

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A

PROYECTO

AQUA RESIDENCIAL II

Avenida Mallorca, Lote 1-02, Manzana 01, Supermanzana 330 y
Ciudad de Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo

PROMOVENTE

BANCA MIFEL, S.A. FIDEICOMISO 642/2005

REALIZADO POR



Ing. For. Alejandro Martínez Ramírez

The logo for AQUA RESIDENCIAL features the word "AQUA" in a large, white, stylized font with a registered trademark symbol. The letter "Q" is replaced by a circular symbol containing a stylized water drop or wave. Below "AQUA", the word "RESIDENCIAL" is written in a smaller, white, sans-serif font.

AQUA[®]
RESIDENCIAL

ÍNDICE

DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE	1
NOMBRE DEL PROYECTO.....	1
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROMOVENTE.....	1
UBICACIÓN (DIRECCIÓN) DEL PROMOVENTE	1
SUPERFICIE SOLICITADA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y TIPO DE VEGETACIÓN FORESTAL	1
DURACIÓN DEL PROYECTO.....	1
USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO	2
OBJETIVO DEL PROYECTO	2
NATURALEZA DEL PROYECTO	3
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
PROGRAMA DE TRABAJO	7
UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO Y DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN DONDE SE PRETENDE REALIZAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO	11
UBICACIÓN DEL PREDIO DONDE SE UBICA EL PROYECTO	11
UBICACIÓN GRÁFICA DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOPOLÍTICA.....	12
UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN FÍSICA DE LA SUPERFICIE DEL PROYECTO	13
MODALIDADES DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA	15
DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO FORESTAL EN DONDE SE UBIQUE EL PREDIO.....	17
DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO	17
CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL.....	19
<i>Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema de la cuenca</i>	<i>19</i>
<i>Medio físico.....</i>	<i>21</i>
Clima	21
Geomorfología.....	23
Geología	26
Suelos.....	29
<i>Medio biológico.....</i>	<i>33</i>
Tipos de Vegetación.....	33
Índice de valor de importancia.....	54
Índice de diversidad.....	65
Fauna	76
DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PREDIO QUE INCLUYA LAS FINES A QUE ESTE DESTINADO	77
CLIMA	77
SUELO	78
PENDIENTE MEDIA	79
HIDROGRAFÍA.....	80
TIPOS DE VEGETACIÓN Y FLORA DEL PREDIO	82
<i>Método del inventario</i>	<i>82</i>
<i>Sitios de muestreo</i>	<i>83</i>
<i>Confiabilidad del muestreo</i>	<i>84</i>
<i>Tamaño de muestra.....</i>	<i>85</i>
<i>Listado de especies</i>	<i>88</i>
<i>Densidad y abundancia</i>	<i>91</i>
<i>Índice de valor de importancia.....</i>	<i>95</i>
<i>Índices de diversidad.....</i>	<i>101</i>
FAUNA	106
Aves.....	106

Anfibios y reptiles	107
Mamíferos menores.....	107
Resultados.....	108
Índices de diversidad.....	110
ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR ESPECIE DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	111
PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	119
VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER TIERRAS FRÁGILES	120
IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	121
IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	121
CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS	123
VALORACIÓN DE IMPACTOS	134
CONCLUSIONES.....	136
MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y LA FAUNA SILVESTRE, APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	139
DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	139
IMPACTOS RESIDUALES.....	148
SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO.....	150
PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD Y CANTIDAD	150
CAPTURA DE CARBONO.....	152
CAPTURA DE CONTAMINANTES	156
GENERACIÓN DE OXIGENO	156
AMORTIGUAMIENTO DEL IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES	157
MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA.....	159
PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, ECOSISTEMAS Y FORMAS DE VIDA.....	160
PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS	162
PAISAJE Y RECREACIÓN	171
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	175
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	176
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	176
<i>No se compromete la biodiversidad</i>	<i>176</i>
<i>No se provoca la erosión de suelos.</i>	<i>177</i>
<i>No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación.....</i>	<i>179</i>
<i>El uso alternativo de suelo es más productivo a largo plazo</i>	<i>181</i>
JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	182
DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y EN SU CASO DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN	183
RESPONSABLE TÉCNICO	183
REGISTRO FEDERAL DE CAUSANETE, CURP Y CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO	183
NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL	183
DOMICILIO PARA OIR Y RECIBIR NOTIFICACIONES	183
VINCULACIÓN Y APLICACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DE SUELO ..	184
LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.....	184

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.	185
LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	185
REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE.....	186
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..	187
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010.....	187
PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO	188
<i>Criterios generales</i>	190
<i>Criterios específicos</i>	206
Criterios específicos para el recurso agua.....	206
Criterios específicos para el recurso suelo y subsuelo	211
Criterios específicos para los recursos flora y fauna	215
Criterios específicos para el recurso paisaje	219
PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN, CANCÚN 2014-2030	225
DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	229
REGIONES PRIORITARIAS	230
<i>Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún-Tulum</i>	230
<i>Región terrestre prioritaria 146 Dzilam – Ría Lagartos – Yum Balam</i>	232
<i>Región marina prioritaria Dzilam - Contoy</i>	232
ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO.....	234
ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO.....	238
IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES....	242
BIBLIOGRAFÍA.....	242
INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	248

DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE

Nombre del proyecto

El proyecto para el cual se solicita el cambio de uso de suelo tiene por nombre Aqua Residencial II

Nombre o razón social del promovente

Banca MIFEL S. A. Fideicomiso 642/2005

Ubicación (dirección) del promovente

Superficie solicitada de cambio de uso de suelo y tipo de vegetación forestal

La superficie solicitada para el cambio de uso de suelo es de 28.84 ha (288,437 m²), equivalentes al 100% de la superficie total del predio.

Duración del proyecto

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

USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto Aqua Residencial II consiste en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación en parte de un predio cuya superficie es de 28.84 ha (288,437 m²), de manera particular se pretende:

- La urbanización y lotificación de un predio con una superficie total de 28.84 ha (288,437 m²), con el fin de poner a la venta lotes habitacionales y comerciales que contarán con todos los servicios.
- Contribuir al desarrollo del Centro Urbano Sur de Cancún, ya que de acuerdo con el PDU el predio ha sido destinado para el desarrollo urbano, y los usos que se le pretenden dar a los lotes que integran el proyecto son coherentes con lo señalado en este instrumento de planeación, situación que contribuirá a disminuir asentamientos irregulares en la ciudad y propiciará un desarrollo ordenado de la mancha urbana.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales que deriven de cambio de uso de suelo forestal a urbano, enfocado a las obras y actividades involucradas en el proceso de cambio de uso de suelo

La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo urbano, y en particular al uso habitacional y comercial, de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano aplicable. Sin embargo, es importante aclarar que el proyecto, sólo implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal, misma que debe ser evaluada por la Federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; por lo tanto, lo concerniente a la etapa constructiva del proyecto, o en su caso, al desarrollo del conjunto habitacional con la construcción de viviendas, será sometido a evaluación ante la autoridad competente, que en su caso, corresponde al Gobierno Estatal a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA).

Naturaleza del proyecto

Como se mencionó anteriormente el proyecto el proyecto consiste únicamente en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación para posteriormente dar paso a la construcción de un fraccionamiento conformado por lotes habitacionales, lotes comerciales, vialidades y áreas verdes, así como las obras necesarias para el suministro de los servicios básicos urbanos.

En cuanto a la urbanización pretendida posterior al cambio de uso de suelo, es pertinente señalar que el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto se encuentra inmerso en el Centro de Población de la Ciudad de Cancún, por lo cual se considera como zona de crecimiento urbano en el programa de desarrollo urbano aplicable, por lo que si bien aún no se cuenta con servicios en el predio, está previsto el suministro de todos los servicios básicos y de equipamiento que normalmente provee el Municipio de Benito Juárez cuando se crean nuevos fraccionamientos.

No obstante que el proyecto que se somete a evaluación de la autoridad Federal únicamente incluye el cambio de uso de suelo, a continuación se realiza una breve descripción de las obras de urbanización y servicios que se pretenden en la urbanización del predio.

- Lotificación.

La urbanización se desarrollará en un predio con una superficie de 288,437 m², ubicado en el área denominada Complejo Urbano Sur, antes Ejido Bonfil, de la ciudad de Cancún, Estado de Quintana Roo, Lote 01-02 Manzana 01, Supermanzana 330. El acceso al residencial será a través de la primera fase del Fraccionamiento, en su lado poniente, el cual actualmente cuenta con acceso por medio de la Avenida Guayacán.

El desarrollo contempla lotes con servicios para uso habitacional unifamiliar con un frente promedio de 9 m y fondo promedio de 20 m, lo cual deriva en superficies que varían de 180 m² hasta 216 m². Se contemplan además lotes condominales en los cuales se pretende generar proyectos habitacionales de departamentos y lotes comerciales (**Cuadro 1 y Figura 1**).

- Vialidades.

La estructura vial se compone por un bulevar de acceso con dos carriles vehiculares con una sección de 12 metros cada uno. Dicho boulevard, representa la vialidad principal del desarrollo, ya que conectará con la Fase I y se unirá con el circuito que rodeará el desarrollo, éste último, derivará finalmente a otras calles formando retornos. El extremo poniente del bulevar principal se conectará hacia el exterior con el proyecto de la Avenida Chac-Mool, este acceso a futuro tendrá un control de entrada y salida, para seguridad de los residentes. Cabe mencionar,

que en el punto de conexión con la Fase I se construirá una fuente monumental que dará la bienvenida a la Fase II (Aqua Residencial II).

Las vialidades principales serán conformadas con material de banco autorizado y pavimentadas con concreto hidráulico estampado de gran resistencia y durabilidad (MR 39 aproximadamente 380 Kg/cm²), las vialidades de retornos serán construidos con material permeable, tipo adocreto o similar. Las guarniciones de concreto se construirán, con su color natural y acabado escobillado, para contrastar con el color del pavimento estampado.

- Áreas verdes

En sentido norte-sur del fraccionamiento, se contará con un parque recreativo lineal el cual es el otro eje del proyecto, ya que por su ubicación tendrá acceso, desde todas las calles del fraccionamiento facilitando su uso y servicio a los residentes. Asimismo el boulevard principal tendrá en la parte central un área verde con un ancho promedio de 36 metros, en la cual se conformará un parque recreativo.

Todas las áreas verdes contarán con red de riego y aspersores para un correcto mantenimiento y se establecerán en dos formas: se mantendrá la vegetación nativa en parques, jardines y aéreas verdes menores, mientras que las áreas ocupadas por las terracerías serán reforestadas con la vegetación producto del rescate de flora, además se mejorará su aspecto con pasto tipo San Agustín, en la colindancia con las vialidades, con un ancho de 1 a 1.50 m.

- Servicios

La urbanización se llevará a cabo de manera integral, con base en la normatividad de la CAPA en el caso de la infraestructura hidráulica y de alcantarillado sanitario, así como lo correspondiente con la CFE para el caso de la electrificación y alumbrado público; todas las instalaciones serán subterráneas y se construirán las canalizaciones hasta la acometida de cada lote.

- Otros

Se definirá un reglamento interno de imagen arquitectónica que regule tanto las construcciones, en alturas y capacidad de construcción así como sus acabados exteriores, colores, mantenimiento y conservación de áreas verdes y permeables al interior de los lotes.

El propósito del Fraccionamiento es comercializar lotes con servicios y que cada adquirente diseñe y construya su vivienda acorde con la normatividad interna, así como lo establecido para el uso del suelo correspondiente y demás Dependencias por parte del Municipio.

Por último, en la totalidad del fraccionamiento contará con el perímetro bardeado con un muro de block de concreto con una altura de 3 m.

Cuadro 1. Lotes habitacionales y comerciales contemplados en la urbanización.

USO DE FRACCIONAMIENTO	LOTES	SUPERFICIE	%
Uso Habitacional Multifamiliar (H3M4)	4	159,744	55.38%
Uso Habitacional Unifamiliar (H3U)	854	11,597	4.02%
Uso Comercial	2	3,358	1.16%
Espejo de Agua	1	346	0.12%
Área verde de donación	7	29,082	10.08%
Área verde	47	9,007	3.12%
Vialidad	1	75,303	26.11%
SUPERFICIE TOTAL DEL PREDIO		288,437	100.00%



Figura 1. Usos de suelo según diseño Aqua Residencial II.

Justificación del proyecto

Existen diversos criterios que permiten sustentar el hecho de que el nuevo uso de suelo propuesto para el predio donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo es el adecuado, estos criterios son:

- Criterios técnicos

Uso de suelo coherente con los instrumentos de política ambiental. El nuevo uso de suelo que se pretende establecer con el proyecto Aqua Residencial II se encuentra acorde con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local 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 el mismo.

Uso de suelo coherente con el plan de desarrollo urbano. Al igual que el criterio anterior, el nuevo uso de suelo propuesto con el proyecto se encuentra en coherencia con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún al encontrarse en la zona definida por la zonificación del mismo como Zona de Crecimiento Urbano, dentro del cual se encuentra contemplado el uso habitacional y comercial.

Ubicación. El predio se localiza sobre la Av. Guayacán, en una zona que recientemente ha tenido un crecimiento urbano y por su colindancia con zonas residenciales, escuelas, relativa cercanía con el centro de la ciudad (10 min.) y cercanía al aeropuerto (10 min.) ha tenido una creciente plusvalía.

Accesibilidad. Se tiene acceso desde la Av. Guayacán, la cual colinda con la Av. Rojo Gómez (Kabah) y la Av. de los Colegios, la cual a su vez conecta con la Av. principal Luis Donald Colosio. Esta condición permite un acceso fácil y rápido desde cualquier punto de la ciudad o desde el Ejido Alfredo V. Bonfil.

Disponibilidad de servicios. Actualmente la zona circundante al sitio donde se desarrollará el fraccionamiento ya dispone de todos los servicios, por lo que la instalación de los mismos en el predio no será una limitante o impedimento.

- Criterios ambientales

Tipo de vegetación presente en el predio. El predio en donde se pretende llevar a cabo el proyecto Aqua Residencial II, 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.

Entorno urbano. El predio se encuentra en un entorno netamente urbano, de tal manera que ya se tienen un ambiente previamente fragmentado y fuera de lo que se puede considerar como corredor biológico para especies bandera como el jaguar.

Bajo riesgo de inundación. 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.

Estado actual del predio. El predio presenta evidencias claras de afectación ambiental derivadas de actividades humanas previas como saqueo de material vegetal y suelo, tiradero de basura, entre otros. En cuanto al efecto de los eventos climáticos que periódicamente inciden en la zona, se tiene el estado “secundario” que presenta la vegetación. En resumen, la cobertura vegetal dista mucho de considerarse como un ecosistema excepcional, más bien se trata, de un estado secundario con evidencias de afectación severa, que se identifican por el reducido número de árboles adultos, entre otros aspectos.

Programa de trabajo

Dado que Aqua Residencial II es un proyecto de urbanización cuyo fin es la venta de lotes con acceso a servicios básicos, el retiro de la cobertura vegetal será realizado en dos fases, cada una de las cuales contempla periodos de ejecución distintos tal y como se describe a continuación:

- Primera fase (desmonte para urbanización)

La primera fase tendrá una duración de cuatro meses, plazo que corresponde al tiempo requerido para la remoción de la cobertura vegetal en la superficie que estará ocupada por las áreas verdes, el espejo de agua, el área de equipamiento y las vialidades. Las actividades en esta fase 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.

Posterior a los primeros cuatro meses en los que se llevará a cabo el cambio de uso de suelo para la superficie señalada, se ejecutarán las actividades relacionadas con la urbanización del predio, 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 dicho periodo no se llevará a cabo remoción de vegetación y tendrá una duración de 8 meses, posterior a los cuales dará inicio la segunda fase (**Cuadro 2**).

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

DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS	MESES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Delimitación topográfica	█												
Marcaje de las plantas a rescatar	█	█											
Selección y construcción del vivero	█	█	█										
Preparación de sustrato													
Rescate de vegetación	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Rescate y reubicación de fauna	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Mantenimiento en vivero				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Reubicación de plantas					█	█	█	█	█	█	█	█	█
Desmonte	█	█	█	█	█								
Despalme	█	█	█	█	█								
Urbanización						█	█	█	█	█	█	█	█

En la siguiente **Figura 2** se muestra de forma gráfica las superficies donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo de acuerdo con las fases descritas anteriormente.

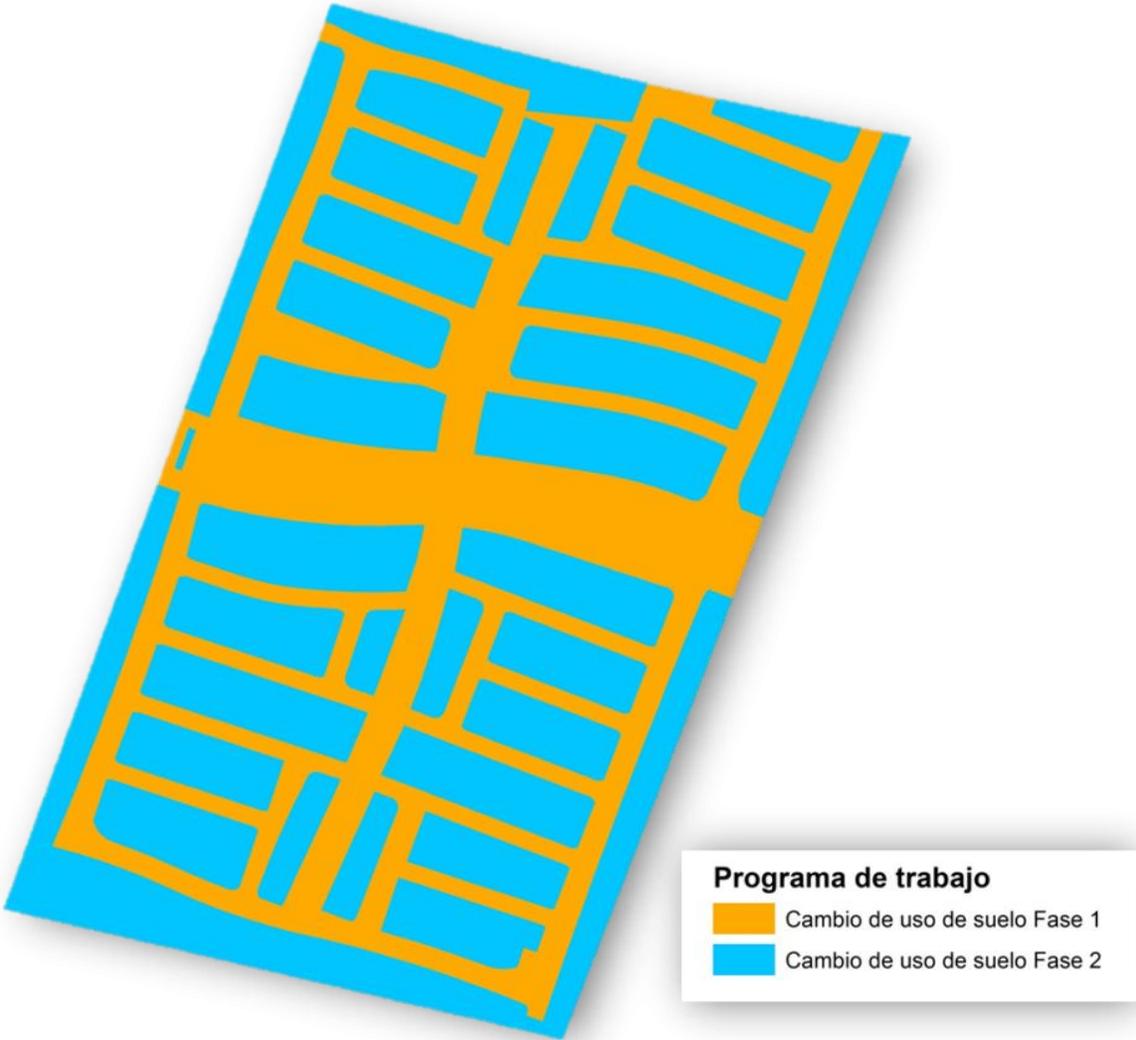


Figura 2. Representación de las fases del cambio de uso de suelo.

UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO Y DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN DONDE SE PRETENDE REALIZAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO

Ubicación del predio donde se ubica el proyecto

El predio forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al Lote 1-02, Manzana 01, Supermanzana 330, Avenida Villa Mallorca, antes Alfredo V. Bonfil, Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo, mismo que cuenta con una superficie de 288,437 m².

Asimismo, en términos de la cuenca hidrológico-forestal, el proyecto Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II. De acuerdo con la delimitación nacional de microcuencas SAGARPA-FIRCO, esta cuenca se encuentra dividida 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 3** se muestra el mapa de localización del proyecto Aqua Residencial II en el contexto de cuencas hidrológicas.

