de viviendas de acuerdo con el PDU. Fuente: Elaboración propia a partir PDUCPC

De acuerdo con el PDU la zonificación SCU corresponde a uso comercial de subcentro urbano, y de acuerdo con la descripción de nomenclaturas de dicho instrumento es una zonificación mixta destinada a satisfacer la demanda de 250 mil habitantes en la cual podrá

construirse vivienda multifamiliar. En razón de esta compatibilidad se han distribuido los usos del suelo dentro de las manzanas de acuerdo a lo indicado en el **Cuadro XIV:4** y en la **Figura XIV:15**.

Cuadro XIV:4. Usos de suelo para las manzanas contempladas en el plan maestro Ciudad Huayacán.

Manzana	Área total	Área total (ha)	Uso de suelo	Viviendas proyecto
MZ 01	8,065.22	0.81	SCU	61
MZ 02	14,634.89	1.46	SCU	110
MZ 03	37,598.62	3.76	H3M3	269
MZ 04	1,7120.4	1.71	H3M3	131
MZ 05	9,543.68	0.95	H3M4	60
MZ 06	9,154.09	0.92	H3M4	60
MZ 07	22,142.82	2.21	H3M4	170
MZ 08	18,736.87	1.87	H3M4	220
MZ 09	10,101.14	1.01	H3M4	140
MZ 10	15,714.44	1.57	H3M3	160
MZ 11	19,341.84	1.93	H3M3	146
MZ 12	3,185.08	0.32	SCU	24
MZ 13	11,283.57	1.13	SCU	85
MZ 14	3,377.64	0.34	SCU	26
MZ 15	10,573.97	1.06	Donación	-
MZ 16	4,072.10	0.41	H3M2	39
MZ 17	14,523.61	1.45	Donación	-
MZ 18	3,335.19	0.33	Donación	-
MZ 19	2,966.33	0.3	H3M2	23
VIALIDAD	6,893.80	0.69	Donación	-
VIALIDAD	37,634.68	3.76	-	-
TOTAL	279,999.98	27.99	-	1724

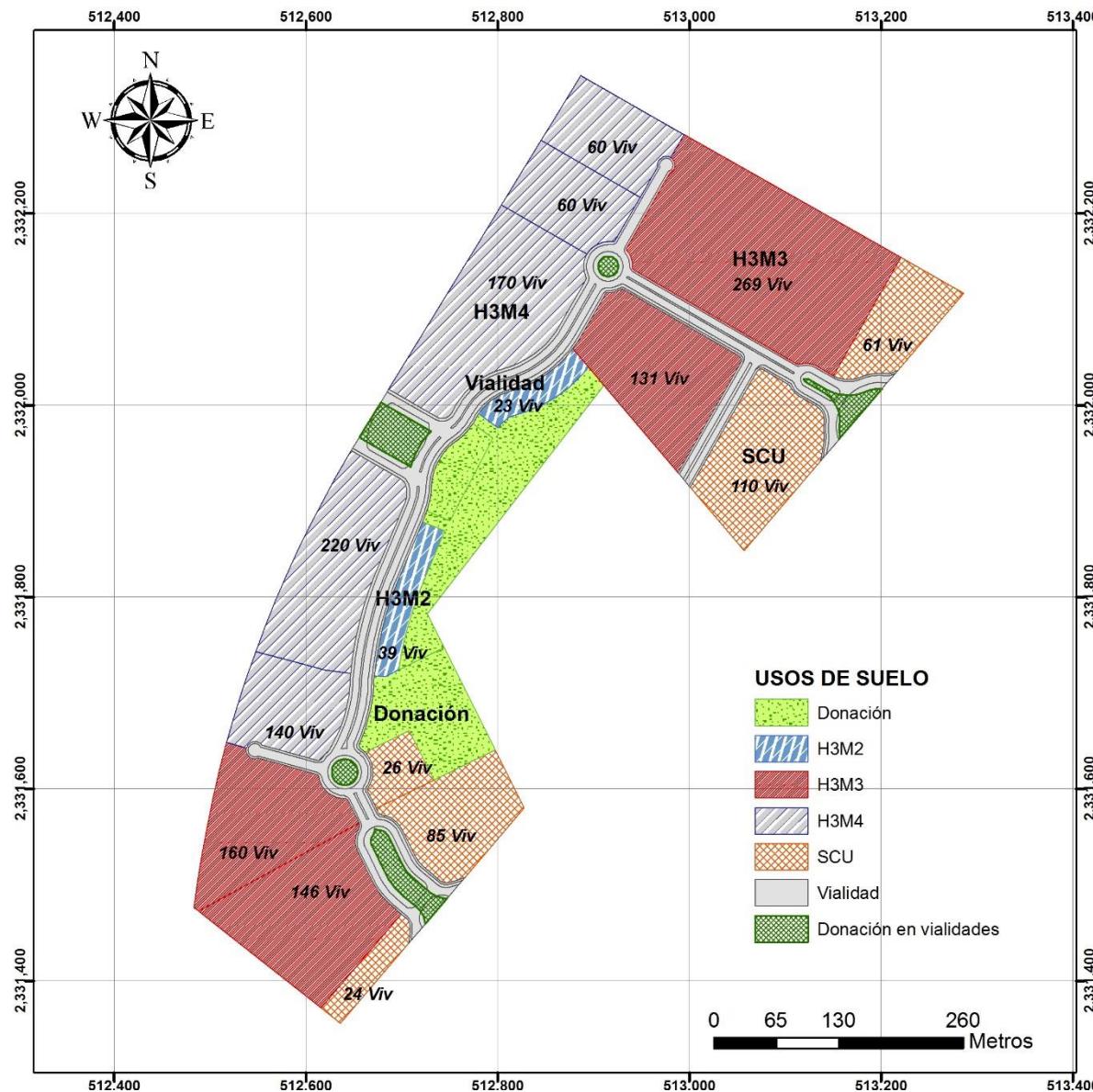


Figura XIV:15. Usos de suelo y viviendas del Proyecto Ciudad Huayacán de acuerdo con el PDU.

Por otro lado, en el **Cuadro XIV:5** se indican las restricciones establecidas por el PDUCP de Cancún (2014-2030) a las que estarán sujetos cada uno de los lotes dentro de las manzanas establecidas en el plan maestro de Ciudad Huayacán.

Cuadro XIV:5. Restricciones aplicables a los lotes de comerciales de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano.

Zona Comercial	Superficie mínima de lote	Densidad neta	Mínimo de frente en vía pública	Al frente con calle				Al fondo colindan con			A los lados colindancia con			Patio interior ancho mínimo	Niveles	Rango		COS	Clave
				Principal	Secundaria	Andador	Otro lote	Área verde	Otro lote	Área verde	Área verde	-	-			Max	Min		
				CUS								CUS							
Centro urbano	250	G	10	10	5	-	5	-	-	-	-	1/3	4	0.60	1.50	40%	CU		
Subcentro Urbano	250	G	10	5	3	-	5	-	-	-	-	1/3	4	0.50	1.50	60%	SCU		
	250	G	10	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.50	1.50	60%		
	1,500	G	10	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.50	1.50	60%		
	1,000	G	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.50	1.50	60%		
Comercial de barrio	300	G	15	5	3	-	3	-	-	-	-	1/3	3	0.50	1.50	60%	CB		
Comercial turística	1,000		30	12	5	-	5	-	-	-	-	1/3	6	1.00	3.00	60%	CT		

Respecto a los lotes multifamiliares del proyecto Ciudad Huayacán, en el **Cuadro XIV:6** se indican las restricciones establecidas por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030 y las que establecerá el promovente del proyecto en el reglamento de construcción interno.

Cuadro XIV:6. Restricciones aplicables a los lotes de vivienda multifamiliar según Programa de Desarrollo Urbano.