Ubicación gráfica de la ubicación geográfica y geopolítica

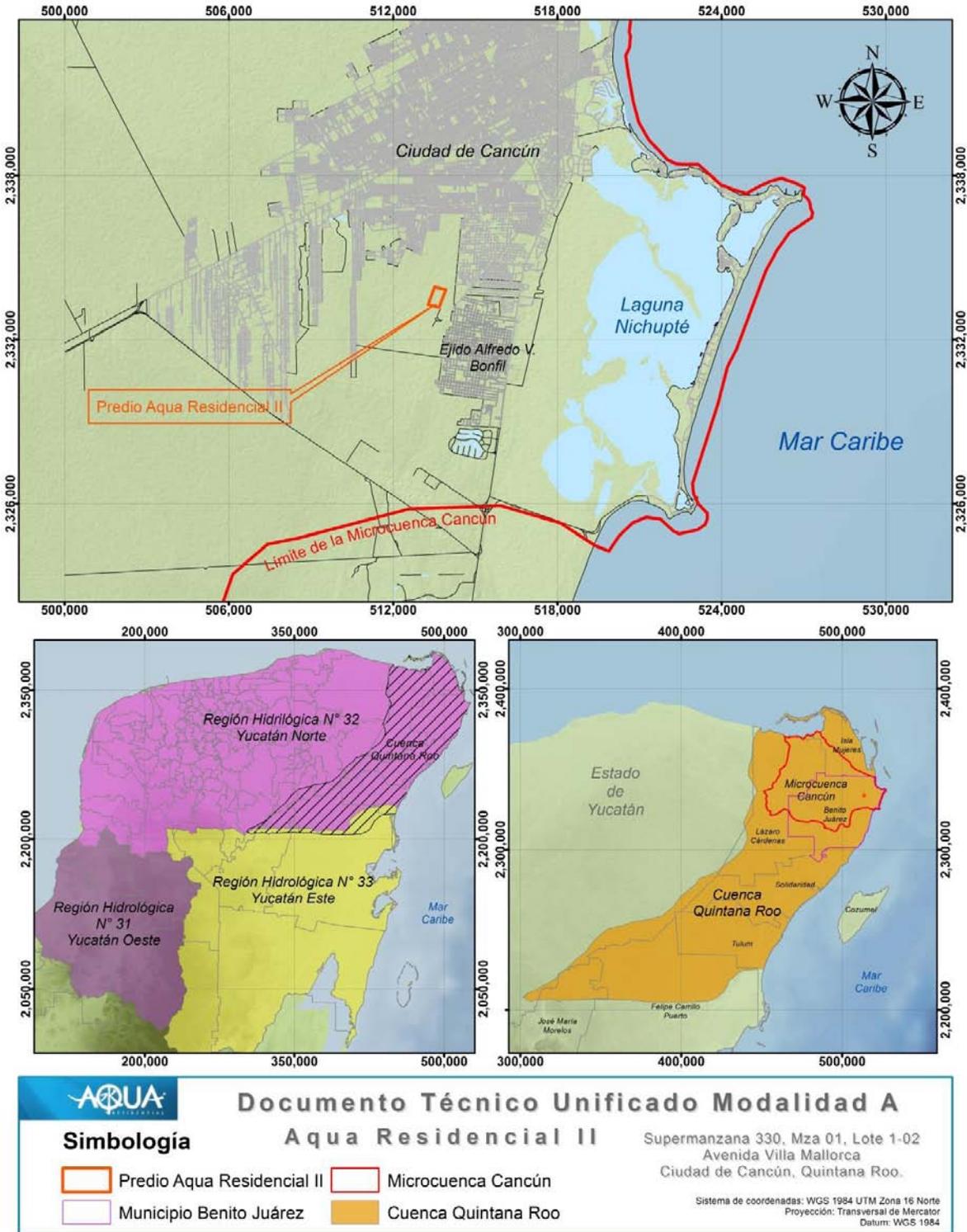


Figura 3. Localización Geográfica y Geopolítica del proyecto Aqua Residencial II. Fuente: Elaboración propia a partir del Marco Geoestadístico Nacional y la Red Hidrológica Nacional INEGI.

Ubicación y delimitación física de la superficie del proyecto

De acuerdo con el certificado de medidas y colindancias N° DCM/3791/2014, el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto Aqua Residencial II, se ubica en la Supermanzana 330, Manzana 01, Lote 1-02, Avenida Villa Mallorca, antes Alfredo V. Bonfil, Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. En el **Cuadro 4** se presentan las medidas y colindancias a las cuales se hace referencia el certificado en comento.

Cuadro 4. Medidas y colindancias del predio donde se ubica el proyecto Aqua Residencial II

DIRECCIÓN	DISTANCIA	UNIDAD	COLINDANCIA CON:
Norte	427.91	Metros	Avenida Villa Mallorca
Sur	412.77	Metros	Avenida Durango
Este	696.83	Metros	SMZA-330, MZA 01, Lote 1-03
Oeste	694.11	Metros	Avenida Chac-Mool

El cuadro de construcción del predio en coordenadas UTM Zona 16 Norte y Datum WGS84 se presenta en el **Cuadro 5**, y su representación gráfica en la **Figura 4**.

Cuadro 5. Cuadro de construcción del predio donde se ubica el proyecto Aqua Residencial II.

VÉRTICE	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	513929.502	2333831.44
2	513678.88	2333181.23
3	513276.946	2333275.2
4	513512.793	2333928.01
5	513564.367	2333913.83
6	513616.103	2333900.26
7	513667.992	2333887.28
8	513720.029	2333874.9
9	513772.205	2333863.12
10	513824.514	2333851.96
11	513876.948	2333841.39

Fuente: Elaboración propia a partir del plano topográfico proporcionado por el promovente

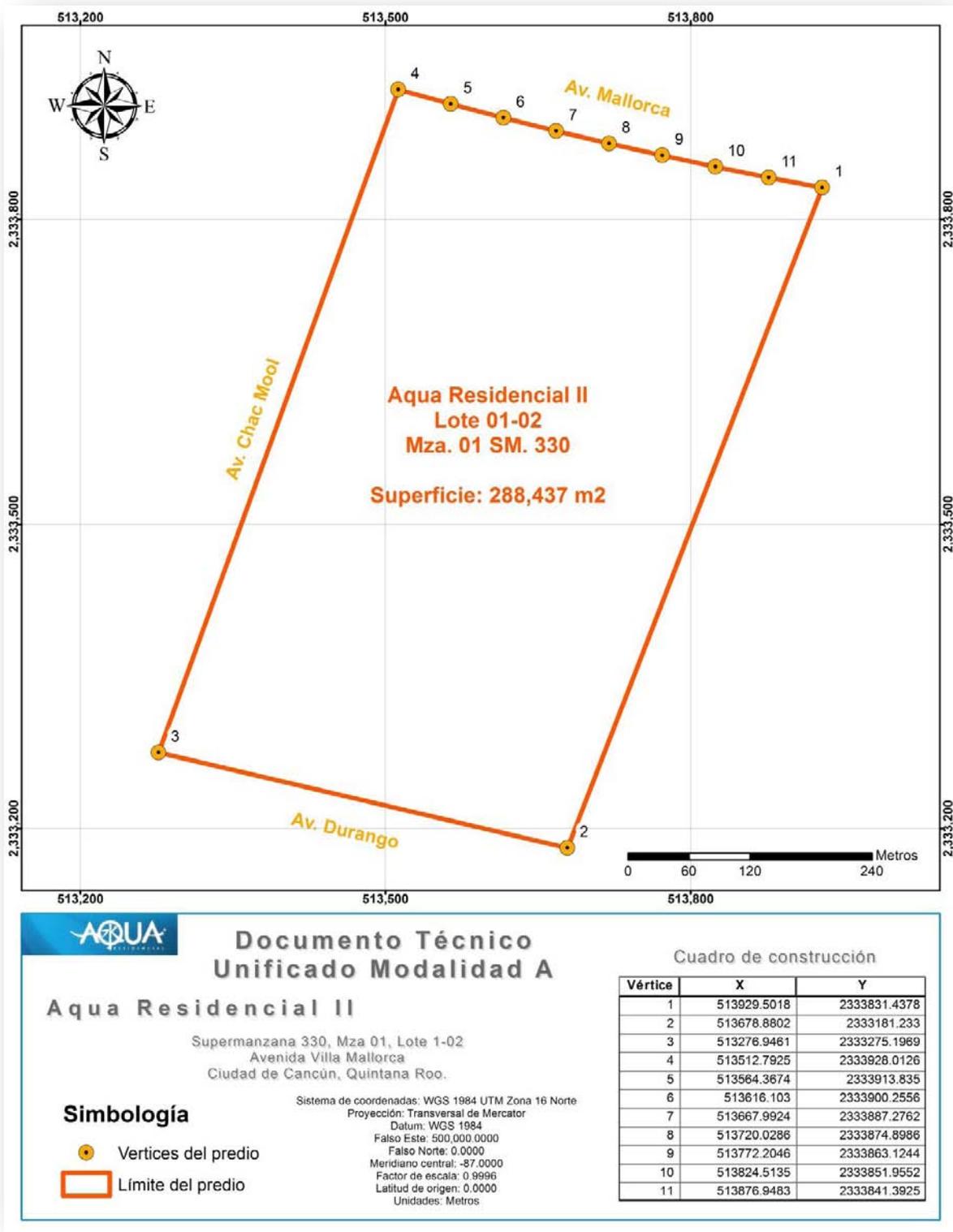


Figura 4. Localización del proyecto Aqua Residencial II. Fuente: Elaboración propia a partir del plano topográfico proporcionado por el promoviente.

Modalidades de Área Natural Protegida

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 6**), el proyecto Aqua Residencial II 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 5**).

Cuadro 6. 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	Estatal	41.48
Refugio de Flora y Fauna Laguna Manatí	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal	202.99
Refugio Estatal de Flora y Fauna Sistema Lagunar Chacmochuch	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal	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 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.

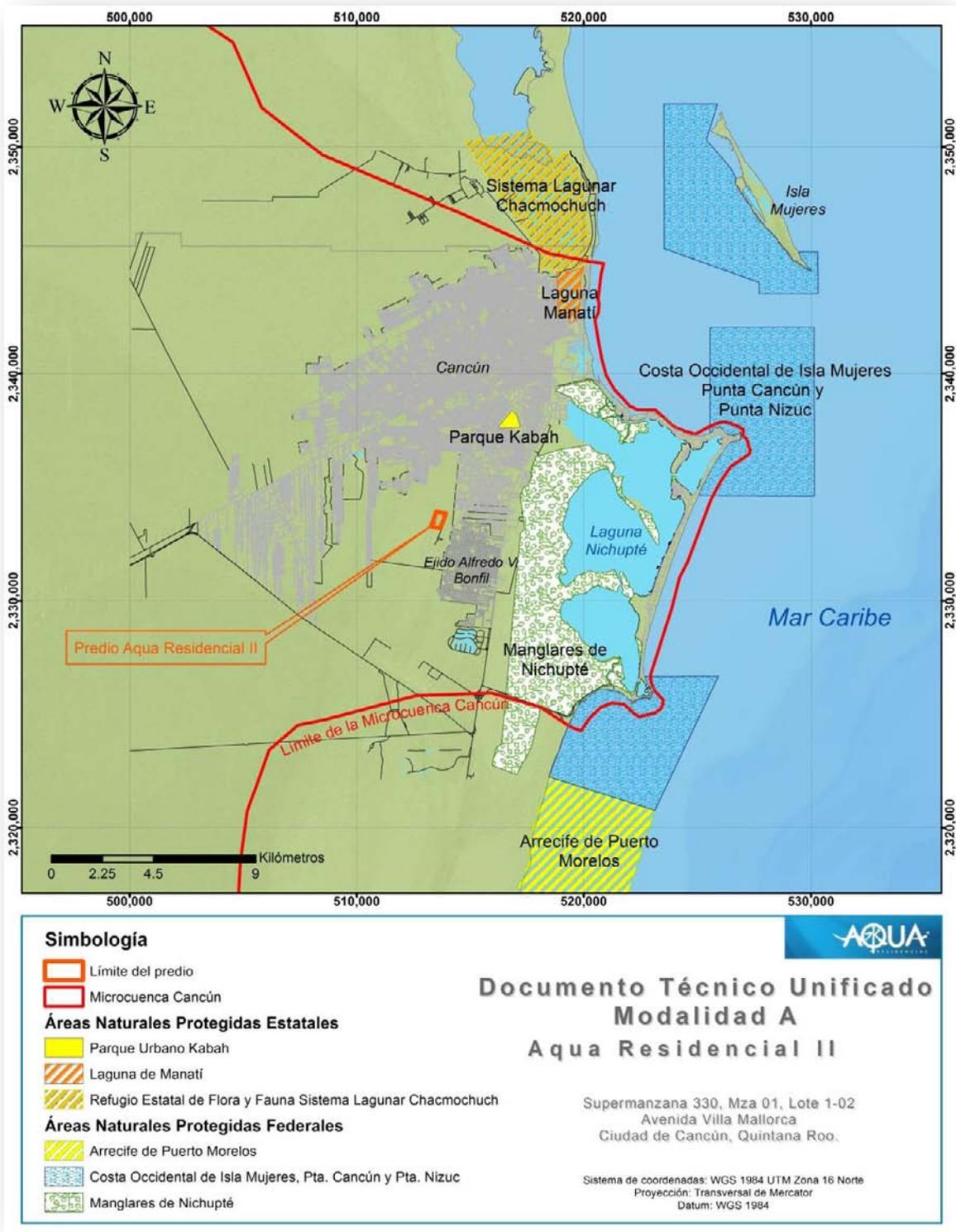


Figura 5. Áreas Naturales Protegidas. Elaboración propia a partir de la cartografía de la CONANP (Op. Cit).

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

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

⁴ Cruz G. B., 2003. La cuenca como unidad de planeación ambiental. En: 4° 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

medioambientales adversas, falta de aplicación de leyes, tecnologías inapropiadas, entre otros.

- 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 adecuado 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 6**)



Figura 6. Delimitación del Área de Estudio, Microcuenca 33-131-01-002 CANCÚN.

⁸ <http://www.semarnat.gob.mx/sigeia>

Caracterización y análisis de la Cuenca Hidrológico-Forestal

Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema 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 7)

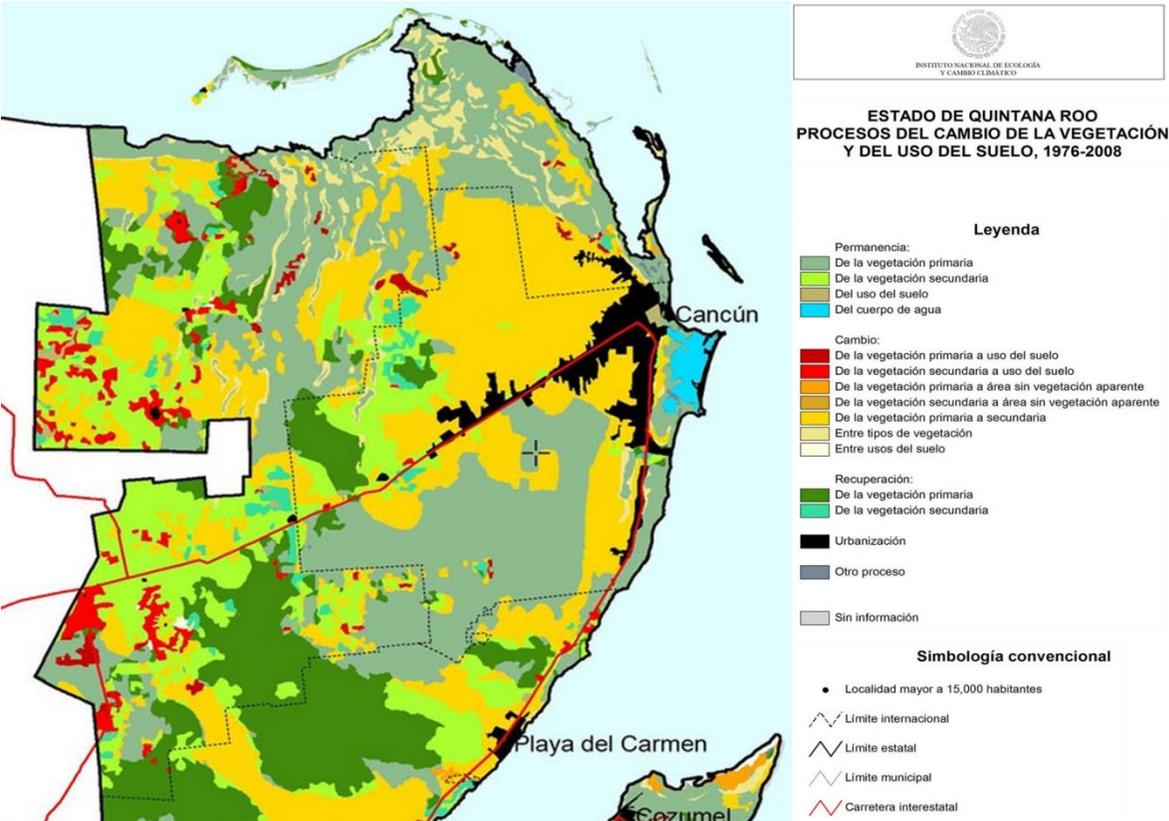


Figura 7. Procesos del cambio de la vegetación 1976-2008. Fuente: Pérez (2011)¹⁰

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

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 es 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 toco tierra el Huracán Gilberto en la Península de Yucatán, dicho fenómeno meteorológico generó un 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 Aqua Residencial II como se puede apreciar en la **Figura 8**, la cual corresponde a una foto área tomada por el INEGI en 1991.



Figura 8. Áreas afectadas por el incendio de 1989. En la foto se pueden observar los sitios que fueron afectados por el incendio de 1989 y los que no sufrieron afectación. FUENTE: INEGI. Fotografía área, 1991. Esc. 1:75 000.

en México, del período 1976-2008, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT (www.ine.gob.mx/emapas/).

Medio físico

Clima

De acuerdo con Vidal (2005)¹¹, en la república mexicana se pueden identificar 11 regiones climáticas, definidas a partir de su situación 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 en dicha región se debe principalmente a la fisiografía de escaso relieve y la disposición de los vientos. Dicha región se encuentra altamente influenciada por la manifestación de los vientos alisios con una fuerte componente del Este, estos vientos se intensifican en la estación caliente por el desplazamiento que, en esta época, sufre hacia el Norte la celda de alta presión Bermuda-Azores, provocando una mayor distancia recorrida por los vientos sobre el Océano Atlántico del Norte, lo cual conlleva al acarreo de abundante humedad. Por otro lado, la región en comento se encuentra influenciada también por procesos de tipo conectivo, además de la presencia de tormentas tropicales y huracanes, así como, 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 9).

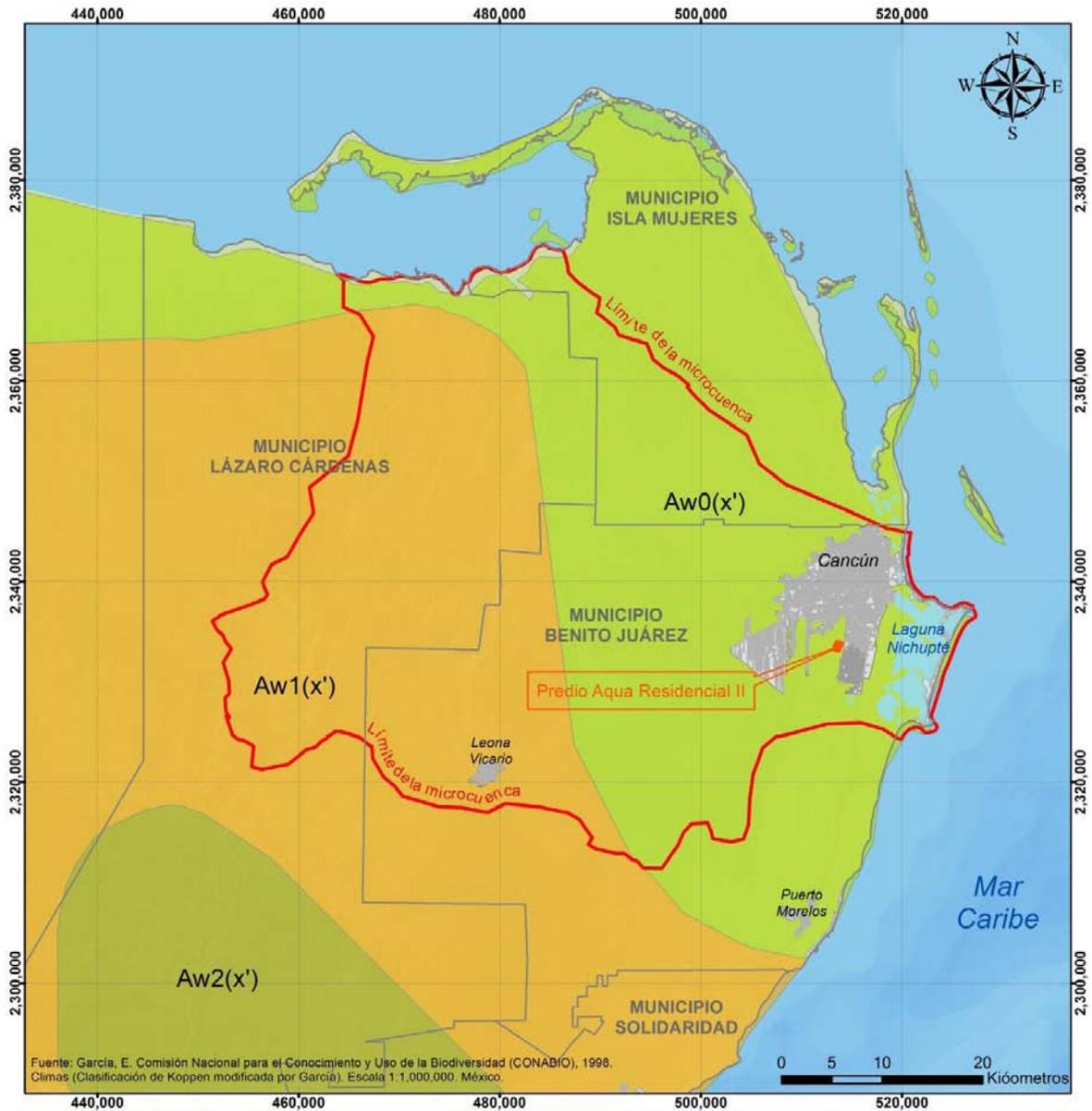
Sobre el extremo Noroeste de la microcuenca Cancún, se manifiesta un clima de tipo Aw0(x'), éste se define como cálido subhúmedo, siendo el menos húmedo de los climas subhúmedos, presentando un régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm y una temperatura media anual mayor a 22°C.