Zona	Rangos de superficie	Densidad neta	Restricciones mínimas (m)				Máximo de niveles	CUS		COS	Clave		
			Frente lote	Frente	Fondo	Laterales		Mín.	Máx.				
Densidad baja	Mín.	600	C	20	5	5	1/3 altura o 3m mínimo de un lado	4	0.6	1.2	30%	H1M	
	Máx.	800						4	0.6	1.5	50%	H1M2	
	Mín.	5,000		50				4	0.6	1.5	50%	H1M3	
	Máx.		G	40	5	5		4	0.8	1.6	40%	H2M1	
	Mín.	2,000						4*	0.8	*1.6	60%	H2M2	
	Máx.												
Densidad media	Mín.	450	D	15									
	Máx.	600											
	Mín.	600	G	15									

Zona	Rangos de superficie	Densidad neta	Restricciones mínimas (m)				Máximo de niveles	CUS		COS	Clave
			Frente lote	Frente	Fondo	Laterales		Mín.	Máx.		
Densidad alta	Máx. 3,500						3				
	Mín. 375	F	12.5					4	1	2	50% H3M1
	Máx. 800							4	1	2	65% H3M2
	Mín. 800	J	12.5					4	1	2	65% H3M3
	Máx. 600							8	1	2	50% H3M4
	Mín. 400	L	12.5								
	Máx. >400										
	Mín. 280	M	16								
	Máx.										
Densidad popular											

Además de los parámetros de uso y restricciones particulares que se presentaron en los cuadros anteriores, el PDU-CPC señala que tanto los usos comerciales como los habitacionales multifamiliares deberán considerar los siguientes señalamientos:

“En caso que la superficie derivada de las restricciones sea menor a las establecidas en el Artículo 132 de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, deberán de ceñirse a lo que establece este artículo.”

Al respecto el artículo en comento señala:

“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.”

Además de los señalamientos anteriores el PDU-CPC también manifiesta que:

“Para garantizar la recarga del manto acuífero y evitar inundaciones a los predios y vialidades aledaños, se deberán realizar las obras civiles necesarias dentro del predio, así mismo se deberá dejar un mínimo de 30% de área verde en la superficie libre y procurar su reforestación.”

En razón de lo anterior, dado que el predio del proyecto Ciudad Huayacán contempla una superficie mayor a 3,001 m², le corresponde mantener el 40% de su superficie como área permeable, para lo cual este contempla el establecimiento de 11.25 ha como zonas permeables las cuales equivalen al 40.19% de la superficie total del mismo. Dicha superficie permeable se encontrará distribuida en cada una de las manzanas en la porción señalada en el **Cuadro XIV:7.**

Dicho cuadro también indica el área verde que deberá establecerse en cada una de las manzanas a fin de cumplir con el señalamiento del 30% del área libre en usos comerciales y multifamiliares indicado anteriormente. Cabe señalar que el 30% de área verde fue calculada a partir del área libre, que a su vez fue el resultado de la diferencia entre la superficie total de las manzanas y la superficie de desplante derivada del Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS).

Por último, dados los argumentos señalados en este capítulo se concluye que el proyecto Ciudad Huayacán cumple a cabalidad con cada uno de los lineamientos establecidos en el PDU-CPC.

Cuadro XIV:7. Área de desplante, superficie libre y área permeable del proyecto Ciudad Huayacán.

MZA	Área total (ha)	Uso de suelo	COS	Viv proyecto	Desplante (ha)	Sup. libre (ha)	Sup. permeable	Área verde*
MZ 01	0.81	SCU	0.60	61	0.48	0.32	0.23	0.10
MZ 02	1.46	SCU	0.60	110	0.88	0.59	0.41	0.18
MZ 03	3.76	H3M3	0.65	269	2.44	1.32	0.92	0.39
MZ 04	1.71	H3M3	0.65	131	1.11	0.60	0.42	0.18
MZ 05	0.95	H3M4	0.50	60	0.48	0.48	0.33	0.14
MZ 06	0.92	H3M4	0.50	60	0.46	0.46	0.32	0.14
MZ 07	2.21	H3M4	0.50	170	1.11	1.11	0.77	0.33
MZ 08	1.87	H3M4	0.50	220	0.94	0.94	0.66	0.28
MZ 09	1.01	H3M4	0.50	140	0.51	0.51	0.35	0.15
MZ 10	1.57	H3M3	0.65	160	1.02	0.55	0.39	0.17
MZ 11	1.93	H3M3	0.65	146	1.26	0.68	0.47	0.20
MZ 12	0.32	SCU	0.60	24	0.19	0.13	0.09	0.04
MZ 13	1.13	SCU	0.60	85	0.68	0.45	0.32	0.14

MZA	Área total (ha)	Uso de suelo	COS	Viv proyecto	Desplante (ha)	Sup. libre (ha)	Sup. permeable	Área verde*
MZ 14	0.34	SCU	0.60	26	0.20	0.14	0.09	0.04
MZ 15	1.06	Donación	-	-	-	-	0.32	-
MZ 16	0.41	H3M2	0.65	39	0.26	0.14	0.10	0.04
MZ 17	1.45	Donación	-	-	-	-	0.44	-
MZ 18	0.33	Donación	-	-	-	-	0.10	-
MZ 19	0.3	H3M2	0.65	23	0.19	0.10	0.07	0.03
Vialidad	0.69	Donación	-	-	-	0.00	0.69	-
Vialidad	3.76	-	-	-	-	-	3.76	-
TOTAL	27.99	-	-	1,724	12.21	8.52	11.25	2.55

XIV.6 OTROS INSTRUMENTOS A CONSIDERAR

XIV.6.1 Acuerdo por el que se expedirán 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

En el Artículo Sexto del Acuerdo en cuestión establece que el Documento Técnico Unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad A, contendrá la información indicada en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 121 de su Reglamento, así como la señalada en el artículo 12, fracciones I, III, V y VIII, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. En apego a lo establecido en dicho Acuerdo es que se presenta este Documento Técnico Unificado, el cual contiene la información solicitado en el Artículo Sexto antes citado, con lo que se da cabal cumplimiento al mismo 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, el proyecto propuesto.

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

La valoración económica se ha visto como un instrumento que permite poner en evidencia los diferentes usos de los recursos biológicos y la biodiversidad. Si se muestra que la conservación de la biodiversidad puede tener un valor económico positivo mayor que el de las actividades que la amenazan, la información que se pueda generar sobre sus beneficios ecológicos, culturales, estéticos y económicos apoyará las acciones para protegerla y conservarla productivamente, convirtiéndose en una herramienta importante para influir en la toma de decisiones gubernamentales y sociales, colectivas e individuales.

Por tanto, los objetivos del presente capítulo son: a) la estimación del valor económico de los recursos biológicos por especie, sean esos maderables o no maderables, independientemente si los productos son o no comercializables y b) analizar los beneficios que se están obteniendo por mantener una cubierta forestal que no permite la erosión del suelo y contribuyen a la permeabilidad del agua al subsuelo y que además es refugio, corredor biológico, zona de forrajeo, anidación etc.

La valoración económico de los recursos forestales de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo se basa en el estudio realizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en 1998, “La Diversidad Biológica de México: Estudio de País 1998”,¹²¹ específicamente en su Capítulo VII relacionado con la valoración económica de los recursos biológicos del país. En este estudio, la CONABIO utiliza el término capital natural, para la definición del valor económico de los servicios ambientales, incluyendo valores religiosos, culturales, éticos, estéticos, entre otros. Asimismo, clasifica los valores asociados a los recursos forestales en: valores de uso (directos e indirectos), y valores de no uso (de opinión, de herencia, de existencia), mismos que se enlistan en el **Cuadro XV:1**.