Así mismo, sobre el extremo Suroeste de la microcuenca de interés se manifiesta 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

Aqua Residencial II

Supermanzana 330, Mza 01, Lote 1-02
Avenida Villa Mallorca
Ciudad de Cancún, Quintana Roo.

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

Simbología

<p>Unidad climática</p> <ul style="list-style-type: none"> Aw0(x') Aw1(x') Aw2(x') 	<ul style="list-style-type: none"> Límites municipales Límite del predio Microcuenca Cancún
---	---

Figura 9. Climas presentes en la Microcuenca Cancún. Fuente: Elaboración propia a partir de carta de climas (Clasificación de Köppen modificada por García) Escala 1:1,000,000, México.

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, una al norte y otra al sur, siendo la subregión norte en la cual se encuentra la microcuenca Cancún, y 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 cárstico es reciente, predominando planicies estructurales denudativas y de disolución. Por otra parte, dentro de la microcuenca es posible distinguir tres tipos de paisajes, a los cuales Bautista, (*Op. cit.*), denominó Planicie estructural baja fitoestable, Planicies residuales acumulativas susceptibles de inundación controladas estructuralmente y Planicie palustre costera de inundación marina.

- Planicie estructural baja fitoestable

Esta planicie se encuentra, en términos evolutivos, en etapa de pedogénesis y fitoestabilidad, esto 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

Este paisaje se encuentra definido por morfoalineamientos que originan depresiones alargadas irregulares orientadas sensiblemente en dirección norte sur a lo largo de noreste de la Península de Yucatán. Este control estructural 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, controlando el desarrollo de grandes y elongados canales de pisos planos. (Tulczyk *et al.*, 1993¹⁵ y Southworth 1984¹⁶).

¹³ 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.

¹⁴ 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.

¹⁵ Tulczyk, M. S., E. Perry, Ch. E. Duller y M. Villasuso, 1993. Influence of the Holbox fracture on the karst geomorphology and hydrogeology of northern Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico.

- Planicie palustre costera de inundación marina

Se ubica prácticamente en la franja costera de la microcuenca, por lo cual es una planicie sujeta a inundaciones constantes y periódicas de régimen intermareal. En esta planicie, 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 10** se presenta el modelo de elevación digital sobre el cual es posible diferenciar los paisajes señalados anteriormente.

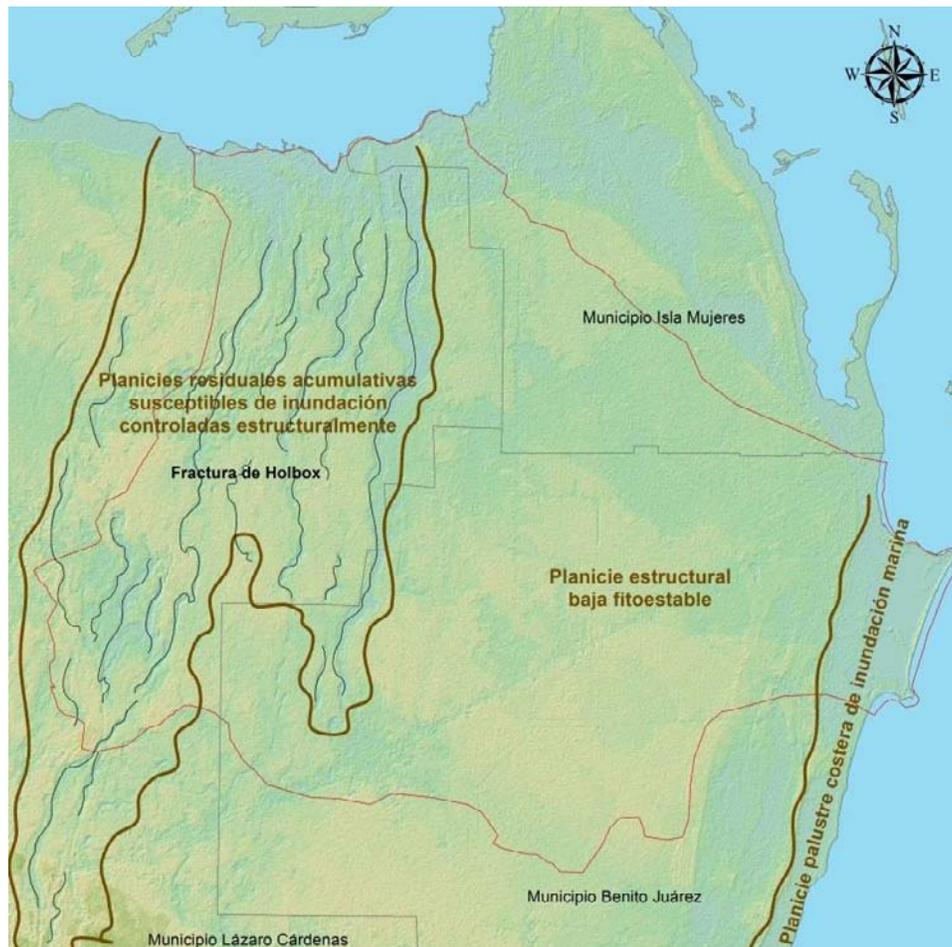


Figura 10. Paisajes geomorfológicos en la Microcuenca Cancún. Fuente: Elaboración propia a partir de Bautista *Op. Cit.*, y el modelo digital de elevación Shuttle Radar Topography Mission (www2.jpl.nasa.gov/srtm).

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.

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 toposformas generado por el INEGI¹⁷, al igual que el trabajo realizado por Bautista (*Op. Cit.*), diferencia tres toposformas de semejante distribución dentro de la microcuenca de estudio (**Figura 11**).

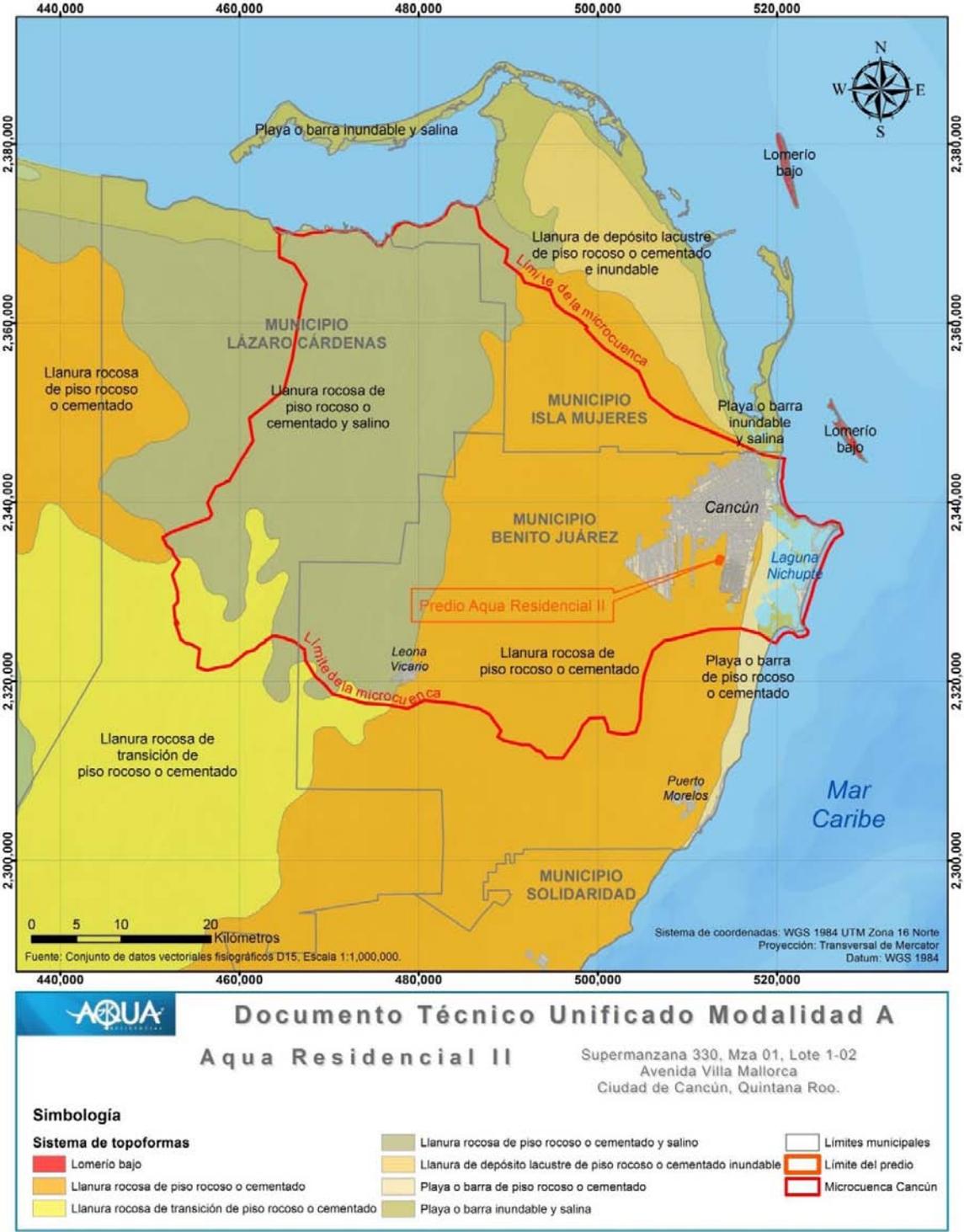


Figura 11. Sistema de toposformas Microcuenca Cancún. Fuente: INEGI Op. Cit.

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

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,

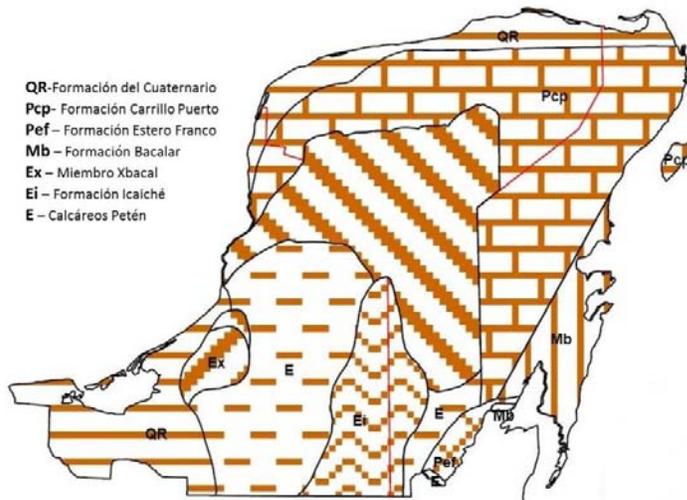


Figura 12. Formaciones Geológicas de la Península de Yucatán.

Fuente: Butterlin J., y F. Bonet. (1963)¹⁸ En CONAGUA (2002)¹⁹.

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 12**). Dicha formación se encuentra cubierta por una capa de sedimentos calcáreo-arcillosos, suaves, deleznales, 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.

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% CaCO₃), pudiendo estar acompañada de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por

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.

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 periodos 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 manifiesta 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 13**.

- 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.

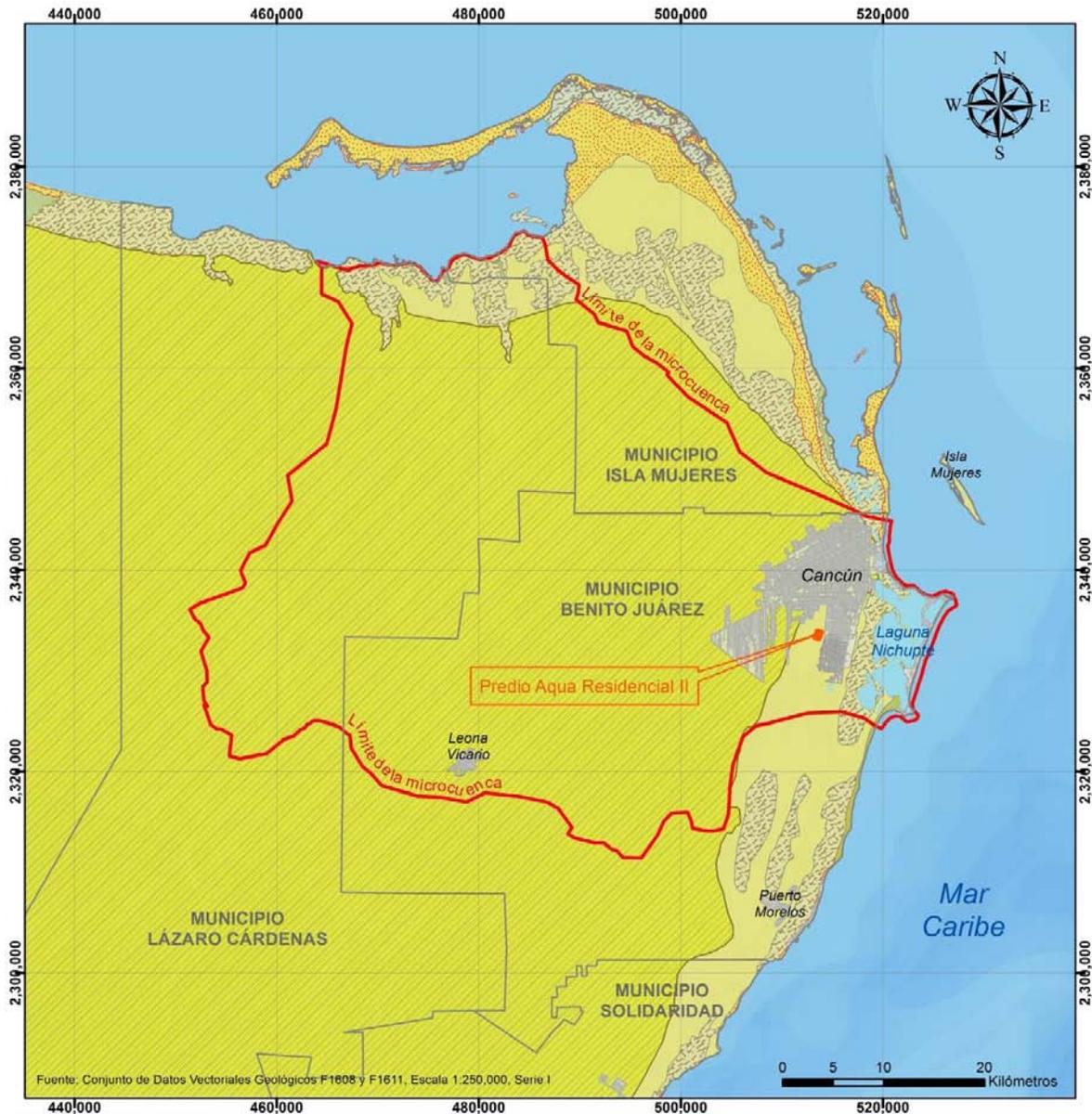


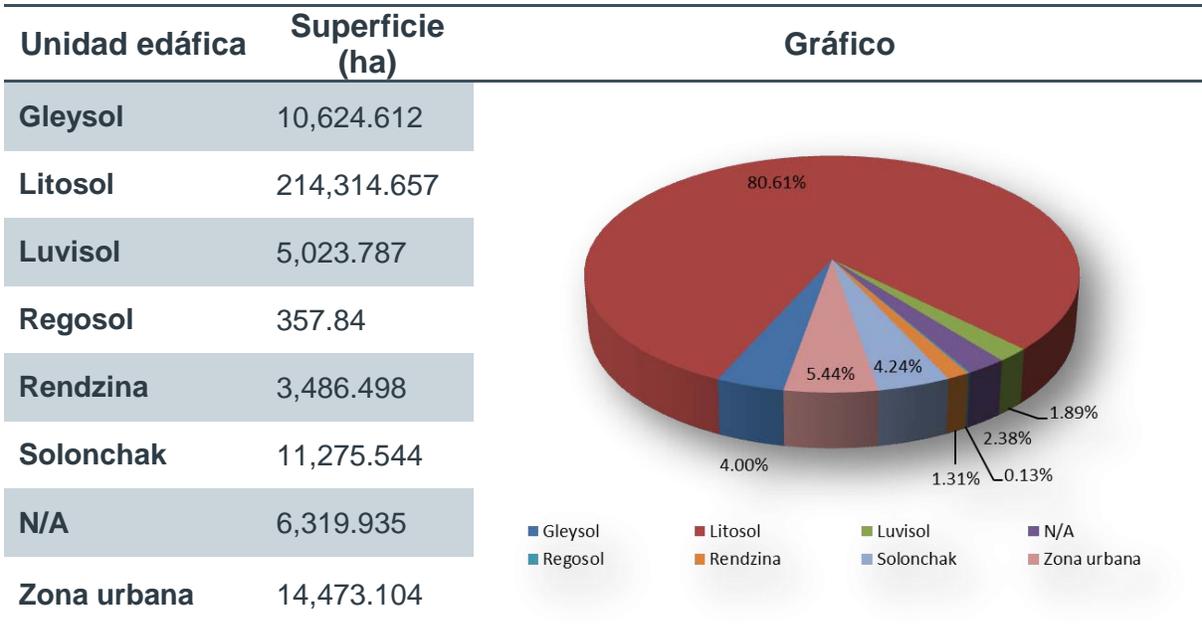
Figura 13. Carta Geológica. Fuente: Elaboración propia a partir del Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos F16-08 y F16-11, escala 1:250,000 INEGI, Serie I.

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 5 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 7**).

Cuadro 7. Superficie ocupada por los grupos de suelo en la Microcuenca Cancún.



Fuente: Elaboración propia a partir geoprocesamiento de conjunto de datos vectoriales edafológicos del INEGI Serie I, escala 1:250,000.

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

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

- Gleysol mólico

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. Regularmente estos suelos presentan acumulaciones de salitre. Su distribución se encuentra definida por el relieve, ya que su presencia se limita a las depresiones lineales paralelas originadas por la Fractura de Holbox.

- 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 flúvicos (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.

En la **Figura 14** se muestra la distribución de cada uno de los grupos de suelos descritos dentro de la Microcuenca Cancún.

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



AQUA RESIDENCIAL

Documento Técnico Unificado Modalidad A

Simbología

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

Aqua Residencial II
 Supermanzana 330, Mza 01, Lote 1-02
 Avenida Villa Mallorca
 Ciudad de Cancún, Quintana Roo.

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

Figura 14. Carta Edafológica. Fuente: Elaboración propia a partir del Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos F16-08 y F16-11 escala 1:250,000 INEGI, Serie I.

Medio biológico

Tipos de Vegetación

De acuerdo con Carta de uso de suelo y vegetación Serie IV del INEGI, en la microcuenca Cancún se presentan cinco principales tipos 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 8 y Figura 15**).

Cuadro 8. 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	5.60
H2O	Cuerpo de agua	6,365.77	2.39
PC	Pastizal cultivado	3,244.38	1.22
SBC	Selva baja caducifolia	0.55	0.0002
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	3.40
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subperennifolia	13,2866.6	49.97
VSA/SMS	Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subcaducifolia	107.53	0.04
VSa/VM	Vegetación secundaria arbustiva de manglar	990.84	0.37
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		265,875.27	100 %

Fuente: Elaboración propia a partir geoprocesamiento de conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación del INEGI Serie IV, escala 1:250,000.

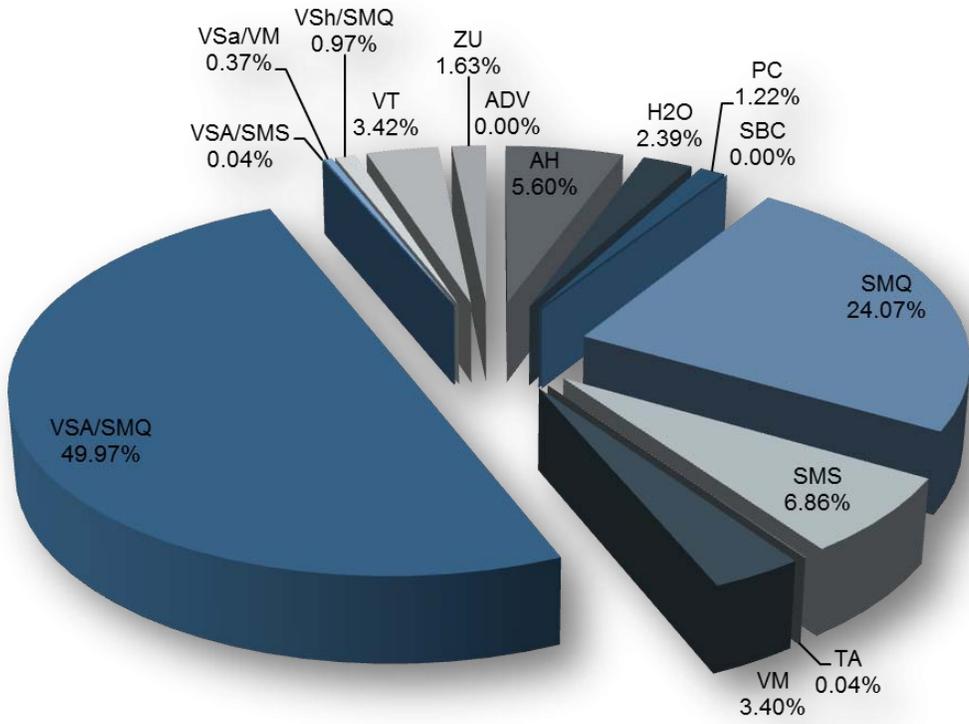
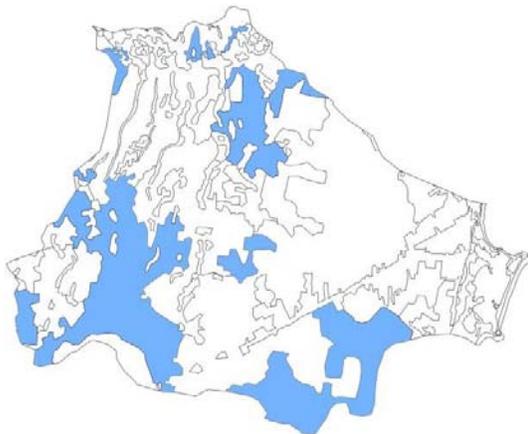


Figura 15. Usos de suelo y vegetación dentro de la Microcuenca Cancún.

Fuente: Elaboración propia a partir del geoprocesamiento (clipping) del conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación Escala 1:250,000 Serie IV del INEGI

- Selva mediana subperennifolia

Se caracteriza porque algunos árboles que la forman (alrededor de 25-50%) pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca. Cubre este tipo de selva áreas extensas con clima cálido (temperatura media anual superior a 20°C.) y



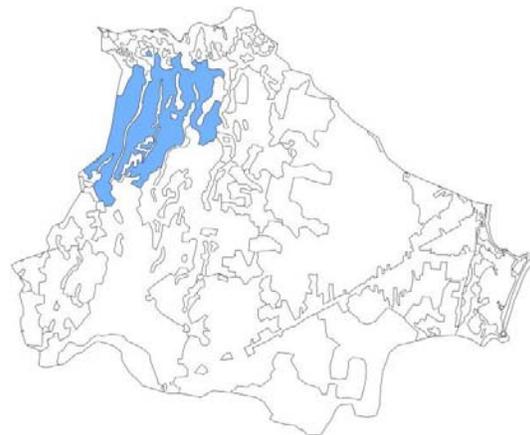
subhúmedo (precipitación anual media poco superior a 1,200 mm.) con algunas lluvias en la temporada seca que es más marcada que en las zonas de selva perennifolia (Miranda y Hernández, 1963)²⁴. La selva mediana subperennifolia es el tipo de vegetación más extenso en el estado de Quintana Roo (Ek Díaz en Pozo et al., 2011). Se distribuye de norte a sur y de este a oeste, en la porción oeste extrema colinda con la selva mediana subcaducifolia. Otros tipos de

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

vegetación se encuentran intercalados y dispersos a lo largo de esta selva. Los árboles de esta comunidad también tienen contrafuertes y poseen gran cantidad de epífitas y bejucos. Los árboles tienen una altura de entre 15 y 25 m, con troncos 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, jote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma spp.* (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas (INEGI, 2005)²⁵.

- Selva mediana subcaducifolia

Esta comunidad vegetal se caracteriza porque alrededor del 50-75% 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. La altura promedio de los árboles es de entre 25 y 30 m. La densidad de los árboles y de la cobertura vegetal es mucho menor que la observada en las selvas perennifolias y subperennifolias. El suelo que sustenta a este tipo de vegetación es particularmente rocoso, con afloramientos de yeso, así como calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros y pedregosos, con una pequeña capa de materia orgánica, formada por la gran cantidad de hojas que dejan caer los árboles (Miranda, 1959)²⁶. De acuerdo con la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez las especies que se presentan en este tipo de vegetación son: *Bravaisia berlandieriana*, *Metopium brownei*, *Cameraria latifolia*, *Plumeria obtusa*, *Crescentia cujete*, *Bursera simaruba*, *Tilandsia bulbosa*, *Acacia pennatula*, *Caesalpinia yucatanensis*, entre otras.



²⁵ INEGI. 2005. Guía para la interpretación cartográfica de uso del suelo y vegetación. Serie III. 54-59, 70-73. INEGI, México.

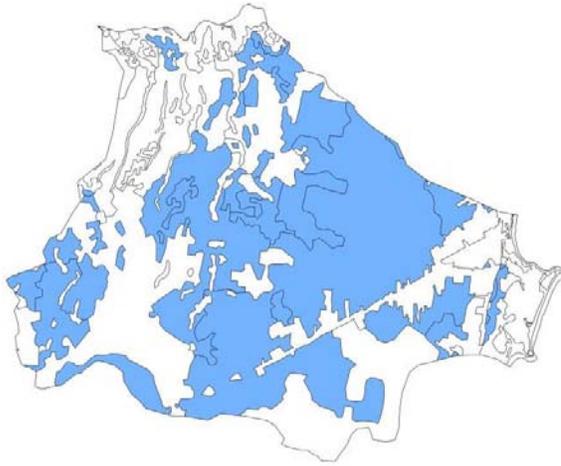
²⁶ Miranda, F. 1959. La vegetación de la Península de Yucatán, En Beltrán, E. (Editor). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México. pp. 215-271.

- Selva baja caducifolia

Es una selva de menos de 15 m. de altura media de los árboles altos que pierden casi completamente las hojas en la época seca y no son espinosos por lo común (Miranda y Hernández, Op. Cit.). Este tipo de vegetación se desarrolla en la parte norte del estado, en condiciones donde predominan los climas cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20 °C. Las precipitaciones máximas anuales son de 1,200 mm y las mínimas de 600 mm, con una temporada seca bien marcada que puede durar hasta siete u ocho meses. Los árboles miden entre cuatro y quince metros. El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar cuando comienza la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Son frecuentes las plantas suculentas, llamadas así por su capacidad para almacenar agua en las hojas, la raíz o el tallo. De acuerdo con el INEGI (Op. Cit.) dentro de las especies que componen esta comunidad se encuentran: *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* Uabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma bahamensis*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parata, orejón), *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Agave sp.* (ki'), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Ficus spp.* (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Oendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. Involuta*, *F. mexicana*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. Rosea*, *Acacia langlassei*, *Apoplanesia paniculata*, *Trichospermum mexicanum*, *Bursera excelsa*, *Jacaratia mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Coccoloba barbadensis*, *Cordia seleriana*, *Croton draco*, *Cupania glabra*, *Esenbeckia berlandieri*, *Eugenia michoacanensis*, *Euphorbia fulva*, *Exothea copalillo*, *Forchhammeria pallida*, *Inga laurina*, *Jatropha peltata*, *Plumeria rubra*, *Psidium sartorianum*, *Swartzia simplex*, *Licania arborea*, *Haematoxyon campechianum*, *Annona purpurea*, *Lonchocarpus lanceolatus*, *Oiospyros digyna*, *Pithecellobium dulce*, *P. lanceolatum*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Sideroxylon persimile*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Vitex mollis*, *Calycophyllum candidissimum*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Lafoensi punicaefolia*, *Andira inermis*, *Morisonia americana*, *Homalium trichostemon*, *Poeppigia procera*, *Tabebuia impetiginosa*, *Couepia polyandra*, *Erythroxylon areolare*, *Oalbergia granadillo*, *Hauya microcerata* (yoá); *Ficus bemslyana* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (palo de tapón de pumpo), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Ulmus mexicana*, *Maclura tinctoria* y *Myroxylon balsamum*, *Piscidia piscipula*, *Ceiba pentandra*, *Sideroxylon foetidissimum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cedrela odorata*, *Alseis yucatanensis*, *Spondias mombin* y *Pseudobombax ellipticum*. Las formas de vida epifitas y las plantas trepadoras así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Constituyen el epifitismo algunas aráceas como *Anthurium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y las orquídeas como *Catasetum integerrimum*.

- Comunidades secundarias

Cuando se talan diversos tipos de selva de lugares húmedos, se origina una vegetación secundaria, cuya altura varía según el tiempo transcurrido desde la tala.

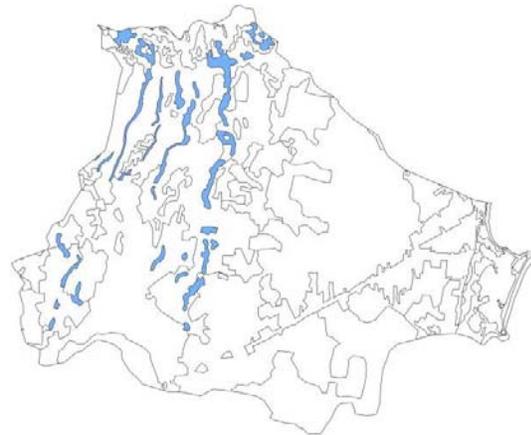


En un principio se forman matorrales perennifolios, pero con el tiempo pasan a selvas secundarias, que cuando son suficientemente altas, se confunden con selvas primarias a las que sustituyen. Por lo general estas selvas secundarias se distinguen por las especies arbóreas que las forman, que son árboles de crecimiento muy rápido y de maderas blandas, como los guarumbos o chancarros (*Cecropia spp.*) majahuas (*Heliocarpus spp.*), 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.

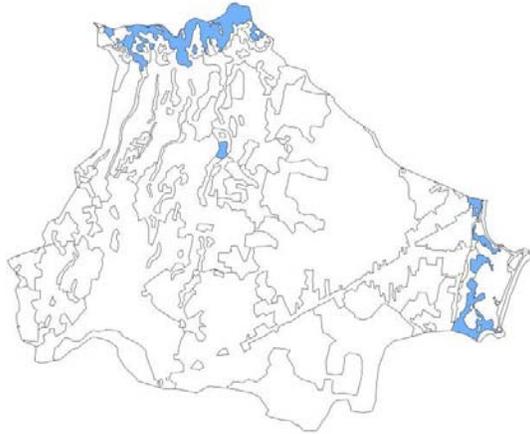
- Tular

Están constituidos por agrupaciones densas de plantas herbáceas enrizadas en el fondo de lugares pantanosos, pero cuyas hojas largas y angostas, o bien buena parte de los tallos (cuando carecen de hojas), sobresalen de la superficie del agua (helofitos). 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 cyperáceas). Se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente. 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 los ceibadales de *Cladium jamaicense*.



- Manglar

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, aunque



se manifiesta con mayor presencia en los bordes de las lagunas costeras, en particular el sistema lagunar Nichupté. El suelo en el que crece este mangle es orgánico, formado sobre la marga. Los mangles 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 botoncillo (*Conocarpus erectus*). A lo largo de la Microcuenca se pueden diferenciar tres tipos de mangles descritos por Olmsted et al., (1983)²⁷ como: Manglar chaparro disperso, Manglar de franja, Mangla mixto

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.

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. El sustrato en el que se establece es orgánico, formado sobre la marga. La altura de los mangles rojo,

²⁷ Olmsted C. I., A. López, R. Durán, 1983. Vegetación de Sian Ka'an. 63-83p. En: CIQROO, 1983. Sian Ka'an, estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como Reserva de la Biosfera. Centro de Investigaciones Científicas de Quintana Roo A.C. 215 pp.

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/o del agua. La especie que de manera característica se sitúa en las partes más elevadas es el mangle botoncillo. El mangle 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 rías a lo largo de toda la costa de la península, como ocurre en la laguna Nichupté.

Manglar mixto:

Dependiendo de su localización y características, se ha considerado 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.

Como se mencionó anteriormente, la comunidad vegetal más extensa a lo largo del territorio que delimitado por la Microcuenca Cancún, corresponde a vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia, la cual ha estado sujeta a la alteración por diversos factores tanto naturales como antropogénicos, no obstante dicha vegetación, junto con las comunidades primarias aún presentes en el municipio, representan en conjunto una importante y diversa reserva natural. De modo tal que la superficie considerada como forestal dentro de la Microcuenca Cancún es de 236,918.55 ha equivalentes al 89.1% de la superficie total de la misma. En la **Figura 16** se muestra la distribución conjunta de cada uno de los tipos de vegetación presentes en la Microcuenca Cancún.

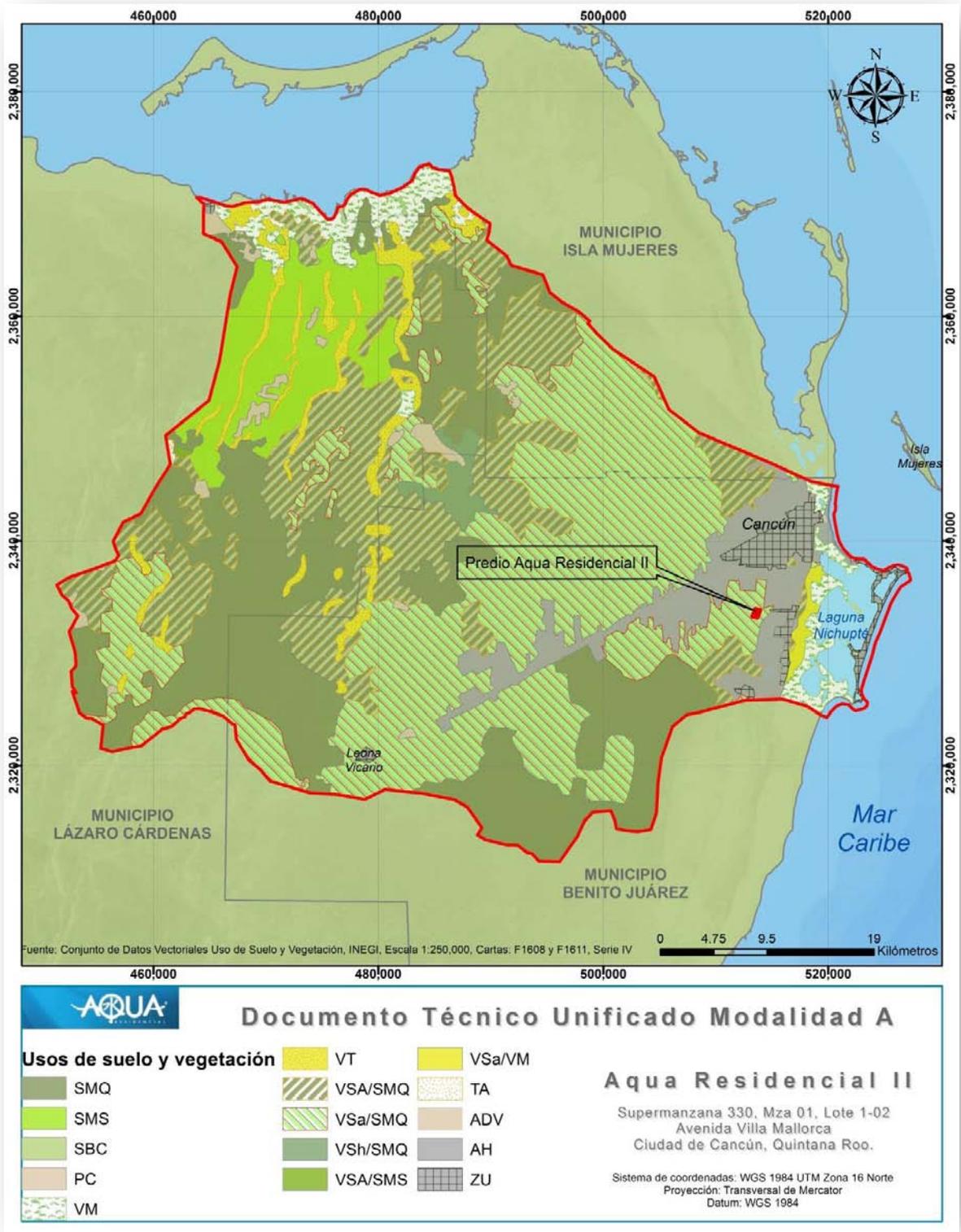


Figura 16. Mapa de uso de suelo y vegetación. Fuente: Elaboración propia a partir de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación F16-08 y F16-11 escala 1:250,000 INEGI, Serie IV.

- Riqueza florística

De acuerdo con los inventarios de flora presentados en las fases de caracterización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez tanto del 2005 como su actualización en 2014²⁸, en dicho municipio existe la presencia de 266 especies de plantas vasculares. Sin embargo, dado que dicho municipio representa una fracción de la extensión total de la Microcuenca Cancún dicho 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 18**). De tal forma que el listado florístico de la microcuenca Cancún fue enriquecido, encontrándose una riqueza total de 463 especies de plantas vasculares, cuyo listado se presenta en el **Cuadro 9**.

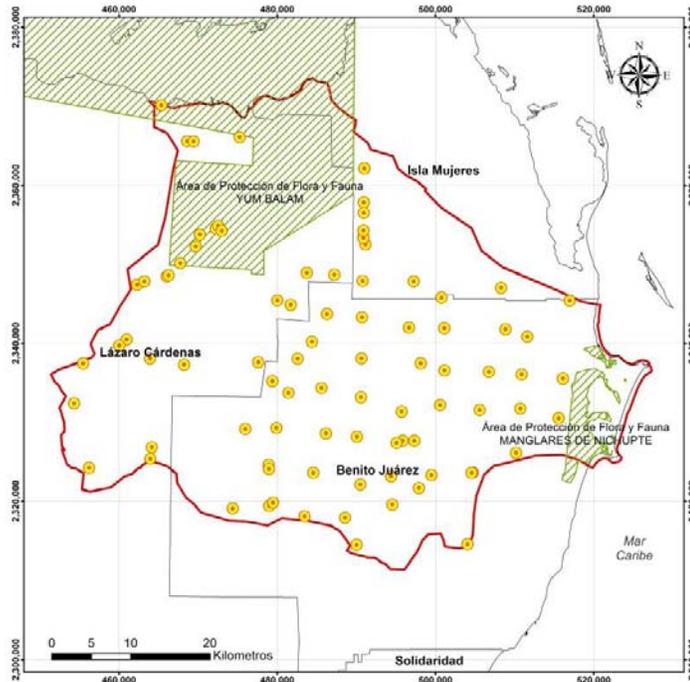


Figura 17. Conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Fuente: Elaboración propia a partir del listado de especies reportadas en el Inventario Nacional Forestal consultado en www.cnf.gob.mx/infys (consultado en Junio de 2011).

Cuadro 9. Listado de especies vegetales reportadas por diversas fuentes dentro de la Microcuenca Cancún.