Cuadro XV:1. Clasificación de los valores asociados con los recursos forestales

Valor de uso		Valor de no uso		
Directo	Indirecto	De opción	De herencia	De existencia
Productos de consumo o servicios directos	Beneficios funcionales	Uso directo o indirecto futuro	Valor de legar valores a los descendientes	Valores éticos

¹²¹ De Alba E. y Reyes M.A. 1998. Valoración económica de los Recursos Biológicos del país. En: CONABIO. *La diversidad biológica de México: Estudio de País*, pp. 211-236, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

	Valor de uso	Valor de no uso
Usos extractivos: <ul style="list-style-type: none"> • Materia prima • Alimentos • Biomasa • Cultivo y pastoreo • Colecta de especímenes y material genético • Conversión a otro uso • Hábitat humano No extractivo: <ul style="list-style-type: none"> • Salud • Recreación • Actividades culturales y religiosas • Navegación • Producción audio visual 	<p>Ecosistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autopreservación y evaluación del sistema • Ciclaje de nutrientes • Conocimiento e investigación científica • Hábitat migratorio • Fijación de nitrógeno <p>Ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección y regeneración de suelos • Captación y purificación de agua • Protección de cuencas • Control de plagas • Control de inundaciones • Protección contra tormentas • Regulación climática • Retención de carbono • Estabilización costera 	<p>Continuidad del sistema</p> <p>Obtención de nueva materia prima</p> <p>Nuevos conocimientos</p> <p>Protección del hábitat</p> <p>Evitar cambios irreversibles</p> <p>Conocimiento de la existencia</p> <p>Protección del hábitat</p> <p>Evitar cambios irreversibles</p> <p>Culturales, estéticos y religiosos</p>

El estudio de la CONABIO mencionado anteriormente, presenta la valoración económica para la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, mostrando valores económicos respecto al servicio de ecoturismo, depósito de carbono, valor farmacéutico de las especies, y por su propia existencia. Para el presente capítulo se utilizaron los valores económicos estimados para Sian Ka'an, aplicándolo a los servicios ambientales del predio Huayacán. Cabe destacar que

Mientras, la valoración de los recursos forestales maderables y no maderables, se llevó a cabo a partir de la información presentada en el capítulo V y VI. Del capítulo V, se obtuvieron las especies y densidad de epífitas y palmas, mientras del capítulo VI se obtuvo el volumen por hectárea de las especies forestales maderables. El costos de los productos no maderables se establecieron con base en los precios establecidos por el vivero del Centro

de Investigación Científica de Yucatán, A.C.¹²² y viveros de la región; mientras, para los productos maderables se establecieron con base en el Sistema de precios de productos forestales maderables de la CONAFOR¹²³, para el trimestre II del presente año, cabe mencionar que se utilizó el costo del rubro otras tropicales obtenidas en predios de tipo libre a bordo (LAB) en brecha.

Por otro lado, para la valoración económica de la fauna silvestre que habita en el predio se utilizaron los datos obtenidos en el capítulo V. Se han tomado como referencia las cuotas establecidas en el Artículo 238 de la Ley Federal de Derechos (LFD última reforma el 18 de noviembre de 2015), para el caso de las aves, se tomó en cuenta la cuota por lote de los ejemplares citados en la fracción VI de este mismo artículo (\$ 25,337.53) y considerando que los lotes o tasas de aprovechamiento promedio en las UMAS referidas por Alarcón Landa J. (2004) son de 250 ejemplares, se obtuvo un valor unitario de \$ 101.35 M.N.

Para los mamíferos pequeños se aplicó la calidad de \$5,164.96, de acuerdo con el artículo 238 de la Ley Federal de Derechos vigente. En el caso de los reptiles no listados en este artículo, se asignó la cuota establecida en la fracción VIII del artículo citado de la LFD, que hace referencia a los mamíferos pequeños. Por último, en el caso de los anfibios y los reptiles, se optó por asignar una cuota arbitraria de \$ 500.00 M.N. basada en los costos promedio de estos ejemplares en comercios y UMAS autorizadas.

XV.1 RESULTADOS

La valoración de los recursos forestales maderables y no maderables se estimó en \$ 4, 296, 614.10; de los cuales \$1, 312, 514.10 son de productos maderables y el resto del costo es de individuos de palmas y epífitas. Los valores estimados para los recursos forestales maderables y no maderables se muestran en el **Cuadro XV:2**.

Cuadro XV:2. Valoración de los recursos forestales maderables y no maderables.

Tipo	Especie	Densidad ad (ind/h a)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (ind/28)	Volumen (m ³ /20 ha)	Valor unitario (MNX)	Medida	Valor total (MNX)
No maderables	Maderables	VTA	231	27.53	6,480	770.87	\$1,702.64	m ³
	Epífitas	<i>Bromelia karatas*</i>	1	-	28	-	\$39.00	Planta (60 m)
		<i>Tillandsia fasciculata</i>	1	-	28	-	\$5.00	Planta (60 m)

¹²² CICY. 2016. Jardín Botánico Regional "Roger Orellana" CICY. Vivero de Plantas Nativas Registro: SEMARNAT-UMA-JB-0169-YUC-09. <<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/JBR/2016/Listado-de-plantas-vivero-MAYO2016.pdf>> (Consultado 26 de agosto de 2016).

¹²³ CONAFOR. 2016. SIPRE. Sistema de precios de productos forestales maderables. 2016. Trimestre II. <<http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/economica/sipre>> (Consultado 26 de agosto de 2016).

Tipo	Especie	Densidad (ind/ha)	Volumen (m³/ha)	Densidad (ind/28)	Volumen (m³/20 ha)	Valor unitario (MNX)	Medida	Valor total (MNX)
Palmas	<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	214	-	5992	-	\$199.00	planta	\$1,192,408.0
	<i>Thrinax radiata</i>	286	-	8008	-	\$210.00	planta	\$1,681,680.0
	<i>Sabal yapa</i>	74	-	2072	-	\$52.50	planta	\$108,780.0
Total								\$4,296,614.1

*VTA=Volumen Total Árbol

En el mismo contexto, los valores de los recursos asociados a la flora del predio se evaluaron en \$1, 922, 816.00, por los servicios depósito de carbono, farmacéutico y por existencia propia. El servicio ambiental depósito de carbono fue el estimado con mayor valor económico de los tres con \$1, 870, 848.00. La evaluación se presenta en el **Cuadro XV:3**.

Cuadro XV:3. Evaluación económica de los recursos asociados a la flora.

Concepto de valoración	Valor por hectárea (USD)	Hectáreas del CUSTF	Valor total (USD)*	Valor total (MNX)
Valor del depósito de carbono por hectárea	\$3,600.00		\$100,800.00	\$1,870,848.00
Valor farmacéutico anual	\$90.00	28	\$2,520.00	\$46,771.20
Valor por existencia propia	\$10.00		\$280.00	\$5,196.80
Total				\$1,922,816.00

* Costo de dólar estimado en \$ 18.78 M.N. FUENTE: <http://www.preciodolar.com/dolar-hoy> (Consultada el 26 de agosto de 2016).

Por otra parte, respecto a la fauna, el valor estimado para 52 especies registradas es \$2, 011, 314.38 para 28 ha (**Cuadro XV:4**). Cabe señalar que las especies marcadas con un asterisco (*) corresponden a las solo vistas en el predio, por lo cual se estima solo una especie en las 28 ha sujetas a cambio de uso de suelo.

Cuadro XV:4. Valoración económica de la fauna que habita en el predio.