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	POEL-14
Acanthaceae	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	POEL-14
Acanthaceae	<i>Bravaisia tubiflora</i>	POEL-05
Acanthaceae	<i>Elytraria spp</i>	INFyS

²⁸ Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

FAMILIA	ESPECIE		FUENTE
Acanthaceae	<i>Ruellia nudiflora</i>		POEL-14
Acanthaceae	<i>Tetramerium nervosum</i>	INFyS	POEL-14
Agavaceae	<i>Agave angustifolia</i>		POEL-05
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>		POEL-14
Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i>		POEL-05
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis littoralis</i>		POEL-14
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	INFyS	POEL-05
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	INFyS	POEL-05
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	INFyS	POEL-05
Annonaceae	<i>Annona glabra</i>		POEL-05
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>		POEL-05
Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	INFyS	POEL-05
Annonaceae	<i>Mosannonna depressa</i>		POEL-14
Annonaceae	<i>Oxandra lanceolata</i>		POEL-14
Annonaceae	<i>Sapranthus campechianus</i>		POEL-14
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i>		POEL-14
Apocynaceae	<i>Cameraria latifolia</i>		POEL-05
Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i>		POEL-14
Apocynaceae	<i>Echites umbellata</i>		POEL-05
Apocynaceae	<i>Echites yucatanensis</i>		POEL-05
Apocynaceae	<i>Mandevilla subsagittata</i>		POEL-14
Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>		POEL-05
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	INFyS	POEL-14
Apocynaceae	<i>Rhabdadenia biflora</i>		POEL-14
Apocynaceae	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	INFyS	POEL-14
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i>	INFyS	POEL-14
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i>	INFyS	POEL-14
Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>		POEL-05
Araceae	<i>Syngonium schlechtendalii</i>		POEL-14
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	INFyS	POEL-05
Arecaceae	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>		POEL-14
Arecaceae	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	INFyS	POEL-05
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>		POEL-05
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>		POEL-14
Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>		POEL-14
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>		POEL-14
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	INFyS	
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	INFyS	POEL-05
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia grandiflora</i>		POEL-05
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia trilobata</i>		POEL-05
Asclepiadaceae	<i>Aasclepias curassavica</i>		POEL-05

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE
Asclepiadaceae	<i>Sarcostemma clausum</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Ageratum maritimum</i>	POEL-14
Asteraceae	<i>Ambrosia hispida</i>	POEL-14
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Calea sp</i>	INFyS POEL-05
Asteraceae	<i>Conyza bonariensi</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Critonia daleoides</i>	POEL-14
Asteraceae	<i>Eupatorium albicaules</i>	INFyS POEL-05
Asteraceae	<i>Flaveria linearis</i>	POEL-14
Asteraceae	<i>Melanthera nivea</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Montanoa atriplicifolia</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Pluchea odorata</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Pluchea symphytifolia</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Porophyllum punctatum</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	POEL-05
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i>	POEL-05
Bataceae	<i>Batis maritima</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i>	POEL-05
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea floribunda</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea podopogon</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	POEL-05
Bignoniaceae	<i>Cydista diversifolia</i>	POEL-05
Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	POEL-05
Bignoniaceae	<i>Stizophyllum riparium</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	POEL-14
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	INFyS POEL-14
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	INFyS POEL-05
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	POEL-05
Boraginaceae	<i>Bouyeria ovata</i>	POEL-05
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	INFyS POEL-05
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	POEL-05
Boraginaceae	<i>Cordia gerascanthus</i>	POEL-14
Boraginaceae	<i>Cordia sebestena</i>	POEL-14
Boraginaceae	<i>Heliotropium angispermum</i>	POEL-05
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	POEL-05
Boraginaceae	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	POEL-14
Brassicaceae	<i>Cakile edentula</i>	POEL-14
Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	POEL-05
Bromeliaceae	<i>Bromelia aisodes</i>	POEL-05

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	POEL-05
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	POEL-14
Bromeliaceae	<i>Tillandsia bulbosa</i>	POEL-05
Bromeliaceae	<i>Tillandsia dasyliriifolia</i>	POEL-05
Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>	POEL-05
Bromeliaceae	<i>Tillandsia streptophylla</i>	POEL-14
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	INFyS POEL-05
Burseraceae	<i>Bursera trifoliolata</i>	INFyS POEL-14
Burseraceae	<i>Protium copal</i>	INFyS POEL-05
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	POEL-14
Cactaceae	<i>Nopalea gaumeri</i>	POEL-05
Cactaceae	<i>Rhipslis baccifera</i>	POEL-05
Cactaceae	<i>Selenicereus grandiflorus</i>	POEL-14
Cactaceae	<i>Selenicereus testudo</i>	POEL-05
Cactaceae	<i>Selenicereus denkelaarii</i>	POEL-05
Cactaceae	<i>Strophocactus testudo</i>	POEL-14
Canellaceae	<i>Canella winterana</i>	POEL-14
Capparaceae	<i>Forchhammeria trifoliata</i>	INFyS POEL-14
Capparidaceae	<i>Capparis cynophallophora</i>	POEL-05
Capparidaceae	<i>Capparis flexuosa</i>	POEL-05
Capparidaceae	<i>Capparis incana</i>	POEL-05
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	POEL-05
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	POEL-14
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	POEL-05
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	INFyS POEL-05
Celastraceae	<i>Crossopetalum gaumeri</i>	POEL-14
Celastraceae	<i>Hippocratea voluvis</i>	POEL-14
Celastraceae	<i>Maytenus guatemalensis</i>	POEL-14
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	INFyS POEL-14
Clusiaceae	<i>Clusia salvinii</i>	POEL-05
Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i>	POEL-14
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	POEL-14
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	POEL-14
Combretaceae	<i>Terminalia cattapa</i>	POEL-14
Combretaceae	<i>Terminalia molineti</i>	POEL-14
Commelinaceae	<i>Commelina elegans</i>	POEL-05
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	POEL-14
Commelinaceae	<i>Rhoeo discolor</i>	POEL-05
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i>	POEL-14
Connaraceae	<i>Rourea glabra</i>	POEL-05
Convolvulaceae	<i>Convolvulus nodiflora</i>	POEL-14
Convolvulaceae	<i>Ipomea alba</i>	POEL-14

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE	
Convolvulaceae	<i>Ipomea imperati</i>		POEL-14
Convolvulaceae	<i>Ipomea indica</i>		POEL-14
Convolvulaceae	<i>Ipomea pes-caprae</i>		POEL-14
Convolvulaceae	<i>Ipomea stolonifera</i>	POEL-05	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea indica</i>	POEL-05	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea steerei</i>	POEL-05	
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia pentantha</i>	POEL-05	
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia verticillata</i>	POEL-05	
Cruciferae	<i>Lepidium virginicum</i>	POEL-05	
Cucurbitaceae	<i>Cionosicyos excisus</i>		POEL-14
Cyperaceae	<i>Cladium jamaicense</i>		POEL-14
Cyperaceae	<i>Cyperus ligularis</i>	POEL-05	
Cyperaceae	<i>Eleocharis cellulosa</i>		POEL-14
Cyperaceae	<i>Fimbristylis sp</i>		POEL-14
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea sp</i>		POEL-14
Ebenaceae	<i>Diospyros anisandra</i>	INFyS	POEL-14
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	INFyS	POEL-05
Ebenaceae	<i>Diospyros latifolia</i>	INFyS	POEL-14
Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>		POEL-14
Ebenaceae	<i>Diospyros verae-crucis</i>	INFyS	POEL-05
Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>		POEL-14
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>	INFyS	POEL-05
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i>		POEL-14
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	INFyS	POEL-14
Euphorbiaceae	<i>Acalipha diversifolia</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Astrocasia tremula</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce blodgettii</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce buxifolia</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce dioica</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hypericifolia</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus souzae</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Croton glandulosepalus</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	INFyS	POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Drypetes brownii</i>	INFyS	
Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	INFyS	POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Enriquebeltrania crenatifolia</i>		POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	INFyS	POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Euphorbiaceae	<i>Manihot aesculifolia</i>	INFyS	POEL-14
Euphorbiaceae	<i>Ricinus comunis</i>		POEL-14

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE	
Euphorbiaceae	<i>Sapium caribaeum</i>	POEL-05	
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania adenophora</i>	POEL-05	POEL-14
Fabaceae	<i>Acacia collinsii</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Acacia dolycostachya</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Acacia gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Acacia milleriana</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Albizia tomentosa</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Apoplanesia paniculata</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Bauhinia herrerae</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Bauhinia unguolata</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Caesalpinia bonduc</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Caesalpinia mollis</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Caesalpinia platyloba</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Caesalpinia violacea</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Canavalia rosea</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Centrosema virginianum</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Dalbergia brownei</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Diphysa yucatanensis</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Erythrina standleyana</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Gliricidia maculata</i>	POEL-14	
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Harpalyce arborescens</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Harpalyce rupicola</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	POEL-05	
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	INFyS	POEL-05 POEL-14
Fabaceae	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	INFyS	POEL-05

FAMILIA	ESPECIE		FUENTE
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Mariosousa dolichostachya</i>		POEL-14
Fabaceae	<i>Mimosa bahamensis</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Pithecellobium albicans</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>		POEL-14
Fabaceae	<i>Pithecellobium keyense</i>		POEL-14
Fabaceae	<i>Pithecellobium leucospermum</i>	INFyS	POEL-14
Fabaceae	<i>Pithecellobium mangense</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Pithecellobium platylobum</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Pithecellobium stevensonii</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Rhynchosia minima</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Senegalia gaumeri</i>		POEL-14
Fabaceae	<i>Senna racemosa</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	INFyS	POEL-05
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>		POEL-14
Fabaceae	<i>Vigna elegans</i>		POEL-05
Fabaceae	<i>Zygia stevensonii</i>		POEL-14
Goodeniaceae	<i>Scaevola plumieri</i>		POEL-14
Guttiferae	<i>Clucia flava</i>		POEL-05
Guttiferae	<i>Rheedia edulis</i>		POEL-05
Hippocrateaceae	<i>Hemiangium excelsum</i>		POEL-05
Hippocrateaceae	<i>Hippocratea celastroides</i>		POEL-05
Hippocrateaceae	<i>Hippocratea excelsa</i>	INFyS	POEL-14
Hippocrateaceae	<i>Hippocratea floribunda</i>		POEL-05
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i>		POEL-14
Icacinaceae	<i>Ottoschultzia pallida</i>		POEL-14
Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i>		POEL-05
Lauraceae	<i>Licaria peckii</i>		POEL-05
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>		POEL-05
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	INFyS	POEL-05
Malpighiaceae	<i>Bunchosia swartziana</i>		POEL-14
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	INFyS	POEL-14
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>		POEL-05
Malpighiaceae	<i>Hiraea reclinata</i>		POEL-14
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i>		POEL-05
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>		POEL-05
Malpighiaceae	<i>Malpighia lundelli</i>	INFyS	POEL-14
Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon ellipticum</i>		POEL-05
Malpighiaceae	<i>Tetrapteris schiedeana</i>		POEL-05
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>		POEL-14

FAMILIA	ESPECIE		FUENTE
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	INFyS	POEL-05
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>		POEL-05
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	INFyS	POEL-05
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>		POEL-05
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>		POEL-05
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	INFyS	POEL-14
Meliaceae	<i>Trichilia cuneata</i>	INFyS	POEL-14
Meliaceae	<i>Trichilia glabra</i>		POEL-14
Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i>	INFyS	POEL-14
Meliaceae	<i>Trichilia minutiflora</i>	INFyS	POEL-14
Menispermaceae	<i>Cissampelos pareira</i>		POEL-14
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	INFyS	POEL-05
Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>	INFyS	POEL-14
Moraceae	<i>Ficus carica</i>	INFyS	POEL-14
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	INFyS	POEL-05
Moraceae	<i>Ficus maxima</i>		POEL-14
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>		POEL-14
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	INFyS	POEL-05
Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>		POEL-05
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>		POEL-05
Myricaceae	<i>Morella cerifera</i>		POEL-14
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	INFyS	POEL-14
Myrtaceae	<i>Calyptanthes pallens</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Clyptanthes millspaughii</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Eugenia foetida</i>		POEL-14
Myrtaceae	<i>Eugenia laevis</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Eugenia mayana</i>	INFyS	POEL-05
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>		POEL-05
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>		POEL-14
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	INFyS	POEL-14
Nolinaceae	<i>Beaucarnea ameliae</i>	INFyS	POEL-05
Nolinaceae	<i>Beaucarnea pliabilis</i>		POEL-14
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i>		POEL-05
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea sp</i>		POEL-14
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	INFyS	POEL-05
Nyctaginaceae	<i>Neea tenuis</i>		POEL-05
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i>		POEL-05
Nyctaginaceae	<i>Torrubia linearibracteata</i>		POEL-05
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea sp</i>		POEL-14
Orchidaceae	<i>Bletia purpurea</i>		POEL-05

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE
Orchidaceae	<i>Brassavola cucullata</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Brassavola grandiflora</i>	POEL-14
Orchidaceae	<i>Brassavola nodosa</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Cohniella ascendens</i>	POEL-14
Orchidaceae	<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	POEL-14
Orchidaceae	<i>Encyclia alata</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Encyclia belizensis</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Encyclia sp</i>	POEL-14
Orchidaceae	<i>Epidendrum nocturnum</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Myrmecophila tibicinis</i>	POEL-14
Orchidaceae	<i>Oncidium ascendens</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Oncidium cebolleta</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Rhyncholaelia digbyana</i>	POEL-05
Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia</i>	POEL-05
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	POEL-05
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	POEL-14
Passifloraceae	<i>Passiflora ovobata</i>	POEL-05
Passifloraceae	<i>Passiflora palmeri</i>	POEL-05
Passifloraceae	<i>Passiflora pilosa</i>	POEL-05
Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i>	POEL-05
Picramniaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	INFyS POEL-14
Picramniaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	INFyS POEL-14
Piperaceae	<i>Peperomia crassiuscula</i>	POEL-05
Piperaceae	<i>Peperomia obtusifolia</i>	POEL-14
Piperaceae	<i>Peperomia pereskiiifolia</i>	POEL-14
Piperaceae	<i>Piper patulum</i>	INFyS POEL-14
Piperaceae	<i>Piper psilorhachis</i>	POEL-14
Piperaceae	<i>Piper sp</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Andropogon glomeratus</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Brachiaria fasciculata</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i>	POEL-14
Poaceae	<i>Cenchrus incertus</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Eustachys petraea</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Ichnanthus lanceolatus</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Lasiacis ruscifolia</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Panicum ichnantoides</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Paspalum sp</i>	POEL-05
Poaceae	<i>Phragmites australis</i>	POEL-14

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE	
Poaceae	<i>Rhynchelitrum repens</i>	POEL-05	
Poaceae	<i>Urochloa maxima</i>		POEL-14
Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	INFyS	POEL-14
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadosensis</i>	INFyS	
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	INFyS	POEL-14
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>		POEL-05
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	INFyS	POEL-05
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>		POEL-14
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>		POEL-05
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	INFyS	POEL-05
Polygonaceae	<i>Neomillspaughia emarginata</i>		POEL-14
Polypodiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	INFyS	POEL-05
Polypodiaceae	<i>Pteridium caudatum</i>		POEL-14
Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i>		POEL-14
Primulaceae	<i>Parathesis cubana</i>		POEL-14
Pteridaceae	<i>Acrostichum danaeifolium</i>		POEL-14
Pteridaceae	<i>Adiantum tricholepis</i>		POEL-05
Pteridaceae	<i>Microgramma nitida</i>		POEL-14
Ranunculaceae	<i>Clematis dioica</i>		POEL-14
Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens</i>		POEL-05
Rhamnaceae	<i>Colubrina asiatica</i>		POEL-05
Rhamnaceae	<i>Colubrina greggii</i>	INFyS	POEL-14
Rhamnaceae	<i>Krugiodendron ferreum</i>	INFyS	POEL-05
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	INFyS	POEL-05 POEL-14
Rubiaceae	<i>Alseis yucatanensis</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Bourreria verticiliata</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Cosmocalix sp</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Coutarea latiflora</i>	INFyS	POEL-14
Rubiaceae	<i>Ernodea litoralis</i>		POEL-14
Rubiaceae	<i>Erythalis fruticosa</i>		POEL-14
Rubiaceae	<i>Exostema caribaeum</i>	INFyS	POEL-14
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	INFyS	POEL-05
Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	INFyS	POEL-05
Rubiaceae	<i>Guettarda gaumeri</i>	INFyS	POEL-14
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Hintonia octomera</i>	INFyS	POEL-14
Rubiaceae	<i>Machonia lindeniana</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Morinda panamensis</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Morinda royoc</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Psychotria pubescens</i>	INFyS	POEL-14

FAMILIA	ESPECIE		FUENTE
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>		POEL-05
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	INFyS	
Rubiaceae	<i>Sickingia salvadorensis</i>	INFyS	POEL-14
Rubiaceae	<i>Strumphia maritima</i>		POEL-14
Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i>	INFyS	POEL-05
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	INFyS	POEL-14
Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	INFyS	POEL-05
Rutaceae	<i>Esembeckia berlandieril</i>		POEL-05
Rutaceae	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	INFyS	POEL-14
Rutaceae	<i>Murraya paniculata</i>	INFyS	POEL-14
Rutaceae	<i>Pilocarpus racemosus</i>		POEL-05
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>		POEL-14
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	INFyS	POEL-05
Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>		POEL-05
Salicaceae	<i>Casearia nitida</i>	INFyS	POEL-05 POEL-14
Salicaceae	<i>Laetia thaminia</i>		POEL-14
Salicaceae	<i>Samyda yucatanensis</i>		POEL-14
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	INFyS	POEL-05
Sapindaceae	<i>Allophylus cominia</i>	INFyS	POEL-14
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i>		POEL-14
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>		POEL-14
Sapindaceae	<i>Cupania glabra</i>		POEL-05
Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	INFyS	POEL-05
Sapindaceae	<i>Exothea paniculata</i>	INFyS	POEL-14
Sapindaceae	<i>Melicocus oliviformis</i>		POEL-14
Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i>		POEL-05
Sapindaceae	<i>Serjania yucatanensis</i>		POEL-05
Sapindaceae	<i>Talisia floresii</i>	INFyS	POEL-14
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	INFyS	POEL-05
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>		POEL-14
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Bumelia celastrina</i>		POEL-05
Sapotaceae	<i>Bumelia obtusifolia</i>		POEL-05
Sapotaceae	<i>Bumelia retusa</i>	INFyS	POEL-14
Sapotaceae	<i>Bunchosia glandulosa</i>	INFyS	POEL-14
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>		POEL-14
Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Sideroxylon americanum</i>		POEL-14

FAMILIA	ESPECIE	FUENTE	
Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>		POEL-14
Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>		POEL-14
Sapotaceae	<i>Sideroxylon gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>		POEL-14
Scrophulariaceae	<i>Capraria biflora</i>		POEL-05
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	INFyS	
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>		POEL-14
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>		POEL-05
Smilacaceae	<i>Smilax spinosa</i>		POEL-05
Solanaceae	<i>Physalis sp</i>		POEL-05
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>		POEL-05
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>		POEL-05
Solanaceae	<i>Solanum umbellatum</i>	INFyS	POEL-14
Solanaceae	<i>Solanum verbascifolium</i>		POEL-05
Sterculiaceae	<i>Byttneria aculeata</i>		POEL-05
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	INFyS	POEL-05
Sterculiaceae	<i>Helicteres baruensis</i>		POEL-05
Sterculiaceae	<i>Melochia tomentosa</i>		POEL-05
Sterculiaceae	<i>Walteria americana</i>		POEL-05
Surianaceae	<i>Suriana maritima</i>		POEL-14
Theophrastaceae	<i>Jacquinia aurentiaca</i>	INFyS	POEL-14
Tiliaceae	<i>Belotia campbellii</i>	INFyS	POEL-14
Tiliaceae	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i>	INFyS	POEL-14
Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i>	INFyS	POEL-05
Turneraceae	<i>Turnera ulmifolia</i>		POEL-05
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>		POEL-14
Ulmaceae	<i>Celtis iguanea</i>		POEL-05
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>		POEL-05
Verbenaceae	<i>Callicarpa acuminata</i>	INFyS	POEL-05
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>		POEL-05
Verbenaceae	<i>Lantana involucrata</i>		POEL-14
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	INFyS	POEL-05
Vitaceae	<i>Cissus gossypifolia</i>		POEL-14
Vitaceae	<i>Cissus microcarpa</i>		POEL-14
Vitaceae	<i>Cissus sicyoides</i>		POEL-14
Vitaceae	<i>Vitis tiliifolia</i>	INFyS	POEL-14
Zamiaceae	<i>Zamia polymorpha</i>		POEL-14
Zamiaceae	<i>Zamia loddigesii</i>		POEL-14
Zygophyllaceae	<i>Guaicum sanctum</i>		POEL-14

INFyS= Inventario forestal nacional y de suelos 2007-2009. POEL-05= Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez 2005. POEL-14= Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez 2014.

Con el fin de estimar índices de importancia y diversidad de los ecosistemas forestales presentes en la microcuenca se llevó a cabo un muestreo considerando diversos sitios testigo dentro de la misma. 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 10**.

Cuadro 10. Coordenadas de los sitios testigos dentro de la Microcuenca Cancún.

SITIO	Número	X	Y
Parque Kabah	1	516,727	2,337,873
Parque Kabah	2	516,645	2,337,872
Parque Kabah	3	517,017	2,338,221
Norte Cancún	4	501,043	2,341,847
Norte Cancún	5	504,508	2,336,816
Norte Cancún	6	502,206	2,339,451
Norte Cancún	7	502,232	2,335,131
Este Cancún	8	511,672	2,334,609
Este Cancún	9	511,661	2,334,484
Este Cancún	10	511,646	2,334,335
Este Cancún	11	511,717	2,334,555
Este Cancún	12	511,729	2,334,404
Este Cancún	13	511,786	2,334,498
Este Cancún	14	511,818	2,334,570
Este Cancún	15	511,796	2,334,322
Este Cancún	16	511,855	2,334,416
Este Cancún	17	511,914	2,334,512
Este Cancún	18	511,898	2,334,338
Este Cancún	19	511,982	2,334,431
Este Cancún	20	512,014	2,334,503
Este Cancún	21	512,001	2,334,357
Este Cancún	22	511,968	2,334,282
Noroeste Cancún	23	496,534	2,342,655
Noroeste Cancún	24	496,335	2,343,049
Noroeste Cancún	25	497,738	2,342,651
Noroeste Cancún	26	497,455	2,343,476
Noroeste Cancún	27	497,471	2,343,654
Noroeste Cancún	28	498,291	2,344,177

SITIO	Número	X	Y
Noroeste Cancún	29	498,282	2,343,438
Noroeste Cancún	30	498,266	2,342,086
Noroeste Cancún	31	496,326	2,344,235
Noroeste Cancún	32	496,289	2,342,064
Noroeste Cancún	33	496,340	2,342,172
Noroeste Cancún	34	496,392	2,342,315
Sur Cancún	35	514,801	2,320,932
Sur Cancún	36	514,825	2,320,943
Sur Cancún	37	514,838	2,320,971
Sur Cancún	38	514,847	2,321,016
Sur Cancún	39	514,853	2,321,050
Sur Cancún	40	506,849	2,323,663
Sur Cancún	41	491,063	2,309,126
Sur Cancún	42	491,129	2,309,051

El método de muestreo para el levantamiento de los sitios, es exactamente el mismo al establecido para el muestreo en el predio, en el que se establecen círculos de muestreo de 500m², 100m² y 5m², para el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo respectivamente.

Como resultado del muestreo en sitios testigo se tiene la presencia de 167 especies, 90 de las cuales se presentan en el estrato arbóreo, 113 en el estrato arbustivo y 105 en el estrato herbáceo. Siendo la especie más abundante *Lysiloma latisiliquum* con 366 individuos, seguida por *Bursera simaruba* con 198 y *Manilkara zapota* con 146.

Índice de valor de importancia

El índice de Valor de Importancia fue desarrollado por Curtis & McIntoch (1951)²⁹ y, de acuerdo con Zarco *et al.*, (2010)³⁰, es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calculó de la siguiente manera:

$$IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa} + \text{Dominancia relativa}$$

²⁹ Curtis J.T., McIntosh R.P. (1951) An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. Ecology, Vol. 32, N° 3, (Jul., 1951): 476-496. Ecological Society of America.

³⁰ Zarco E. V. M., J.I. Valdéz, G. Ángeles, O. Castillo. Estructura y vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia, Vol 26 (1), Pag. 1-17. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Donde la densidad relativa se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde:

$$Densidad\ absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

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

Donde:

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{Número\ de\ sitios\ en\ los\ que\ se\ presenta\ cada\ especie}{Número\ total\ de\ sitios\ muestreados} * 100$$

La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde:

$$Dominancia\ absoluta = \frac{Área\ basal\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

Valor de importancia en el estrato arbóreo

De acuerdo con los resultados de los sitios testigo, en el estrato arbóreo las especies de mayor importancia son *Lysiloma latisiliquum*, *Manilkara zapota* y *Bursera simaruba* con 51.9%, 40.5% y 20.6% respectivamente (**Cuadro 11**).

Cuadro 11. Valor de importancia para el estrato arbóreo en la Microcuenca.

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	3	2	0.001	0.2%	0.5%	0.0%	0.8%
<i>Acacia dolichostachya</i>	82	6	1.748	6.3%	1.5%	6.1%	14.0%
<i>Allophylus campostachys</i>	1	1	0.019	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Amyris sylvatica</i>	1	1	0.003	0.1%	0.3%	0.0%	0.3%
<i>Annona glabra</i>	2	1	0.047	0.2%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Ardisia cubana</i>	1	1	0.052	0.1%	0.3%	0.2%	0.5%
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	2	0.006	0.2%	0.5%	0.0%	0.7%
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1	1	0.003	0.1%	0.3%	0.0%	0.3%
<i>Blomia prisca</i>	6	1	0.114	0.5%	0.3%	0.4%	1.1%
<i>Brosimum alicastrum</i>	10	4	0.597	0.8%	1.0%	2.1%	3.9%
<i>Bursera simaruba</i>	109	19	2.095	8.4%	4.9%	7.3%	20.6%
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	7	2	0.084	0.5%	0.5%	0.3%	1.3%
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	14	10	0.237	1.1%	2.6%	0.8%	4.5%
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	1	0.021	0.2%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Cameraria latifolia</i>	1	1	0.013	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Casearia nitida</i>	2	2	0.006	0.2%	0.5%	0.0%	0.7%
<i>Casimiroa sapota</i>	1	1	0.015	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Cecropia obtusifolia</i>	6	3	0.021	0.5%	0.8%	0.1%	1.3%
<i>Cecropia peltata</i>	1	1	0.008	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	1	0.137	0.2%	0.3%	0.5%	1.0%
<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	1	0.006	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	2	2	0.044	0.2%	0.5%	0.2%	0.8%
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1	1	0.009	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	1	0.019	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Coccoloba spicata</i>	6	5	0.193	0.5%	1.3%	0.7%	2.4%
<i>Cordia alliodora</i>	1	1	0.006	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Cordia gerascanthus</i>	7	5	0.171	0.5%	1.3%	0.6%	2.4%
<i>Crossopetalum parviflorum</i>	1	1	0.014	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Croton glabellus</i>	2	1	0.006	0.2%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Croton reflexifolius</i>	2	1	0.020	0.2%	0.3%	0.1%	0.5%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
Cupania dentata	1	1	0.016	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
Dendropanax arboreus	26	9	0.238	2.0%	2.3%	0.8%	5.2%
Diospyros cuneata	1	1	0.011	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Dipholis salicifolia	3	2	0.011	0.2%	0.5%	0.0%	0.8%
Diphysa carthagenensis	7	4	0.063	0.5%	1.0%	0.2%	1.8%
Drypetes lateriflora	3	3	0.042	0.2%	0.8%	0.1%	1.2%
Exothea diphylla	2	2	0.025	0.2%	0.5%	0.1%	0.8%
Exothea paniculata	1	1	0.013	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Ficus citrifolia	5	1	0.124	0.4%	0.3%	0.4%	1.1%
Ficus cotinifolia	61	23	1.112	4.7%	5.9%	3.9%	14.5%
Ficus crassinervia	1	1	0.015	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
Ficus maxima	6	5	0.213	0.5%	1.3%	0.7%	2.5%
Ficus padifolia	2	2	0.010	0.2%	0.5%	0.0%	0.7%
Ficus pertusa	3	2	0.068	0.2%	0.5%	0.2%	1.0%
Ficus tecolutensis	21	4	0.228	1.6%	1.0%	0.8%	3.4%
Gliricidia sepium	1	1	0.022	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
Guaicum sanctum	2	1	0.138	0.2%	0.3%	0.5%	0.9%
Guettarda combsii	1	1	0.013	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Gymnanthes lucida	8	6	0.135	0.6%	1.5%	0.5%	2.6%
Hampea trilobata	2	2	0.005	0.2%	0.5%	0.0%	0.7%
Jatropha gaumeri	1	1	0.005	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Lonchocarpus guatemalensis	19	5	0.335	1.5%	1.3%	1.2%	3.9%
Lonchocarpus rugosus	17	8	0.171	1.3%	2.1%	0.6%	4.0%
Lonchocarpus xuul	2	2	0.022	0.2%	0.5%	0.1%	0.7%
Lysiloma latisiliquum	328	28	5.568	25.3%	7.2%	19.5%	51.9%
Malmea depressa	2	1	0.014	0.2%	0.3%	0.0%	0.5%
Manilkara zapota	110	29	7.028	8.5%	7.5%	24.6%	40.5%
Melicoccus oliviformis	1	1	0.013	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Metopium brownei	73	22	1.794	5.6%	5.7%	6.3%	17.6%
Myrcianthes fragrans	3	2	0.062	0.2%	0.5%	0.2%	1.0%
Nectandra coriacea	13	7	0.135	1.0%	1.8%	0.5%	3.3%
Nectandra salicifolia	12	3	0.046	0.9%	0.8%	0.2%	1.9%
Neea psychotrioides	11	6	0.181	0.8%	1.5%	0.6%	3.0%
Ottoschulzia pallida	3	2	0.039	0.2%	0.5%	0.1%	0.9%
Pilocarpus racemosus	2	2	0.006	0.2%	0.5%	0.0%	0.7%
Piscidia piscipula	54	23	0.836	4.2%	5.9%	2.9%	13.0%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Pithecellobium mangense</i>	2	2	0.029	0.2%	0.5%	0.1%	0.8%
<i>Pithecellobium stevensonii</i>	1	1	0.021	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Pouteria campechiana</i>	3	3	0.062	0.2%	0.8%	0.2%	1.2%
<i>Pouteria glomerata</i>	1	1	0.010	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Pouteria reticulata</i>	3	1	0.227	0.2%	0.3%	0.8%	1.3%
<i>Randia aculeata</i>	2	1	0.014	0.2%	0.3%	0.0%	0.5%
<i>Sabal yapa</i>	7	6	0.139	0.5%	1.5%	0.5%	2.6%
<i>Senna pallida</i>	1	1	0.017	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	11	4	0.369	0.8%	1.0%	1.3%	3.2%
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	11	7	0.128	0.8%	1.8%	0.4%	3.1%
<i>Simarouba amara</i>	3	2	0.069	0.2%	0.5%	0.2%	1.0%
<i>Simarouba glauca</i>	1	1	0.034	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Spondias mombin</i>	4	1	0.065	0.3%	0.3%	0.2%	0.8%
<i>Swartzia cubensis</i>	9	7	0.201	0.7%	1.8%	0.7%	3.2%
<i>Tabebuia rosea</i>	1	1	0.041	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Talisia olivaeformis</i>	5	1	0.237	0.4%	0.3%	0.8%	1.5%
<i>Thevetia gaumeri</i>	8	7	0.081	0.6%	1.8%	0.3%	2.7%
<i>Thouinia paucidentata</i>	21	6	0.366	1.6%	1.5%	1.3%	4.4%
<i>Thrinax radiata</i>	18	4	0.121	1.4%	1.0%	0.4%	2.8%
<i>Trema micrantha</i>	13	3	0.040	1.0%	0.8%	0.1%	1.9%
<i>Trophis racemosa</i>	1	1	0.050	0.1%	0.3%	0.2%	0.5%
<i>Vitex gaumeri</i>	76	28	1.643	5.9%	7.2%	5.7%	18.8%
<i>Zuelania guidonia</i>	10	5	0.158	0.8%	1.3%	0.6%	2.6%
	1299	42	28.594	100%	100%	100%	300%

Valor de importancia en el estrato arbustivo

De acuerdo con los resultados de los sitios testigo, en el estrato arbustivo las especies de mayor importancia son *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus*, *Vitex gaumeri*, *Lysiloma latisiliquum* y *Lonchocarpus rugosus* con 21.2%, 11.4%, 11.5, 11.0 y 10.5 respectivamente (**Cuadro 12**).

Cuadro 12. Valor de importancia para el estrato arbustivo en la Microcuenca.

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	3	1	0.0005	0.3%	0.3%	0.0%	0.6%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	5	1	0.0007	0.5%	0.3%	0.0%	0.8%
<i>Acacia dolichostachya</i>	6	3	0.0251	0.6%	0.9%	1.6%	3.0%
<i>Albizia tomentosa</i>	7	2	0.0009	0.7%	0.6%	0.1%	1.3%
<i>Allophylus cominia</i>	1	1	0.0030	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Annona primigenia</i>	2	1	0.0039	0.2%	0.3%	0.2%	0.7%
<i>Antirhea lucida</i>	1	1	0.0023	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Astrocasia tremula</i>	3	1	0.0103	0.3%	0.3%	0.6%	1.2%
<i>Astronium graveolens</i>	4	1	0.0009	0.4%	0.3%	0.1%	0.7%
<i>Bauhinia divaricata</i>	31	6	0.0464	2.9%	1.7%	2.9%	7.5%
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	1	0.0054	0.1%	0.3%	0.3%	0.7%
<i>Bunchosia glandulosa</i>	2	1	0.0003	0.2%	0.3%	0.0%	0.5%
<i>Bursera simaruba</i>	76	17	0.1467	7.1%	4.9%	9.2%	21.2%
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	10	3	0.0160	0.9%	0.9%	1.0%	2.8%
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	5	3	0.0117	0.5%	0.9%	0.7%	2.1%
<i>Callicarpa acuminata</i>	5	2	0.0019	0.5%	0.6%	0.1%	1.2%
<i>Calyptanthus pallens</i>	1	1	0.0023	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Casearia nitida</i>	2	2	0.0015	0.2%	0.6%	0.1%	0.9%
<i>Casimiroa tetrameria</i>	8	2	0.0017	0.7%	0.6%	0.1%	1.4%
<i>Cecropia obtusifolia</i>	6	4	0.0028	0.6%	1.2%	0.2%	1.9%
<i>Cecropia peltata</i>	4	2	0.0109	0.4%	0.6%	0.7%	1.6%
<i>Cedrela odorata</i>	1	1	0.0023	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Chrysophyllum cainito</i>	7	5	0.0133	0.7%	1.4%	0.8%	2.9%
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	2	2	0.0027	0.2%	0.6%	0.2%	0.9%
<i>Coccoloba barbadensis</i>	6	1	0.0029	0.6%	0.3%	0.2%	1.0%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	2	0.0120	0.4%	0.6%	0.8%	1.7%
<i>Coccoloba spicata</i>	51	7	0.0406	4.7%	2.0%	2.6%	9.3%
<i>Coccothrinax readii</i>	13	4	0.0465	1.2%	1.2%	2.9%	5.3%
<i>Cordia alliodora</i>	3	2	0.0006	0.3%	0.6%	0.0%	0.9%
<i>Cordia dodecandra</i>	1	1	0.0008	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	1	0.0078	0.2%	0.3%	0.5%	1.0%
<i>Crossopetalum parviflorum</i>	5	1	0.0258	0.5%	0.3%	1.6%	2.4%
<i>Croton glabellus</i>	1	1	0.0018	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Croton reflexifolius</i>	2	2	0.0128	0.2%	0.6%	0.8%	1.6%
<i>Cupania glabra</i>	9	3	0.0032	0.8%	0.9%	0.2%	1.9%
<i>Dendropanax arboreus</i>	29	12	0.0827	2.7%	3.5%	5.2%	11.4%
<i>Dialium guianense</i>	3	3	0.0064	0.3%	0.9%	0.4%	1.5%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Diospyros cuneata</i>	2	1	0.0107	0.2%	0.3%	0.7%	1.2%
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1	1	0.0019	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4	2	0.0015	0.4%	0.6%	0.1%	1.0%
<i>Dipholis salicifolia</i>	12	3	0.0069	1.1%	0.9%	0.4%	2.4%
<i>Diphysa carthagenensis</i>	8	2	0.0302	0.7%	0.6%	1.9%	3.2%
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	3	0.0142	0.4%	0.9%	0.9%	2.1%
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	2	1	0.0070	0.2%	0.3%	0.4%	0.9%
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	6	3	0.0136	0.6%	0.9%	0.9%	2.3%
<i>Eugenia axillaris</i>	3	1	0.0127	0.3%	0.3%	0.8%	1.4%
<i>Eugenia buxifolia</i>	2	1	0.0052	0.2%	0.3%	0.3%	0.8%
<i>Eugenia trikii</i>	13	3	0.0147	1.2%	0.9%	0.9%	3.0%
<i>Eupatorium albicaule</i>	1	1	0.0003	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Exothea diphylla</i>	1	1	0.0006	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Exothea paniculata</i>	1	1	0.0050	0.1%	0.3%	0.3%	0.7%
<i>Ficus cotinifolia</i>	20	10	0.0683	1.9%	2.9%	4.3%	9.0%
<i>Ficus maxima</i>	5	3	0.0051	0.5%	0.9%	0.3%	1.7%
<i>Ficus padifolia</i>	21	4	0.0065	2.0%	1.2%	0.4%	3.5%
<i>Ficus pertusa</i>	1	1	0.0039	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Ficus tecolutensis</i>	50	6	0.0261	4.7%	1.7%	1.6%	8.0%
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	1	0.0001	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Guettarda combsii</i>	59	6	0.0223	5.5%	1.7%	1.4%	8.6%
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	1	0.0023	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Gymnopodium floribundum</i>	6	2	0.0250	0.6%	0.6%	1.6%	2.7%
<i>Hampea trilobata</i>	29	8	0.0166	2.7%	2.3%	1.0%	6.0%
<i>Jatropha gaumeri</i>	7	2	0.0047	0.7%	0.6%	0.3%	1.5%
<i>Laetia thamnia</i>	1	1	0.0019	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	3	2	0.0103	0.3%	0.6%	0.6%	1.5%
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	31	14	0.0561	2.9%	4.0%	3.5%	10.5%
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	24	11	0.0889	2.2%	3.2%	5.6%	11.0%
<i>Malmea depressa</i>	8	1	0.0046	0.7%	0.3%	0.3%	1.3%
<i>Malpighia glabra</i>	5	1	0.0152	0.5%	0.3%	1.0%	1.7%
<i>Malpighia puniceifolia</i>	1	1	0.0022	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Malvaviscus arboreus</i>	10	3	0.0019	0.9%	0.9%	0.1%	1.9%
<i>Manilkara zapota</i>	19	7	0.0466	1.8%	2.0%	2.9%	6.7%
<i>Metopium brownei</i>	7	5	0.0207	0.7%	1.4%	1.3%	3.4%

Espece	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
Muntingia calabura	10	6	0.0187	0.9%	1.7%	1.2%	3.8%
Myrcianthes fragrans	5	3	0.0066	0.5%	0.9%	0.4%	1.7%
Nectandra coriacea	12	8	0.0385	1.1%	2.3%	2.4%	5.8%
Nectandra salicifolia	76	4	0.0270	7.1%	1.2%	1.7%	9.9%
Neea psychotrioides	5	2	0.0216	0.5%	0.6%	1.4%	2.4%
Ocotea veraguensis	1	1	0.0032	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
Paullinia cururu	4	1	0.0011	0.4%	0.3%	0.1%	0.7%
Phyllanthus graveolens	2	1	0.0007	0.2%	0.3%	0.0%	0.5%
Pilocarpus racemosus	5	2	0.0019	0.5%	0.6%	0.1%	1.2%
Piscidia piscipula	14	7	0.0399	1.3%	2.0%	2.5%	5.8%
Pisonia aculeata	2	2	0.0056	0.2%	0.6%	0.4%	1.1%
Pithecellobium stevensonii	24	4	0.0063	2.2%	1.2%	0.4%	3.8%
Platymiscium yucatanum	4	2	0.0100	0.4%	0.6%	0.6%	1.6%
Pluchea symphytifolia	1	1	0.0003	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Pouteria campechiana	12	5	0.0114	1.1%	1.4%	0.7%	3.3%
Pouteria reticulata	2	1	0.0068	0.2%	0.3%	0.4%	0.9%
Protium copal	1	1	0.0018	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
Pseudobombax ellipticum	3	1	0.0001	0.3%	0.3%	0.0%	0.6%
Psidium sartorianum	4	2	0.0150	0.4%	0.6%	0.9%	1.9%
Psychotria nervosa	3	2	0.0004	0.3%	0.6%	0.0%	0.9%
Pteridium aquilinum	1	1	0.0000	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Randia aculeata	11	1	0.0022	1.0%	0.3%	0.1%	1.4%
Sabal yapa	2	2	0.0007	0.2%	0.6%	0.0%	0.8%
Sapranthus campechianus	4	2	0.0013	0.4%	0.6%	0.1%	1.0%
Semialarium mexicanum	4	3	0.0010	0.4%	0.9%	0.1%	1.3%
Senna atomaria	15	2	0.0028	1.4%	0.6%	0.2%	2.1%
Senna pallida	3	1	0.0009	0.3%	0.3%	0.1%	0.6%
Sideroxylon salicifolium	10	8	0.0362	0.9%	2.3%	2.3%	5.5%
Simarouba glauca	19	4	0.0040	1.8%	1.2%	0.3%	3.2%
Swartzia cubensis	16	4	0.0162	1.5%	1.2%	1.0%	3.7%
Tabebuia chrysantha	3	1	0.0006	0.3%	0.3%	0.0%	0.6%
Talisia olivaeformis	1	1	0.0001	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
Thevetia gaumeri	41	11	0.0334	3.8%	3.2%	2.1%	9.1%
Thouinia paucidentata	7	3	0.0195	0.7%	0.9%	1.2%	2.7%
Thrinax radiata	6	3	0.0286	0.6%	0.9%	1.8%	3.2%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Trema micrantha</i>	3	2	0.0035	0.3%	0.6%	0.2%	1.1%
<i>Vitex gaumeri</i>	28	13	0.0815	2.6%	3.7%	5.1%	11.5%
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	3	1	0.0009	0.3%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Ziziphus mauritiana</i>	2	1	0.0064	0.2%	0.3%	0.4%	0.9%
<i>Zuelania guidonia</i>	15	9	0.0194	1.4%	2.6%	1.2%	5.2%
	1075	42	1.5872	100.0%	100.0%	100.0%	300.0%

Valor de importancia en el estrato herbáceo

De acuerdo con los resultados de los sitios testigo, en el estrato herbáceo las especies de mayor importancia son *Nectandra coriácea*, *Psychotria nervosa*, *Dendropanax arboreus*, *Oplismenus hirtellus*, *Smilax mollis* con 17.3%, 13.5 %, 13.1%, 12.2%, 11.5, 11.0 y 10.5 respectivamente (**Cuadro 13**).