ESPECIE	ABUNDANCIA	DENSIDAD (Ind/ha)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO (ha)	COSTO (28 ha)
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	0.25	\$101.35	\$25.34	\$709.52
<i>Amazona albifrons</i>	2	0.5	\$101.35	\$50.68	\$1,419.04
<i>Anolis sagrei</i>	2	5	\$500.00	\$2,500.00	\$70,000.00
<i>Aratinga nana</i>	62	15.5	\$101.35	\$1,570.93	\$43,986.04
<i>Basiliscus vittatus*</i>	1	-	\$500.00	\$500.00	\$500.00
<i>Buteo brachyurus*</i>	1	-	\$101.35	\$101.35	\$101.35
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.5	\$500.00	\$250.00	\$7,000.00
<i>Cathartes aura</i>	26	6.5	\$101.35	\$658.78	\$18,445.84
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.25	\$101.35	\$25.34	\$709.52
<i>Columbina talpacoti</i>	18	4.5	\$101.35	\$456.08	\$12,770.24
<i>Coragyps atratus</i>	24	6	\$101.35	\$608.10	\$17,026.80
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	22	5.5	\$101.35	\$557.43	\$15,608.04

ESPECIE	ABUNDANCIA	DENSIDAD (Ind/ha)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO (ha)	COSTO (28 ha)
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	7	1.75	\$101.35	\$177.36	\$4,966.08
<i>Ctenosaura similis</i>	1	2.5	\$500.00	\$1,250.00	\$35,000.00
<i>Cyanocorax morio</i>	17	4.25	\$101.35	\$430.74	\$12,060.72
<i>Cyanocorax yncas</i>	21	5.25	\$101.35	\$532.09	\$14,898.52
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	102	25.5	\$101.35	\$2,584.43	\$72,364.04
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	3	0.75	\$101.35	\$76.01	\$2,128.28
<i>Didelphis virginiana</i>	2	5	\$5,164.96	\$25,824.80	\$723,094.40
<i>Dives dives</i>	85	21.25	\$101.35	\$2,153.69	\$60,303.32
<i>Euphonia affinis</i>	7	1.75	\$101.35	\$177.36	\$4,966.08
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	0.25	\$101.35	\$25.34	\$709.52
<i>Icterus auratus</i>	1	0.25	\$101.35	\$25.34	\$709.52
<i>Icterus cristater</i>	2	0.5	\$101.35	\$50.68	\$1,419.04
<i>Icterus cucullatus</i>	10	2.5	\$101.35	\$253.38	\$7,094.64
<i>Icterus gularis</i>	1	0.25	\$101.35	\$25.34	\$709.52
<i>Icterus prosthemelas</i>	9	2.25	\$101.35	\$228.04	\$6,385.12
<i>Incilius valliceps</i>	1	2.5	\$500.00	\$1,250.00	\$35,000.00
<i>Leptodactylus fragilis*</i>	1	-	\$500.00	\$500.00	\$500.00
<i>Leptotila jamaicensis</i>	11	2.75	\$101.35	\$278.71	\$7,803.88
<i>Melanerpes aurifrons</i>	12	3	\$101.35	\$304.05	\$8,513.40
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	9	2.25	\$101.35	\$228.04	\$6,385.12
<i>Mimus gilvus</i>	48	12	\$101.35	\$1,216.20	\$34,053.60
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	4	1	\$101.35	\$101.35	\$2,837.80
<i>Myiarchus yucatanensis</i>	6	1.5	\$101.35	\$152.03	\$4,256.84
<i>Myiozetetes similis</i>	9	2.25	\$101.35	\$228.04	\$6,385.12
<i>Ornithodoros vetula</i>	60	15	\$101.35	\$1,520.25	\$42,567.00
<i>Peromyscus mexicanus</i>	1	2.5	\$5,164.96	\$12,912.40	\$361,547.20
<i>Pitangus sulphuratus</i>	29	7.25	\$101.35	\$734.79	\$20,574.12
<i>Procyon lotor*</i>	1	-	\$5,164.96	\$5,164.96	\$5,164.96
<i>Quiscalus mexicanus</i>	123	30.75	\$101.35	\$3,116.51	\$87,262.28
<i>Saltator atriceps</i>	4	1	\$101.35	\$101.35	\$2,837.80
<i>Saltator coerulescens</i>	12	3	\$101.35	\$304.05	\$8,513.40
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	5	12.5	\$500.00	\$6,250.00	\$175,000.00
<i>Smilisca baudinii</i>	1	2.5	\$500.00	\$1,250.00	\$35,000.00
<i>Thryothorus maculippectus</i>	8	2	\$101.35	\$202.70	\$5,675.60
<i>Tityra semifasciata</i>	2	0.5	\$101.35	\$50.68	\$1,419.04
<i>Trogon melanocephalus</i>	4	1	\$101.35	\$101.35	\$2,837.80
<i>Tyrannus couchii</i>	11	2.75	\$101.35	\$278.71	\$7,803.88
<i>Tyrannus melancholicus*</i>	1	-	\$101.35	\$101.35	\$101.35
<i>Vireo pallens</i>	11	2.75	\$101.35	\$278.71	\$7,803.88

ESPECIE	ABUNDANCIA	DENSIDAD (Ind/ha)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO (ha)	COSTO (28 ha)
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	9	2.25	\$101.35	\$228.04	\$6,385.12
Total					\$2,011,314.38

Finalmente, el predio sujeto a cambio de uso de suelo para el proyecto Ciudad Huayacán, se valorizó en \$8, 230, 744.48 incluyendo el valor de los recursos forestales, fauna silvestre y los recursos asociados a la flora (**Cuadro XV:5**).

Cuadro XV:5. Evaluación económica de los recursos naturales del predio.

Concepto de valoración	Valor total (MNX)
Recursos forestales	\$4,296,614.10
Fauna silvestre	\$2,011,314.38
Recursos asociados a la flora	\$1,922,816.00
Total	\$8,230,744.48

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

La restauración ecológica es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. Las dinámicas naturales deben estar dirigidas a la recuperación no de la totalidad sino de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales en que se encuentra el ecosistema que se va a restaurar (Vargas, 2007)¹²⁴.

Un ecosistema degradado se puede considerar restaurado cuando recobra suficientes recursos bióticos y abióticos como para sostener su estructura, procesos y funciones ecológicas con un mínimo de ayuda o subsidios externos. Con eso, demostrará su capacidad de recuperación en vista de los niveles normales de estrés y alteración. Además, podrá interactuar con los ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos, así como interacciones sociales y económicas (Dann y Lamb, 2006)¹²⁵. Por tanto, dependiendo del grado de deterioro del ecosistema restaurar, la restauración ecológica representa todo un desafío difícil de lograr, evaluar y costoso.

Por consiguiente, el objetivo del presente capítulo es valorar lo que costaría llevar un sitio a una condición similar del ecosistema como hasta ahora se encuentra, bajo el supuesto de que se hubiera efectuado el cambio de uso de suelo forestal, considerando la estructura y funcionalidad de ecosistema en el que se encuentra el predio Huayacán, con la finalidad que el promovente tenga la claridad del impacto que causaría al ecosistema en consideración de la valoración de los servicios en el supuesto de que estos tuvieran que sustituirse.

Para cumplir con el objetivo del capítulo se propone la restauración con base en la estructura y composición analizada en el capítulo V, con los datos de las características del suelo y vegetación del predio. Como se indica en el capítulo V, el tipo de suelo en el predio corresponde a Litosol, con profundidad somera en fase física lítica con abundante pedregosidad y afloramiento de la coraza calcárea, su textura media es del tipo migajón

¹²⁴ Vargas O. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

¹²⁵ Gann G.D. y Lamb D. 2006. Un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida. <http://www.ser.org/docs/default-document-library/ser-iucn-global-rationale_spanish.pdf> (consultado 27 de agosto de 2016)

arenoso. Debido a dichas características, no se proponen obras de conservación de suelos. Por lo cual se propone como método de restauración la reforestación. A continuación se presenta la propuesta de reforestación para estimar los costos de la restauración de un predio con las características de Ciudad Huayacán, con base en la estructura y composición.

XVI.1 ESPECIES Y DENSIDAD DE PLANTACIÓN

Las especies propuestas y la densidad se obtienen mediante el análisis de la estructura y composición de la vegetación existente en el predio. Cabe señalar, que se propone establecer dos plantaciones. La primera con los individuos característicos del estrato arbóreo, con una densidad de 865 individuos por hectárea; con base en la CONAFOR esta densidad es la más adecuada para las selvas. En el estrato arbóreo del predio las especies más abundantes son *Lysiloma latisiliquum*, *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia* y *Metropium brownei*, siendo la primera la que ocupa más del 50%. Por lo cual se proponen 433 individuos por hectárea de *L. latisiliquum* y para el resto solo 144 individuos por especie. La densidad por hectárea y en la superficie total del predio se presenta en el **Cuadro XVI:1**.

Cuadro XVI:1. Evaluación económica de los recursos naturales del predio.

ESPECIE	DENSIDAD (IND/HA)	DENSIDAD (IND/28 HA)
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	433	12,124
<i>Vitex gaumeri</i>	144	4,032
<i>Ficus cotinifolia</i>	144	4,032
<i>Metropium brownei</i>	144	4,032
Total	865	24,220

La segunda plantación se propone con individuos intolerantes a la luz, individuos que no fueron registrados en el estrato arbóreo del predio, pero si abundantes en el estrato arbustivo y herbáceo, estas especies fueron *Lonchocarpus rugosus*, *Ardisia escallonioides*, *Psychotria nervosa* y *Randia aculeata*. La densidad de plantación se proponen 865 individuos por hectárea para los individuos debajo del dosel. En el **Cuadro XVI:2**, se presentan las densidades propuestas para cada una.

Cuadro XVI:2. Evaluación económica de los recursos naturales del predio.

ESPECIE	DENSIDAD (IND/HA)	DENSIDAD (IND/28 HA)
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	217	6,076
<i>Ardisia escallonioides</i>	216	6,048
<i>Psychotria nervosa</i>	216	6,048
<i>Randia aculeata</i>	216	6,048
Total	865	24,220

Finalmente, la reposición de planta para el estrato arbóreo, se propone con *Sabal yapa* y *Thrinax radiata* ya que son dos palmas registradas en el estrato arbóreo y herbáceo en bajas densidades, y son ecológica y económicamente importantes en las selvas del estado. Para la plantación del estrato herbáceo y arbustivo no se propone reposición de planta, ya que para este punto las especies del estrato arbóreo tendrán regeneración natural. Por otra parte, se propone reponer solo un 30% de la planta que muera por diversas situaciones que puedan ocurrir después del primer año de la reforestación, las densidades se presentan en el **Cuadro XVI:3.**

Cuadro XVI:3. Evaluación económica de los recursos naturales del predio.

Especie	Número de plantas
<i>Sabal yapa</i>	3,633
<i>Thrinax radiata</i>	3,633
Total	7,266

La restauración de una superficie sobre la que se ha llevado el cambio de uso de suelo en terreno forestal, requiere de la implementación de acciones diferentes a corto, mediano y largo plazo, las cuales están encaminadas a propiciar un medio adecuado para el desarrollo de la vegetación según su edad y requerimientos de hábitat.

XVI.2 ACTIVIDADES A CORTO PLAZO (1 AÑO)

Las actividades a corto plazo se refieren a aquellas que preparan la superficie a restaurar para recibir a las plantas que serán sembradas. También, contempla las primeras acciones para garantizar la sobrevivencia de las plantas, el mantenimiento y el monitoreo de la evolución de las siembras. En el **Cuadro XVI:4**, se enlistan las actividades a realizar a corto plazo.

Cuadro XVI:4. Actividades de restauración a corto plazo.

ACTIVIDAD, OBRA O PRÁCTICA	DESCRIPCIÓN
Producción y/o adquisición de planta de ciclo largo	<p>Se recomienda la producción de plantas a partir del material vegetal silvestre, ya sea a partir de semilla o propágulos. En caso de adquirir las plántulas, estas deberán cumplir con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Deberán presentar un color vigoroso• Follaje frondoso según la especie• Sin signos de enfermedades• Sin signos de ataque por plaga• Raíces sin daño aparente• Sin signos de deshidratación• Sin ramas rotas

ACTIVIDAD, OBRA O PRÁCTICA	DESCRIPCIÓN
Limpieza previa a la apertura de la cepa	Consiste en remover hierbas, hojas secas, costando ramas, trozas de madera, etc., con la finalidad de mantener el terreno accesible para la apertura de la cepa.
Apertura de cepa común	La cepa se consideró con 0.3 m de ancho por 0.3 m de largo por 0.3 m de profundidad.
Transporte de planta	El transporte de la planta se propone realizar en camiones de tres toneladas adaptados con tres camas para el trasporte de la planta, por lo que se estima que cada camión transporte 4,000 plantas.
Construcción de brecha corta fuego	Esta consiste en realizar una excavación de por lo menos 20 cm de profundidad y 40 cm de ancho, alrededor del predio.
Cercado	El área donde se pretenda realizar la reforestación requiere cercado para evitar factor de disturbio como el pastoreo, con la finalidad de evitar daño a la plantación y a la regeneración natural del área. Por tanto, se propone realizar un cerco con poste metálico y retenidas de madera cada 100 m, los postes separados 4 m entre ellos y tendrán un separador de alambre entre cada poste.
Riego manual	Riego manual con mochila aspersor o cubeta
Fertilización de hojosas	Para la fertilización de las plantas a sembrar, se recomienda únicamente el uso de compuestos orgánicos, o aprobados por la legislación aplicable.
Asistencia técnica	Esta actividad tiene el fin de evaluar el desarrollo de las actividades de restauración en esta primera etapa

XVI.3 ACTIVIDADES A MEDIANO PLAZO (2 A 5 AÑOS)

Las actividades a mediano plazo tienen el propósito de dar mantenimiento a la reforestación y reponer la planta muerta para asegurar la máxima sobrevivencia En el **Cuadro XVI:5**, se enlistan las actividades a realizar a mediano plazo.

Cuadro XVI:5. Actividades de restauración a medio plazo.

ACTIVIDAD, OBRA O PRÁCTICA	DESCRIPCIÓN
Producción y/o adquisición de planta para reposición	Se propone reponer un 30% de la planta que muera por diversas situaciones que puedan ocurrir después del primer año de la reforestación.
Limpieza, podas o desrames	En general se trata de mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas sembradas, removiendo hierbas, costando ramas y hojas secas, limpiando el terreno y manteniendo la funcionalidad de la brecha.
Brecha corta fuego (3 años)	
Vigilancia para evitar afectaciones antropogénicas	Se debe mantener el predio en vigilancia con el fin de evitar daños sobre las plantas sembradas.
Asistencia técnica	Para la evaluación de los resultados de esta etapa.

XVI.4 ACTIVIDADES A LARGO PLAZO (>5 AÑOS)

Finalmente a largo plazo, se prevé la evaluación de los indicadores que determinen el grado de éxito de las actividades de restauración.

XVI.5 COSTOS DE LA RESTAURACIÓN

Para la estimación de los costos de la restauración se tomó como base los costos de los Apoyos 2016 de la CONAFOR, los cuales son presentados en el **Cuadro XVI:6** de acuerdo a las actividades mencionadas anteriormente y los plazos establecidos

Cuadro XVI:6. Costos de la restauración a corto, mediano y largo plazo.