Cuadro 13. Valor de importancia para el estrato herbáceo en la Microcuenca.

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	2	1	0.46	0.2%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Acacia dolichostachya</i>	1	1	3.5	0.1%	0.3%	0.9%	1.4%
<i>Allophylus cominia</i>	3	2	1.37	0.3%	0.7%	0.4%	1.3%
<i>Ardisia escallonioides</i>	7	2	1.43	0.7%	0.7%	0.4%	1.7%
<i>Arrabidaea floribunda</i>	2	1	1.08	0.2%	0.3%	0.3%	0.8%
<i>Astrocasia tremula</i>	1	1	0.6	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	1	1.14	0.3%	0.3%	0.3%	0.9%
<i>Bauhinia jenningsii</i>	13	7	2.58	1.3%	2.3%	0.7%	4.2%
<i>Bunchosia swartziana</i>	3	1	0.91	0.3%	0.3%	0.2%	0.9%
<i>Bursera simaruba</i>	13	8	4.11	1.3%	2.6%	1.1%	5.0%
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	2	1.04	0.2%	0.7%	0.3%	1.1%
<i>Byrsonima crassifolia</i>	2	1	0.7	0.2%	0.3%	0.2%	0.7%
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	3	1	0.85	0.3%	0.3%	0.2%	0.8%
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	3	1	0.69	0.3%	0.3%	0.2%	0.8%
<i>Canella winterana</i>	3	1	1.23	0.3%	0.3%	0.3%	0.9%
<i>Cardiospermum corindum</i>	1	1	0.3	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Casimiroa tetrameria</i>	1	1	0.17	0.1%	0.3%	0.0%	0.5%
<i>Cedrela odorata</i>	1	1	0.46	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Celtis iguanaea</i>	1	1	0.09	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Chrysophyllum cainito</i>	2	1	0.82	0.2%	0.3%	0.2%	0.7%
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	1	0.2	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Cissus cacuminis</i>	1	1	0.26	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Cissus sicyoides</i>	14	4	4.1	1.4%	1.3%	1.1%	3.8%
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	4	3	3.11	0.4%	1.0%	0.8%	2.2%
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1	1	0.35	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	2	2	6.06	0.2%	0.7%	1.6%	2.5%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	1	0.35	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Coccoloba spicata</i>	10	8	2.25	1.0%	2.6%	0.6%	4.2%
<i>Coccothrinax readii</i>	13	3	6.52	1.3%	1.0%	1.7%	4.0%
<i>Croton glabellus</i>	3	1	0.7	0.3%	0.3%	0.2%	0.8%
<i>Croton reflexifolius</i>	12	4	3.28	1.2%	1.3%	0.9%	3.4%
<i>Cupania glabra</i>	1	1	0.3	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Cydista aequinoctalis</i>	18	5	6.04	1.8%	1.6%	1.6%	5.0%
<i>Cydista potosina</i>	2	1	0.7	0.2%	0.3%	0.2%	0.7%
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	4	2	0.67	0.4%	0.7%	0.2%	1.2%
<i>Dalbergia glabra</i>	1	1	2	0.1%	0.3%	0.5%	1.0%
<i>Dendropanax arboreus</i>	48	11	17.89	4.7%	3.6%	4.8%	13.1%
<i>Diospyros tetrasperma</i>	4	2	0.93	0.4%	0.7%	0.2%	1.3%
<i>Diospyros yucatanensis</i>	3	2	0.57	0.3%	0.7%	0.2%	1.1%
<i>Dipholis salicifolia</i>	1	1	0.8	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Diphysa carthagenensis</i>	1	1	0.15	0.1%	0.3%	0.0%	0.5%
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	9	4	3.51	0.9%	1.3%	0.9%	3.1%
<i>Eugenia axillaris</i>	1	1	0.8	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Eugenia trikii</i>	2	1	0.31	0.2%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Eupatorium albicaule</i>	15	7	5.41	1.5%	2.3%	1.4%	5.2%
<i>Exothea paniculata</i>	4	1	1.17	0.4%	0.3%	0.3%	1.0%
<i>Ficus cotinifolia</i>	3	2	1.13	0.3%	0.7%	0.3%	1.2%
<i>Ficus maxima</i>	6	3	2.76	0.6%	1.0%	0.7%	2.3%
<i>Ficus pertusa</i>	13	4	3.09	1.3%	1.3%	0.8%	3.4%
<i>Ficus tecolutensis</i>	2	1	1.2	0.2%	0.3%	0.3%	0.8%
<i>Guaiacum sanctum</i>	4	2	1.9	0.4%	0.7%	0.5%	1.6%
<i>Guettarda combsii</i>	5	3	1.6	0.5%	1.0%	0.4%	1.9%
<i>Gymnanthes lucida</i>	8	3	3.74	0.8%	1.0%	1.0%	2.8%
<i>Gymnopodium</i>	6	1	1.19	0.6%	0.3%	0.3%	1.2%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
floribundum							
<i>Hampea trilobata</i>	14	7	4.92	1.4%	2.3%	1.3%	5.0%
<i>Helicteres baruensis</i>	1	1	3	0.1%	0.3%	0.8%	1.2%
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	1	0.35	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Lasiacis divaricata</i>	13	3	3.27	1.3%	1.0%	0.9%	3.1%
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	29	10	9.26	2.9%	3.3%	2.5%	8.6%
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	14	3	4.68	1.4%	1.0%	1.2%	3.6%
<i>Malpighia glabra</i>	6	4	4.7	0.6%	1.3%	1.3%	3.1%
<i>Malvaviscus arboreus</i>	22	7	7.61	2.2%	2.3%	2.0%	6.5%
<i>Manilkara zapota</i>	17	6	5.99	1.7%	2.0%	1.6%	5.2%
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	1	0.53	0.2%	0.3%	0.1%	0.7%
<i>Metopium brownei</i>	41	8	12.12	4.0%	2.6%	3.2%	9.9%
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1	1	0.8	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Nectandra coriacea</i>	73	12	23.3	7.2%	3.9%	6.2%	17.3%
<i>Nectandra salicifolia</i>	48	5	12.43	4.7%	1.6%	3.3%	9.7%
<i>Nectandra sanguinea</i>	2	1	0.9	0.2%	0.3%	0.2%	0.8%
<i>Neea psychotrioides</i>	2	1	0.44	0.2%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Oplismenus hirtellus</i>	66	6	14.07	6.5%	2.0%	3.7%	12.2%
<i>Otopappus curviflorus</i>	1	1	2	0.1%	0.3%	0.5%	1.0%
<i>Paspalum paniculatum</i>	4	1	0.88	0.4%	0.3%	0.2%	1.0%
<i>Paullinia cururu</i>	21	9	9.84	2.1%	2.9%	2.6%	7.6%
<i>Phyllanthus graveolens</i>	1	1	0.08	0.1%	0.3%	0.0%	0.4%
<i>Piper amalago</i>	3	1	2.8	0.3%	0.3%	0.7%	1.4%
<i>Piscidia piscipula</i>	1	1	0.13	0.1%	0.3%	0.0%	0.5%
<i>Pithecellobium stevensonii</i>	19	5	4.97	1.9%	1.6%	1.3%	4.8%
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	4	1	1.19	0.4%	0.3%	0.3%	1.0%
<i>Pouteria campechiana</i>	1	1	1	0.1%	0.3%	0.3%	0.7%
<i>Protium copal</i>	2	2	2.4	0.2%	0.7%	0.6%	1.5%
<i>Psidium sartorianum</i>	8	3	3.05	0.8%	1.0%	0.8%	2.6%
<i>Psychotria nervosa</i>	48	12	18.36	4.7%	3.9%	4.9%	13.5%
<i>Psychotria pubescens</i>	23	3	12.8	2.3%	1.0%	3.4%	6.7%
<i>Pteridium aquilinum</i>	7	2	6.34	0.7%	0.7%	1.7%	3.0%
<i>Randia aculeata</i>	29	8	10.93	2.9%	2.6%	2.9%	8.4%
<i>Sabal yapa</i>	1	1	3	0.1%	0.3%	0.8%	1.2%
<i>Senna atomaria</i>	2	1	0.45	0.2%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Serjania adiantoides</i>	22	4	17.13	2.2%	1.3%	4.6%	8.0%

Especie	Ind	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Serjania goniocarpa</i>	28	5	9.71	2.8%	1.6%	2.6%	7.0%
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	5	2	1.29	0.5%	0.7%	0.3%	1.5%
<i>Smilax mollis</i>	49	5	18.63	4.8%	1.6%	5.0%	11.4%
<i>Solanum erianthum</i>	1	1	0.6	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Swartzia cubensis</i>	1	1	0.33	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Talisia olivaeformis</i>	5	4	2.57	0.5%	1.3%	0.7%	2.5%
<i>Tetracera volubilis</i>	1	1	0.2	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%
<i>Thevetia gaumeri</i>	22	7	8.78	2.2%	2.3%	2.3%	6.8%
<i>Thouinia paucidentata</i>	5	4	1.82	0.5%	1.3%	0.5%	2.3%
<i>Thrinax radiata</i>	31	7	7.66	3.1%	2.3%	2.0%	7.4%
<i>Trema micrantha</i>	2	1	0.43	0.2%	0.3%	0.1%	0.6%
<i>Urvillea ulmacea</i>	13	3	3.98	1.3%	1.0%	1.1%	3.3%
<i>Vitex gaumeri</i>	2	2	0.52	0.2%	0.7%	0.1%	1.0%
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1	1	0.6	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
<i>Zuelania guidonia</i>	9	4	3.95	0.9%	1.3%	1.1%	3.2%
	1014	42	375.36	100.0%	100.0%	100.0%	300.0%

Índice de diversidad

Como parte de los resultados del muestreo en la microcuena se obtuvo la abundancia, abundancia relativa y con ellos el índice de diversidad de Shannon a través de la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i * \log_{10} P_i)$$

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

Log₁₀ = logaritmo base 10

Los resultados muestran que en la microcuenca el estrato con mayor diversidad es el estrato arbustivo con un valor de $H' = 1.7534$, seguido del estrato arbustivo con $H' = 1.7022$ y por último el estrato arbóreo con $H' = 1.3573$

En el **Cuadro 14** se presenta el índice de diversidad para el estrato arbóreo considerando las especies encontradas en cada uno de los 42 sitios testigo establecidos en la microcuenca.

Cuadro 14. Índice de diversidad de Shannon para el estrato arbóreo en la Microcuenca.

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Acacia angustissima	3	-0.00608889
Acacia dolichostachya	82	-0.07573766
Allophylus campostachys	1	-0.00239693
Amyris sylvatica	1	-0.00239693
Annona glabra	2	-0.00433038
Ardisia cubana	1	-0.00239693
Bauhinia divaricata	2	-0.00433038
Bauhinia jenningsii	1	-0.00239693
Blomia prisca	6	-0.01078733
Brosimum alicastrum	10	-0.01627105
Bursera simaruba	109	-0.09030324
Byrsonima bucidaefolia	7	-0.01222446
Caesalpinia gaumeri	14	-0.02120457
Caesalpinia yucatanensis	2	-0.00433038
Cameraria latifolia	1	-0.00239693
Casearia nitida	2	-0.00433038
Casimiroa sapota	1	-0.00239693
Cecropia obtusifolia	6	-0.01078733
Cecropia peltata	1	-0.00239693
Ceiba aesculifolia	3	-0.00608889
Chrysophyllum cainito	1	-0.00239693
Coccoloba acapulcensis	2	-0.00433038
Coccoloba barbadensis	1	-0.00239693
Coccoloba diversifolia	1	-0.00239693
Coccoloba spicata	6	-0.01078733
Cordia alliodora	1	-0.00239693
Cordia gerascanthus	7	-0.01222446

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Crossopetalum parviflorum	1	-0.00239693
Croton glabellus	2	-0.00433038
Croton reflexifolius	2	-0.00433038
Cupania dentata	1	-0.00239693
Dendropanax arboreus	26	-0.03399887
Diospyros cuneata	1	-0.00239693
Dipholis salicifolia	3	-0.00608889
Diphysa carthagenensis	7	-0.01222446
Drypetes lateriflora	3	-0.00608889
Exothea diphylla	2	-0.00433038
Exothea paniculata	1	-0.00239693
Ficus citrifolia	5	-0.00929422
Ficus cotinifolia	61	-0.06237493
Ficus crassinervia	1	-0.00239693
Ficus maxima	6	-0.01078733
Ficus padifolia	2	-0.00433038
Ficus pertusa	3	-0.00608889
Ficus tecolutensis	21	-0.02896011
Gliricidia sepium	1	-0.00239693
Guaiacum sanctum	2	-0.00433038
Guettarda combsii	1	-0.00239693
Gymnanthes lucida	8	-0.01361367
Hampea trilobata	2	-0.00433038
Jatropha gaumeri	1	-0.00239693
Lonchocarpus guatemalensis	19	-0.02683776
Lonchocarpus rugosus	17	-0.0246449
Lonchocarpus xuul	2	-0.00433038
Lysiloma latisiliquum	328	-0.15092932
Malmea depressa	2	-0.00433038
Manilkara zapota	110	-0.09079585
Melicoccus oliviformis	1	-0.00239693
Metopium brownei	73	-0.07026243
Myrcianthes fragrans	3	-0.00608889
Nectandra coriacea	13	-0.02001205
Nectandra salicifolia	12	-0.01879379
Neea psychotrioides	11	-0.01754764

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Ottoschulzia pallida	3	-0.00608889
Pilocarpus racemosus	2	-0.00433038
Piscidia piscipula	54	-0.05741773
Pithecellobium mangense	2	-0.00433038
Pithecellobium stevensonii	1	-0.00239693
Pouteria campechiana	3	-0.00608889
Pouteria glomerata	1	-0.00239693
Pouteria reticulata	3	-0.00608889
Randia aculeata	2	-0.00433038
Sabal yapa	7	-0.01222446
Senna pallida	1	-0.00239693
Sideroxylon foetidissimum	11	-0.01754764
Sideroxylon salicifolium	11	-0.01754764
Simarouba amara	3	-0.00608889
Simarouba glauca	1	-0.00239693
Spondias mombin	4	-0.00773379
Swartzia cubensis	9	-0.01496097
Tabebuia rosea	1	-0.00239693
Talisia olivaeformis	5	-0.00929422
Thevetia gaumeri	8	-0.01361367
Thouinia paucidentata	21	-0.02896011
Thrinax radiata	18	-0.02575062
Trema micrantha	13	-0.02001205
Trophis racemosa	1	-0.00239693
Vitex gaumeri	76	-0.07212661
Zuelania guidonia	10	-0.01627105
Núm. total de individuos	1299	
Riqueza S	89	
H' calculada =	1.35736036	
H max = Ln S =	4.48863637	
Equidad (J) = H/Hmax =	0.30239927	
H max - H calculada =	3.13127601	

En el **Cuadro 15** se presenta el índice de diversidad para el estrato arbustivo considerando las especies encontradas en cada uno de los 42 sitios testigo establecidos en la microcuenca.

Cuadro 15. Índice de diversidad de Shannon para el estrato arbustivo en la Microcuenca.

Espece	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Acacia angustissima</i>	3	-0.007128243
<i>Acacia cornigera</i>	5	-0.010848551
<i>Acacia dolichostachya</i>	6	-0.012576319
<i>Albizia tomentosa</i>	7	-0.01423644
<i>Allophylus cominia</i>	1	-0.002819915
<i>Annona primigenia</i>	2	-0.005079774
<i>Antirhea lucida</i>	1	-0.002819915
<i>Astrocasia tremula</i>	3	-0.007128243
<i>Astronium graveolens</i>	4	-0.009039436
<i>Bauhinia divaricata</i>	31	-0.044410651
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	-0.002819915
<i>Bunchosia glandulosa</i>	2	-0.005079774
<i>Bursera simaruba</i>	76	-0.081344382
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	10	-0.018896823
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	5	-0.010848551
<i>Callicarpa acuminata</i>	5	-0.010848551
<i>Calyptanthus pallens</i>	1	-0.002819915
<i>Casearia nitida</i>	2	-0.005079774
<i>Casimiroa tetrameria</i>	8	-0.015838649
<i>Cecropia obtusifolia</i>	6	-0.012576319
<i>Cecropia peltata</i>	4	-0.009039436
<i>Cedrela odorata</i>	1	-0.002819915
<i>Chrysophyllum cainito</i>	7	-0.01423644
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	2	-0.005079774
<i>Coccoloba barbadensis</i>	6	-0.012576319
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	-0.009039436
<i>Coccoloba spicata</i>	51	-0.062805351
<i>Coccothrinax readii</i>	13	-0.02318795
<i>Cordia alliodora</i>	3	-0.007128243
<i>Cordia dodecandra</i>	1	-0.002819915
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	-0.005079774

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Crossopetalum parviflorum</i>	5	-0.010848551
<i>Croton glabellus</i>	1	-0.002819915
<i>Croton reflexifolius</i>	2	-0.005079774
<i>Cupania glabra</i>	9	-0.017390227
<i>Dendropanax arboreus</i>	29	-0.042326794
<i>Dialium guianense</i>	3	-0.007128243
<i>Diospyros cuneata</i>	2	-0.005079774
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1	-0.002819915
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4	-0.009039436
<i>Dipholis salicifolia</i>	12	-0.021792304
<i>Diphysa carthagenensis</i>	8	-0.015838649
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	-0.009039436
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	2	-0.005079774
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	6	-0.012576319
<i>Eugenia axillaris</i>	3	-0.007128243
<i>Eugenia buxifolia</i>	2	-0.005079774
<i>Eugenia trikii</i>	13	-0.02318795
<i>Eupatorium albicaule</i>	1	-0.002819915
<i>Exothea diphylla</i>	1	-0.002819915
<i>Exothea paniculata</i>	1	-0.002819915
<i>Ficus cotinifolia</i>	20	-0.032193088
<i>Ficus maxima</i>	5	-0.010848551
<i>Ficus padifolia</i>	21	-0.033388812
<i>Ficus pertusa</i>	1	-0.002819915
<i>Ficus tecolutensis</i>	50	-0.061973882
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	-0.002819915
<i>Guettarda combsii</i>	59	-0.069184029
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	-0.002819915
<i>Gymnopodium floribundum</i>	6	-0.012576319
<i>Hampea trilobata</i>	29	-0.042326794
<i>Jatropha gaumeri</i>	7	-0.01423644
<i>Laetia thamnia</i>	1	-0.002819915
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	3	-0.007128243
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	31	-0.044410651
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	24	-0.036863938
<i>Malmea depressa</i>	8	-0.015838649

Espece	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Malpighia glabra	5	-0.010848551
Malpighia puniceifolia	1	-0.002819915
Malvaviscus arboreus	10	-0.018896823
Manilkara zapota	19	-0.030977156
Metopium brownei	7	-0.01423644
Muntingia calabura	10	-0.018896823
Myrcianthes fragrans	5	-0.010848551
Nectandra coriacea	12	-0.021792304
Nectandra salicifolia	76	-0.081344382
Neea psychotrioides	5	-0.010848551
Ocotea veraguensis	1	-0.002819915
Paullinia cururu	4	-0.009039436
Phyllanthus graveolens	2	-0.005079774
Pilocarpus racemosus	5	-0.010848551
Piscidia piscipula	14	-0.024552489
Pisonia aculeata	2	-0.005079774
Pithecellobium stevensonii	24	-0.036863938
Platymiscium yucatanum	4	-0.009039436
Pluchea symphytifolia	1	-0.002819915
Pouteria campechiana	12	-0.021792304
Pouteria reticulata	2	-0.005079774
Protium copal	1	-0.002819915
Pseudobombax ellipticum	3	-0.007128243
Psidium sartorianum	4	-0.009039436
Psychotria nervosa	3	-0.007128243
Pteridium aquilinum	1	-0.002819915
Randia aculeata	11	-0.020362952
Sabal yapa	2	-0.005079774
Sapranthus campechianus	4	-0.009039436
Semialarium mexicanum	4	-0.009039436
Senna atomaria	15	-0.025888147
Senna pallida	3	-0.007128243
Sideroxylon salicifolium	10	-0.018896823
Simarouba glauca	19	-0.030977156
Swartzia cubensis	16	-0.027196852
Tabebuia chrysantha	3	-0.007128243

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Talisia olivaeformis	1	-0.002819915
Thevetia gaumeri	41	-0.054105683
Thouinia paucidentata	7	-0.01423644
Thrinax radiata	6	-0.012576319
Trema micrantha	3	-0.007128243
Vitex gaumeri	28	-0.041264197
Wimmeria obtusifolia	3	-0.007128243
Ziziphus mauritiana	2	-0.005079774
Zuelania guidonia	15	-0.025888147
Núm. total de individuos	1075	
Riqueza S	112	
H' calculada =	1.75344115	
H max = Ln S =	4.718498871	
Equidad (J) = H/Hmax =	0.371609954	
H max - H calculada =	2.965057721	

En el **Cuadro 16** se presenta el índice de diversidad para el estrato herbáceo considerando las especies encontradas en cada uno de los 42 sitios testigo establecidos en la microcuenca.