Actividades	Costo unitario	Unidad de medida	Cantidad por hectárea	Costo por hectárea	Costo del proyecto
Corto plazo (1 año)					
Producción de planta de ciclo corto	\$2.50	planta	865	\$2,162.50	\$60,550.00
Limpieza de terreno	\$12.00	planta	865	\$10,380.00	\$290,640.00
Apertura de la cepa	\$2.89	planta	865	\$2,499.85	\$69,995.80
Transporte de la planta	\$0.34	planta	865	\$294.10	\$8,234.80
Asistencia técnica	\$1,500.00	ha	1	\$1,500.00	\$42,000.00
Brechas corta fuego	\$5,487.00	km	-	-	\$16,570.74
Cercado de postes de madera	\$26,193.00	km	-	-	\$79,102.86
Riego manual	\$2.16	planta	865	\$1,868.40	\$52,315.20
Fertilización	\$2.50	planta	865	\$2,162.50	\$60,550.00
Asistencia técnica	\$1,500.00	hectárea	1	\$1,500.00	\$42,000.00
Total (Corto plazo)					\$721,959.40
Mediano plazo (2 - 5 años)					
Mantenimiento					\$547,190.00
Limpieza, podas o despalmes (5 años)	\$12.00	planta	865	\$10,380.00	\$290,640.00
Brecha corta Fuego (3 años)	\$1,000.00	km	1	\$1,000.00	\$28,000.00
Fertilización	\$2.50	planta	865	\$2,162.50	\$60,550.00
Vigilancia para evitar afectaciones antropogénicas	\$500.00	visitas	4	\$2,000.00	\$56,000.00
Asistencia técnica	\$1,500.00	visitas	1	\$1,500.00	\$42,000.00
Evaluación de sobrevivencia (5 años)	\$2,500.00	visitas	1	\$2,500.00	\$70,000.00
Reposición de planta (30%)					\$106,428.00
Producción de planta de ciclo corto	\$2.50	planta	260	\$650.00	\$18,200.00
Transporte de la planta	\$0.34	planta	260	\$88.40	\$2,475.20
Apertura de la cepa	\$2.89	planta	260	\$751.40	\$21,039.20
Plantación	\$3.12	planta	260	\$811.20	\$22,713.60
Asistencia técnica	\$1,500.00	hectárea	1	\$1,500.00	\$42,000.00
Total (Mediano plazo)					\$653,618.00

Actividades	Costo unitario	Unidad de medida	Cantidad por hectárea	Costo por hectárea	Costo del proyecto
Largo plazo (5-15años)					
Producción de planta de ciclo corto	\$2.50	planta	865	\$2,162.50	\$60,550.00
Apertura de la cepa	\$3.12	planta	865	\$2,698.80	\$75,566.40
Transporte de la planta	\$0.34	planta	865	\$294.10	\$8,234.80
Riego manual	\$2.16	planta	865	\$1,868.40	\$52,315.20
Fertilización	\$2.50	planta	865	\$2,162.50	\$60,550.00
Brecha corta fuego (3 años)	\$1,000.00	km	10	\$10,000.00	\$280,000.00
Vigilancia para evitar afectaciones antropogénicas	\$500.00	visitas	10	\$5,000.00	\$140,000.00
Asistencia técnica	\$750.00	visitas	10	\$7,500.00	\$210,000.00
Medición de indicadores que den muestra del éxito de la restauración	\$3,500.00	visitas	10	\$35,000.00	\$980,000.00
Imprevistos	-	-	-	-	\$100,000.00
Total (Largo plazo)					\$1,967,216.40
Total general					\$3,342,793.80

Con base en los valores obtenidos, el costo de la restauración es \$3, 342, 793.80 para los tres plazos establecidos (corto, mediano y largo), con un tiempo máximo de cinco años. Los costos a corto plazo se estimaron en \$721, 959.40, en este incluye principalmente la plantación inicial. Por otra parte, se propone una densidad de 865 individuos por hectárea, ya que de acuerdo con la CONAFOR, es la densidad idónea para las selvas y zonas áridas.

Por otro lado, para las actividades a mediano plazo se estimó un costo de \$653,618.00, incluyendo limpieza, podas y despalmes, mantenimiento de la brecha corta fuego, la fertilización, vigilancia para detectar agentes patógenos y reposición de la planta muerta durante el proceso de aclimatación. Finalmente, en 5 a 10 años se proponen las actividades de largo plazo, las cuales consisten principalmente es el mantenimiento y medición del éxito de la reforestación, el costo estimado es \$1, 967, 216.40.

XVII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

XVII.1 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., & Villarreal, H. 2006.** Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Arellano M., J. J. L. 1994.** La degradación de suelo por erosión hídrica en Chiapas: evaluación y principios tecnológicos para su control. Tesis Profesional. Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. México.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000.** Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios. Boletín. Octubre 2015.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2002.** "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Bautista, F., E. Batilori-Sampedro, G. Palacio, M. Ortiz-Pérez y M. Castillo-González. 2005.** Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán, p. 33-58. En F. Bautista y G. Palacio (Eds). Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p.
- Bautista-Zuñiga F., Cram-Heydrich S. y Sommer Cervantes I. 2004.** Suelos. En: Bautista-Zuñiga F., Delfin-Gonzalez H., Palacio Prieto J.L. y Delgado-Carranza M.C. pp. 73-115. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, UNAM, México, D.F.
- Berger J. 1997.** Population constraints associated with the use of black rhino as an umbrella species for desert herbivores. Cons. Biol. 11: 69-78.
- Bezaury-Creel J.E., J. Fco. Torres, L. M. Ochoa. 2007.** Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales del Distrito Federal y Municipales de México - Versión 1.0, Agosto 30, 2007. The Nature Conservancy / PRONATURA A.C / Comisión Nacional

- para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management), 1980.** Visual resource management program. Government Printing Office, Washington D.C.
- Butterlin, J. y F. Bonet.** 1963. Carta Geológica de la Península de Yucatán. Ingeniería Hidráulica en México. En Morán C. D., 1984. Geología de la República Mexicana
- Campbell J.** 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan and Belize. University of Oklahoma Press Norman, Oklahoma 380 p.
- Campo, A. M. y Duval, V. S. 2014.** Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). En: Anales de Geografía de la Universidad Complutense (Vol. 34, No. 2, pp. 25-42).
- Caro T, O'Doherty G. 1999.** On the use of surrogate species in conservation biology. Cons. Biol. 13: 805-814.
- Caro T., 2003.** Umbrella species: critique and lessons from East Africa. Anim. Cons. 6: 171-181.
- Carreón-Santos R.J. y Valdez-Hernández J.I. 2014.** Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de un selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 20:119-129.
- Cancino J. 2006.** Dendrometría básica. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Concepción, Chile.
- Casanoves F., L. Pla, J. A. Di Rienzo (Eds.). 2011.** Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, C.R. 84 p.
- Cervantes, A. 2007.** El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán. Teoría y Praxis, (3), 143-152.CICY. 2016. Jardín Botánico Regional "Roger Orellana" CICY. Vivero de Plantas Nativas Registro: SEMARNAT-UMA-JB-0169-YUC-09. <<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/JBR/2016>Listado-de-plantas-vivero-MAYO2016.pdf>> (Consultado 26 de agosto de 2016).
- Charvet G., 2009.** Exploration, modeling and management of groundwater resources in Northern Quintana Roo, Mexico. Master Thesis. Technical University of Denmark.
- Chow V. T., D. Maidment, L. Mays. 1994.** Hidrología Aplicada. McGraw-Hill
- CONAFOR. 2003.** SIRE-Paquete Tecnológico. *Tabebuia chrysanthra* (Jacq.) Nicholson. Comisión Nacional Forestal. Disponible en:<<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1006Tabebuia%20chrysanthra.pdf>>
- CONAFOR. 2016.** SIPRE. Sistema de precios de productos forestales maderables. 2016. Trimestre II. <<http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/economica/sipre>> (Consultado 26 de agosto de 2016).CONAGUA, 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en

- el acuífero Cerros y Valles, Estado de Quintana Roo, Comisión Nacional del Agua, Subgerencia Técnica.
- CONAFOR. 2013.** Inventario Estatal Forestal y de Suelos Quintana Roo 2013. Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco.
- CONAFOR. 2012.** Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco.
- CONANP, 2014.** Datos espaciales de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México construidos con apego a decretos de creación publicados en el Diario Oficial de la Federación 1917-2013. Manejo de datos espaciales con herramientas de los sistemas de información geográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Diciembre 2014.
- Conesa Fernández. 1997.** Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- INEGI. 2000.** Conjunto de datos vectoriales fisiográficos de Quintana Roo, escala 1:1,000,000, Serie I.
- Cortés, T.H.G. 1991.** Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 168 pp.
- Costanza, R; d'Arge, R; de Groot, R; Farber, S; Grasso, M; Hannon, B; Limburg, K; Naeem, S; O'Neill, RV; Paruelo, J; Raskin, RG; Sutton, P; van den Belt, M. 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Cruz G. B., 2003.** La cuenca como unidad de planeación ambiental. En: 4º Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. 2003. Dirección general de Investigación de Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.
- Curtis J.T. y McIntosh R.P. 1951.** An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32:476-496.
- De Alba E. y Reyes M.A. 1998.** Valoración económica de los Recursos Biológicos del país. En: CONABIO. La diversidad biológica de México: Estudio de País, pp. 211-236, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Díaz, S; Lavorel, S; Chapin III, FS; Tecco, PA; Gurvich, DE; Grigulis, K. 2006.** Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. In *Terrestrial ecosystems in a changing World*. Canadell, J; Pitelka, LF; Pataki, D. Eds. p. 103-113.
- De las Salas, G., & Olmos, C. G. 2000.** Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales Contrastantes en la Cuenca del río San Cristóbal. Bogotá. Revista Académica. Colombiana de Ciencias, 24(91), 205-218.

- De la Vega A. 2015.** Estudio de Mercado. Inteligencia y Estrategia Comercial, Cancún, Quintana Roo. Díaz, S; Lavorel, S; Stuart Chapin, F; Tecco, PA; Gurvich, DE; Grigulist, K. 2007. Functional Diversity – at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental.
- Desmet, P. J. J., and G. Govers. 1996.** Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies, Int. J. Geogr. Inf. Syst., 10, 311 – 331
- Diario Oficial de la Federación. 27 de marzo de 2015.** NORMA Oficial Mexicana NOM011CONAGUA2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
- Díaz S., Lavorel S; Chapin III FS., Tecco P.A., Gurvich D.E. y Grigulis K. 2006.** Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En: Canadell J; Pitelka LF y Pataki D. Eds. Terrestrial ecosystems in a changing World, pp. 103-113, Springer Science y Business Media, Nueva York.
- Duno de Stedano R. 2010.** Leguminosas. En: Durán R. y Méndez M. Eds. Biodiversidad y Desarrollo Huamno en Yucatán, p. 188, CICY, CONABIO, SEDUMA, Yucatán.
- EspaÑol, I. 2006.** Evaluación del Impacto Ambiental de Planes de Ordenamiento del Territorio y Urbanismo. En: Abellán, M. A. La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales (Vol. 48). Univ de Castilla La Mancha.
- Espinosa, G. 2001.** Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo, Chile (Coed.).183 pp.
- Favreau J, Drew A, Hess G, Rubino M, Koch F, Eschelbach K. 2006.** Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. Biodiv. Cons. 15: 3949-3969.
- Fernández-Carnevali G.C., Tapia-Muñoz J.L., Duno de Stefano R., Rámirez-Morillo I.M., Can Itza L., Hernández-Aguilar S. y Castillo A. 2012.** La flora de la Península de Yucatán Mexicana: 250 años de conocimiento florístico. Biodiversitas, 101:6-10.
- Ferriol-Molina, M. y Merle-Farinós, H. 2015.** Los componentes alfa, beta y gamma de la diversidad. Aplicaciones al estudio de comunidades vegetales. <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20%20articulo%20docente%20def.pdf?sequence=1>> (consultado 31 de agosto de 2016). Filters. In: Canadell, JG; Pataki, DE; Pitelka, LF. Terrestrial Ecosystems in a Changing World. Springer-Verlag, Nueva York. P. 81-91.
- Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. González-Porter. 1995.** Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publ. Esp. Museo Zool., Univ. Nac. Aut. México (10):1-285.

- Fragoso, L. P. 2003.** Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Grande” municipio de Tancítaro, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, 2003.
- Foster, P. W. 1975.** Introducción a la Ciencia Ambiental. México, El Ateneo, 186 p.
- Forster R., H. Albrecht, M. Belisle, A. Caballero, H. Galletti, O. Lacayo, S. Ortiz y D. Robinson. 2002.** Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. Universidad de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 158 p.
- Gann G.D. y Lamb D. 2006.** Un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida. <http://www.ser.org/docs/default-document-library/ser-iucn-global-rationale_spanish.pdf> (consultado 27 de agosto de 2016)
- García E. 2003.** Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Investigaciones Geográficas (Mx) [en línea] abril de 2003.
- García, E. 1981.** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246 p.
- García-Esteban L., Guindeo-Casasus A., Peraza-Oramas C. y Palacios de Palacios P. 2003.** La madera y su anatomía. Muni-Prensa. México, D.F.
- Godínez-Ibarra O. y López-Mata L. 2002.** Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie botánica, 73:283-314.
- Gómez Orea. 1999.** Evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Gutiérrez M. A y Cervantes M. A. 2008b.** Estudios Realizados en el Acuífero Norte de Quintana Roo, México, p9-35. En Gutiérrez M. A y Cervantes M. A. (Eds) Estudio Geohidrológico del Norte de Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- Hitt NP, Frissell CA. 2004.** A case study of surrogate species in aquatic conservation planning. Aquat. Cons.: Mar. Freshw. Ecosyst. 14: 625-633.
- INEGI, 2004.** Guía para la interpretación de cartografía edafológica.
- INIFAP. 2010.** Propuesta de ordenamiento productivo de las regiones áridas y semiáridas del estado de Coahuila. INIFAP-SAGARPA. Centro de Investigación Regional Noreste. Hidrológico-ambiental. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- INIFAP. 2010.** Propuesta de ordenamiento productivo de las regiones áridas y semiáridas del estado de Coahuila. INIFAP-SAGARPA. Centro de Investigación Regional Noreste.
- INEGI. 2005.** Guía para la interpretación cartográfica de uso del suelo y vegetación Serie III. INEGI, México, D.F.
- INEGI, 2005.** Guía para la interpretación de Cartografía Geológica.

- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007.** Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Johnson, M. P. 2001.** Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda. *Environment and Planning A*, 33(4), 717-735.
- Leigue-Gómez J.W. 2011.** Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonía Boliviana. *Acta Amazónica*, 41:135-142.
- La, H. P., Eo, Y. D., Kim, J. H., Kim, C., Pyeon, M. W., & Song, H. S. 2013.** Analysis of Correlation between Canopy Cover and Vegetation Indices. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 7(11): 10-17.
- Li Fengli (2012)** On forests' role in protecting ecological environment. *Priv Technol* (07):2-3
- Lee, J. 2000.** A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world. Cornell University Press, Ithaca NY, 402 p.
- Lugo Hubp, J., J. F. Acevedo Quesada, R. Espinaza Pereña, 1992.** Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Revista del Instituto de Geología*, 9:2: 143-150.
- Noss R, Quigley H, Hornocker M, Merrill T y Paquet P. 1996.** Conservation Biology and Carnivore Conservation in the Rocky Mountains. *Cons. Biol.* 10: 949-963.
- Magurran A. E. 2013.** Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford.
- Magurran, A. E. 2013.** Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.
- Mandujano, S. y J. M. Aranda. 1993.** Conteo de venados (*Odocoileus virginianus*: CERVIDAE) en transectos: recomendaciones para su aplicación. *Revista BIOTAM* 5: 43-46.
- Mandujano-Rodríguez, S. 2011.** Conceptos generales de ecología poblacional en el manejo de fauna silvestre. En: Gallina-Tesarro, S. y López-González, C., Eds. Manual de Técnicas para el estudio de la fauna, pp. 37-60, Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC.
- Masera O. R., A. D. Cerón y A. Ordóñez. 2001.** Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns.. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6: 291–312, 2001. © 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- McCool, D.K., L.C. Brown, and G.R. Foster, 1987.** Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, vol. 30, pp. 1387-1396.
- Meza, V., F. Mora, E. Chaves, W. Fonseca. 2003.** Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el trópico húmedo de costa rica. XII Congreso Forestal Mundial, Quebec City, Canadá. FAO.
- Margalef. R. 1995.** Ecología. Omega. Barcelona, España. Miranda F. y Hernández X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. UNAM-ENA. México, D.F.

- Miranda F. 1959.** La vegetación de la Península de Yucatán, En: Beltrán E. Ed. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento, pp. 215-271, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Moreno-D. A.; Renner-I. 2007.** Gestión integral de cuencas. La experiencia del proyecto regional de cuencas andinas. Centro Internacional de la Papa y Gobierno de Alemania. Lima, Perú. 234
- Moncada J., P. 2007.** Evaluación y perspectivas del crecimiento turístico en el caribe mexicano (Quintana Roo, México). Tesis de Doctorado. Universidad Antonio de Nebrija.
- Noss R, Quigley H, Hornocker M, Merrill T, Paquet P. 1996.** Conservation Biology and Carnivore Conservation in the Rocky Mountains. *Cons. Biol.* 10: 949-963.
- Olmsted C. I., López A. y Durán R. 1983.** Vegetación de Sian Ka'an. En: CIQROO. Ed. Sian Ka'an, estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como Reserva de la Biosfera, pp. 63-83, Centro de Investigaciones Científicas de Quintana Roo A.C., Quintana Roo.
- Pérez D. J., Villalobos D.M., Rosete V. F., Salinas C. E., Remond N. y Navarro S. E. 2011.** Proyecto N° INE/ADA-016/2011: Elaboración de la cartografía del uso del suelo y de la vegetación en México, del período 1976-2008, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT (www.ine.gob.mx/emapas/).
- Pérez N. S. 2013.** Erosión hídrica en cuencas costeras de Chiapas y estrategias para su restauración hidrológico-ambiental. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Periódico Oficial del estado de Quintana Roo. 2014.** Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. < <http://sema.qroo.gob.mx/bitacora/index.php/descargas-de-ordenamientos-y-plaes-de-manejo/programa-de-ordenamiento-ecologico-local-del-municipio-de-benito-juarez#> (Consultado abril 2016)
- Pielou, E. C. 1966.** The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13:131-144.
- Pla, L. 2006.** Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31:583-590.
- Pope, K. O., A. C. Ocampo, G. L. Kinsland, and R. Smith. 1996.** Surface expression of the Chicxulub Crater. *Geology* 24:527-530.
- Porras I. T. 2003.** Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: consideraciones metodológicas. International Institute for Environment and Development (IIED) Presentado en el III Congreso Latinoamericano de Protección de Cuencas. Arequipa, 9-13 de junio de 2003
- Prezas H., B. 2011.** Áreas Naturales Protegidas de Quintana Roo. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su

- conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
- Reid, F. 1997.** A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press, Nueva York. 400 p.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K, and Yoder, D.C., coordinators.** 1987. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Roberger y Angelstam, 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Cons. Biol.* 18: 76-85.
- Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Kunze T., Culham A., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., eds. 2015.** Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2015 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2015. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands.
- Santacruz De León, G. 2011.** Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahóacán, Chiapas, México.
- Sarabia, A. 1985.** Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. IICA. Serie Desarrollo Institucional. San José, Costa Rica. 265 p.
- Sánchez, F. J. 2011.-** Medidas puntuales de permeabilidad. Universidad de Salamanca, 13 pp. (En: <http://hidrologia.usal.es>)Sánchez O. S., L. Mendizábal, S. Calmé. Recuperación foliar en un acáhuil después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica del Eden, Quintana Roo. *Forest Veracruzana*, Vol. 8, Núm. 1. 2006, pp. 37-42. Recursos Genéticos Forestales, México.
- Santacruz De León, G. 2011.** Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahóacán, Chiapas, México.
- Scalenghe, R., & Marsan, F. A. 2009.** The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90(1), 1-10
- Sélem-Salas, C.I. Sosa-Escalante, J. y Hernández-Betancourt, S. 2004.** Aves y mamíferos En: Bautista-Zúñiga, F., Delfín-González, H., Palacio Prieto, J.L. y Delgado-Carranza, M.C. Eds.. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, pp. 269-303, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Instituto Nacional de Ecología.
- Schmidt, H., & Karnieli, A. 2000.** Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of arid environments*, 45(1): 43-59.SEMARNAT-UACH. 2003. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1,000,000. Memoria 2001-2002.
- Shannon C. E. y Weaver W. 1964.** The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Smith T.M. y Smith R.L. 2007.** Ecología Sexta edición. Editorial Pearson. Madrid, España.

- Sociedad Hipotecaria Federal. 2012.** México: Rezago habitacional, Demanda de vivienda 2012 y Bono demográfico. Disponible en <http://www.shf.gob.mx/estadisticas/EstudiosVivienda/Documents/Rezago%20habitacional%20y%20Demandade%20de%20vivienda%202012.pdf>
- Sotomayor C. J. R., 2005.** Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. Investigación e ingeniería de la madera. Vol. 1, Núm. 1, Morelia, Michoacán, México, Junio 2005.
- Southworth, C. S., 1994.** Structural and hydrologic applications of remote sensing data, Eastern Yucatán Peninsula, México. Proceedings of the first multidisciplinary Conference on Sinkholes/Orlando, Florida.15-17 oct 1984.
- Suriyaprasit, M., y D. P. Shrestha. 2008.** Deriving Land Use and Canopy Cover Factor from Remote Sensing and Field Data in Inaccessible Mountainous Terrain for Use in Soil Erosion Modelling. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(PartB7): 1747-1750.
- Toledo A. 1998.** Economía de la Biodiversidad. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F.
- Tulczyk, M. S., E. Perry, Ch. E. Duller y M. Villasuso. 1993.** Influence of the Holbox fracture on the karst geomorphology and hydrogeology of northen Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico. Applied Karst Geology, Beck (ed). Balkema, Rotterdam. Proceedings of the fourth Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impact of Karst Panama City/ Florida. 25-27 January 1993.
- Ugalde L.A. 1981.** Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica.
- Van der Knijff, JMf; Jones y R. J. A.; Montanarella, L. 1999.** Soil erosion risk assessment in Italy. JRC, European Commission.Vargas O. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Vidal Z. R. 2005.** Regiones Climáticas de México. Universidad Autónoma de México. México. D.F.
- Viñals M. J (Editora). 2002.** Turismo en espacios naturales y rurales II. Universidad Politécnica de Valencia. 345 p.
- Yeomans W. C. 1986.** Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.
- Wang, T., & Li, F. 2014.** Forest Indicator: Forest Area (% of Land Area). In Human Green Development Report 2014 (pp. 171-187). Springer Berlin Heidelberg.
- Weitzfeld, H. 1996.** Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud Segunda Edición. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de

Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (eds.). México.

Weitzfeld H. 1996. Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud Segunda Edición. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (eds.). México.

World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p

Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture.

Yeomans W. C. 1986. Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.

Zavala-Cruz J., David J. Palma, Carlos R. Fernández Cabrera, Antonio López Castañeda y Edgar Shirma. Degradación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT, COLPOS y PEMEX.