Cuadro 16. Índice de diversidad de Shannon para el estrato herbáceo en la Microcuenca.

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Acacia cornigera	2	-0.005335321
Acacia dolichostachya	1	-0.002964534
Allophylus cominia	3	-0.007482002
Ardisia escallonioides	7	-0.014917731
Arrabidaea floribunda	2	-0.005335321
Astrocasia tremula	1	-0.002964534
Bauhinia divaricata	3	-0.007482002
Bauhinia jenningsii	13	-0.024257623
Bunchosia swartziana	3	-0.007482002
Bursera simaruba	13	-0.024257623
Byrsonima bucidaefolia	2	-0.005335321
Byrsonima crassifolia	2	-0.005335321
Caesalpinia gaumeri	3	-0.007482002

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Caesalpinia yucatanensis	3	-0.007482002
Canella winterana	3	-0.007482002
Cardiospermum corindum	1	-0.002964534
Casimiroa tetrameria	1	-0.002964534
Cedrela odorata	1	-0.002964534
Celtis iguanaea	1	-0.002964534
Chrysophyllum cainito	2	-0.005335321
Chrysophyllum mexicanum	1	-0.002964534
Cissus cacuminis	1	-0.002964534
Cissus sicyoides	14	-0.02567923
Coccoloba acapulcensis	4	-0.009483148
Coccoloba barbadensis	1	-0.002964534
Coccoloba cozumelensis	2	-0.005335321
Coccoloba diversifolia	1	-0.002964534
Coccoloba spicata	10	-0.019783412
Coccothrinax readii	13	-0.024257623
Croton glabellus	3	-0.007482002
Croton reflexifolius	12	-0.022803038
Cupania glabra	1	-0.002964534
Cydista aequinoctalis	18	-0.031078677
Cydista potosina	2	-0.005335321
Cyrtopodium macrobulbon	4	-0.009483148
Dalbergia glabra	1	-0.002964534
Dendropanax arboreus	48	-0.062712271
Diospyros tetrasperma	4	-0.009483148
Diospyros yucatanensis	3	-0.007482002
Dipholis salicifolia	1	-0.002964534
Diphysa carthagenensis	1	-0.002964534
Esenbeckia pentaphylla	9	-0.018211202
Eugenia axillaris	1	-0.002964534
Eugenia trikii	2	-0.005335321
Eupatorium albicaule	15	-0.027070217
Exothea paniculata	4	-0.009483148
Ficus cotinifolia	3	-0.007482002
Ficus maxima	6	-0.013182762
Ficus pertusa	13	-0.024257623

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Ficus tecolutensis	2	-0.005335321
Guaiacum sanctum	4	-0.009483148
Guettarda combsii	5	-0.011376075
Gymnanthes lucida	8	-0.016591305
Gymnopodium floribundum	6	-0.013182762
Hampea trilobata	14	-0.02567923
Helicteres baruensis	1	-0.002964534
Jatropha gaumeri	1	-0.002964534
Lasiacis divaricata	13	-0.024257623
Lonchocarpus rugosus	29	-0.044147494
Lysiloma latisiliquum	14	-0.02567923
Malpighia glabra	6	-0.013182762
Malvaviscus arboreus	22	-0.036094217
Manilkara zapota	17	-0.029768258
Melicoccus oliviformis	2	-0.005335321
Metopium brownei	41	-0.056334732
Myrcianthes fragrans	1	-0.002964534
Nectandra coriacea	73	-0.082266471
Nectandra salicifolia	48	-0.062712271
Nectandra sanguinea	2	-0.005335321
Neea psychotrioides	2	-0.005335321
Oplismenus hirtellus	66	-0.077227421
Otopappus curviflorus	1	-0.002964534
Paspalum paniculatum	4	-0.009483148
Paullinia cururu	21	-0.034871984
Phyllanthus graveolens	1	-0.002964534
Piper amalago	3	-0.007482002
Piscidia piscipula	1	-0.002964534
Pithecellobium stevensonii	19	-0.032365289
Pithecoctenium crucigerum	4	-0.009483148
Pouteria campechiana	1	-0.002964534
Protium copal	2	-0.005335321
Psidium sartorianum	8	-0.016591305
Psychotria nervosa	48	-0.062712271
Psychotria pubescens	23	-0.037296975
Pteridium aquilinum	7	-0.014917731

Espece	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
Randia aculeata	29	-0.044147494
Sabal yapa	1	-0.002964534
Senna atomaria	2	-0.005335321
Serjania adiantoides	22	-0.036094217
Serjania goniocarpa	28	-0.043045994
Sideroxylon salicifolium	5	-0.011376075
Smilax mollis	49	-0.063586047
Solanum erianthum	1	-0.002964534
Swartzia cubensis	1	-0.002964534
Talisia olivaeformis	5	-0.011376075
Tetracera volubilis	1	-0.002964534
Thevetia gaumeri	22	-0.036094217
Thouinia paucidentata	5	-0.011376075
Thrinax radiata	31	-0.046306671
Trema micrantha	2	-0.005335321
Urvillea ulmacea	13	-0.024257623
Vitex gaumeri	2	-0.005335321
Wimmeria obtusifolia	1	-0.002964534
Zuelania guidonia	9	-0.018211202
Núm. total de individuos		1014
Riqueza S		104
H' calculada =		1.702205754
H max = Ln S =		4.644390899
Equidad (J) = H/Hmax =		0.366507857
H max - H calculada =		2.942185145

Fauna

De acuerdo con la caracterización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, la riqueza faunística del municipio se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de especies (**Cuadro 17**).

Cuadro 17. Riqueza faunística del Municipio de Benito Juárez.

Grupo	Especies	Familias	NOM-059	P	A	Pr	Endémicos
Peces continentales	26	15	2	1	1	0	2
Anfibios	15	7	3	0	0	3	1
Reptiles	57	19	27	4	9	14	1
Aves	406	65	78	11	19	48	6
Mamíferos	62	26	13	7	6	0	3
Total	566	132	124	23	35	65	13

Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez 2014. Fase de caracterización.

Con el fin de poder establecer una comparación paramétrica de la riqueza y diversidad presente en la microcuenca fueron establecidos recorridos y puntos de observación para el registro de la fauna en los mismos sitios testigo utilizados para la vegetación. Sin embargo, para el registro de fauna únicamente se establecieron puntos observación en 34 de los 42 sitios testigos establecidos para vegetación.

Con los resultados de los 34 sitios observados se obtuvieron datos de abundancia, riqueza y diversidad los cuales se presentan en el **Cuadro 18** y sugieren que el grupo de mayor riqueza es el de las aves.

Cuadro 18. Índices de diversidad estimados para los sitios testigo dentro de la Microcuenca.

CLASE	No. ESPECIES	ABUNDANCIA ABSOLUTA	RIQUEZA ESPECÍFICA	ÍNDICE DE SIMPSON	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER
Anfibios	9	89	8.777	0.221	1.757
Reptiles	24	149	23.800	0.125	2.460
Aves	64	446	63.836	0.032	3.695
Mamíferos	20	122	19.792	0.132	2.401

DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PREDIO QUE INCLUYA LAS FINES A QUE ESTE DESTINADO

Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981)³¹, 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 19** se presenta el diagrama ombrotérmico que representa de manera gráfica el comportamiento de estas variables a lo largo del ciclo anual.

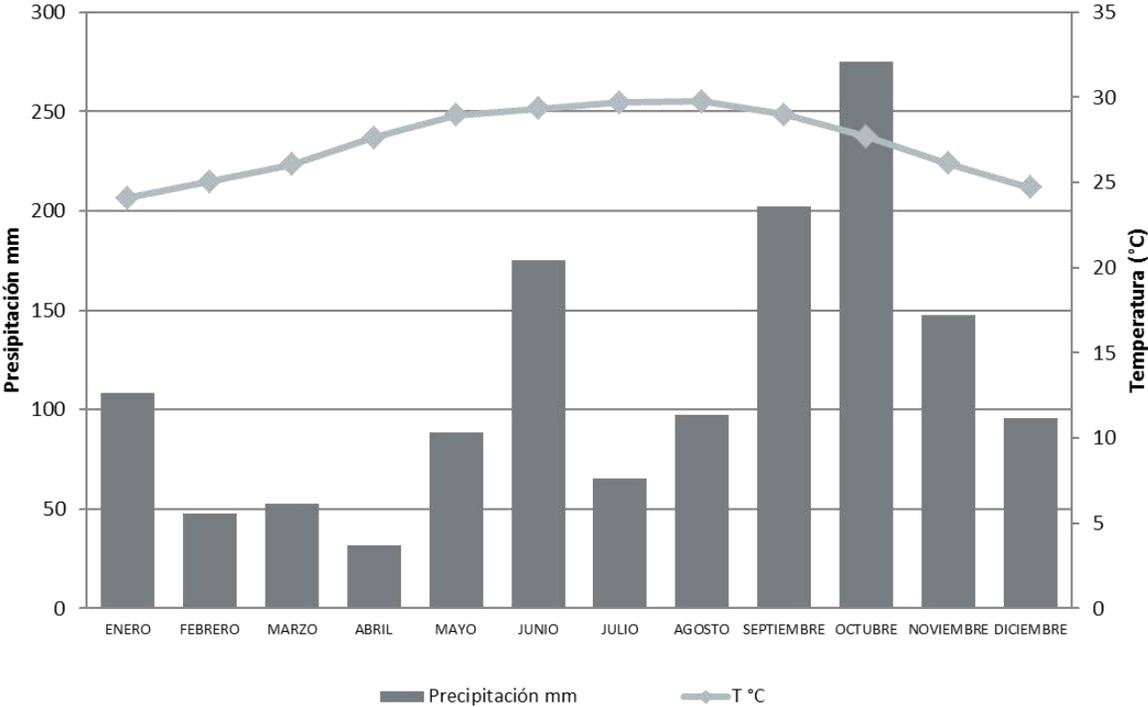


Figura 19. Diagrama Ombrotérmico, Estación Meteorológica Cancún. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos periódicos generados por la CONAGUA en la estación meteorológica 23155 durante el periodo 1991-2009.

³¹ 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.

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, 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. A través del trabajo de campo realizado en los muestreos de vegetación, fue posible observar que se presentan zonas dentro del predio donde se han encontrado rasgo de degradación, así mismo es posible observar que dicha degradación deriva del saqueo de plantas y suelo orgánico. En la **Figura 20** se muestra un ejemplo de una zona degradada y con presencia de erosión debido a la remoción de la cobertura vegetal y el saqueo mencionado.



Figura 19. Presencia de degradación del suelo en el predio. La fotografía muestra un sitio en donde fue posible apreciar la degradación ocasionada por el saqueo de plantas y tierra de monte.

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 0.69 y 8.62 grados (Figura 21).



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Aqua Residencial II

Supermanzana 330, Mza 01, Lote 1-02
Avenida Villa Mallorca
Ciudad de Cancún, 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

Simbología

Pendiente

	1.23 - 1.74		3.55 - 4.31
	1.75 - 2.29		4.32 - 5.21
	2.3 - 2.88		5.22 - 6.43
	0.7 - 1.22		6.44 - 8.82
	0 - 0.69		
	2.89 - 3.54		

Grados decimales

Figura 21. Pendiente del predio. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos Lidar-INEGI.

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)³³. Derivado de esto, se tiene que los coeficientes de escurrimiento presentes en el predio son de 0 a 5%, lo cual

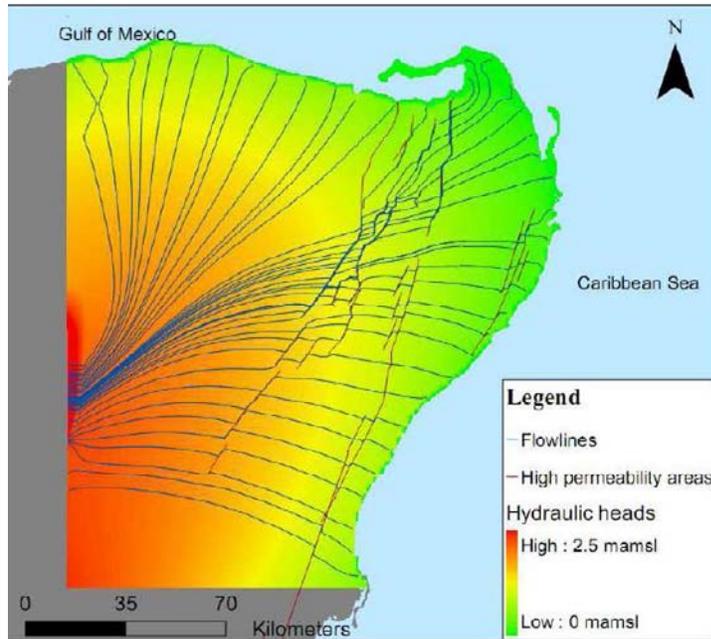


Figura 21. Patrón del flujo hidrológico en el noreste de la Península de Yucatán. Fuente: Charvet (2009)³².

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.

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 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 del procesamiento de los datos Lidar. En dicha modelación el flujo a penas presente en el predio muestra un ligero encause hacia la parte oriente (**Figura 22**).

³² Charvet G., 2009. Exploration, modeling and management of groundwater resources in Northern Quintana Roo, Mexico. Master Thesis. Technical University of Denmark.

³³ 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.

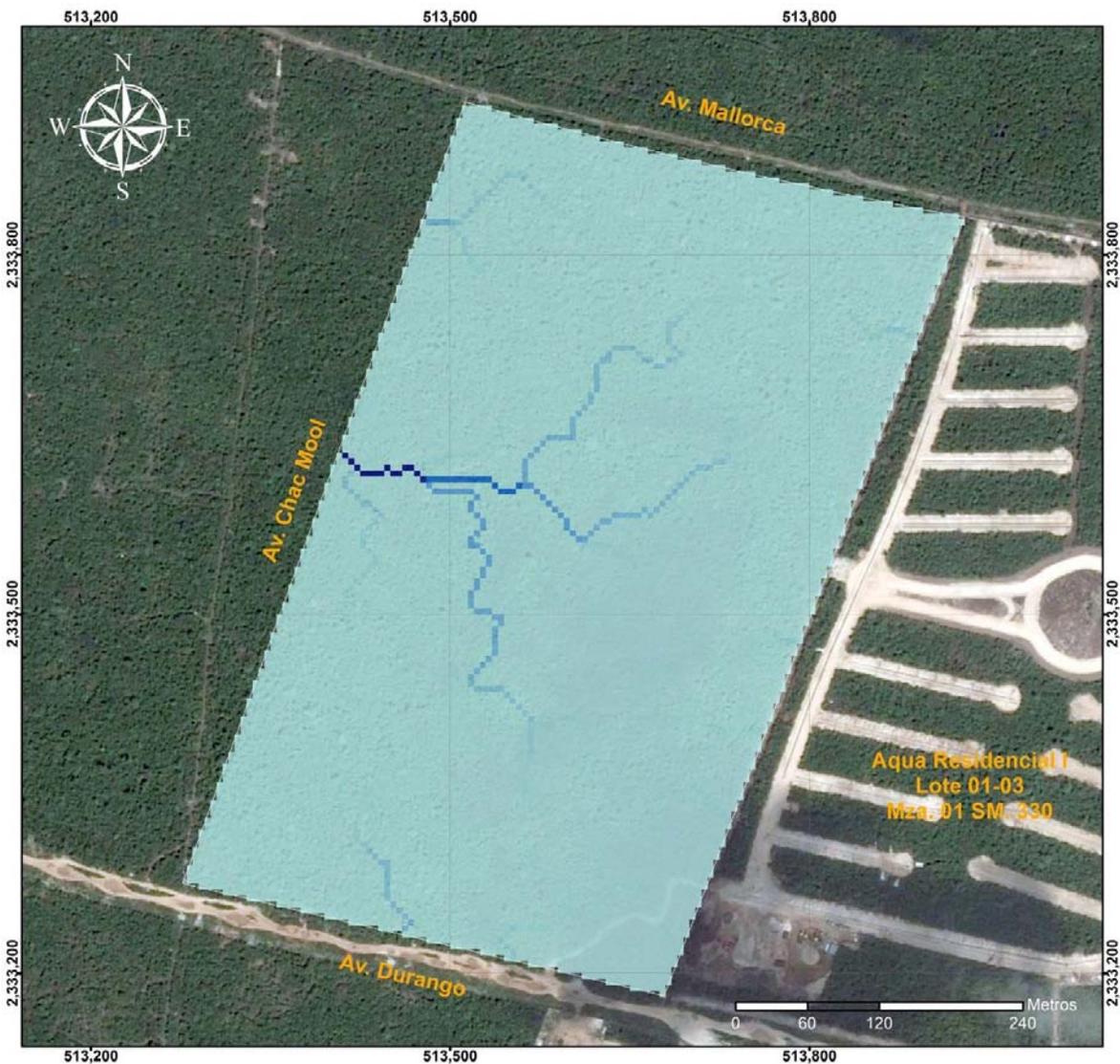


Figura 22. Flujo superficial del predio. Fuente: Elaboración propia a partir de la modelación del flujo acumulado en la extensión Hidrology/Spatial Analyst del software ArcGIS 10.1.

Tipos de vegetación y flora del predio

En el predio únicamente se presenta un tipo de vegetación el cual corresponde a vegetación secundaria derivada de selva median subperennifolia y con el fin de hacer un análisis de las variables ecológicas de la misma, así como la estimación del volumen de masa forestal, se llevó a cabo un muestreo sistemático.

Método del inventario

Para diseñar el trabajo de campo, se llevó a cabo un análisis de gabinete, en el cual se consideró el plano del levantamiento topográfico del predio, las condiciones actuales, así como fotografías aéreas e imágenes de satélite correspondientes del lugar.

Una vez identificada la condición actual y la cobertura de vegetación forestal en la periferia del predio y en general de la zona, se generó el diseño de muestreo al exterior del predio, donde fuera lo más cercano posible, de forma que se pueda representas las condiciones que presentaba inicialmente.

El muestreo sistemático consiste en la toma de muestras equidistantes con el fin de realizar una mejor caracterización de la población (Krebs, 1989)³⁴. Dicho método de muestreo fue seleccionado por las siguientes razones (Navarro, 2004)³⁵

- El muestreo sistemático es fácil de llevar a cabo en el campo, y por lo tanto, a diferencia de las muestra irrestrictas aleatorias y las muestras aleatorias estratificadas, esté menos expuesto a errores de selección que cometen los investigadores en campo.
- El muestreo sistemático puede proporcionar mayor información que la que puede proporcionar el muestreo irrestricto aleatorio por unidad de costo. Esto puede ser consecuencia del deseo de muestrear de manera “pareja” a lo largo del área de estudio completa (por ejemplo en ecología, todo un hábitat).

Se trata de un tipo de muestreo que es aplicable cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo están ordenados. Este procedimiento de muestreo se basa en tomar muestras de una manera directa y ordenada a partir de una regla determinística, también llamada sistemática.

³⁴ Krebs, C. 1989. Ecological methodology. Harper Collins Publishers, New York.

³⁵ Navarro A. J. 2004. Introducción al diseño y análisis del muestreo de poblaciones finitas. Citado en: Bautista Z. F., H. Delfín, J. L. Palacio y M. del C. Delgado (Eds.). 2004. Tecnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología, UNAM, UADY, CONACYT. México, D.F.

Concretamente, a partir de una sola unidad que se selecciona en primer lugar, el resto de las unidades de la muestra vienen determinadas automáticamente al aplicarles dicha unidad una regla de selección sistemática. Para llevar a cabo la ubicación de los sitios de muestreo se empleó el sistema de información geográfica ArcGIS 10.1 y la extensión instalable **Hawth's Analysis Tools**³⁶ con su respectiva herramienta de generación de puntos regulares (*Generate regular points tool*- **Figura 23**). Con dicha herramienta fue posible generar una malla de puntos equidistantes a un intervalo de 100 m, por lo que cada punto o coordenada pasó a formar parte de un sitio de muestreo aplicando el método de selección sistemático.

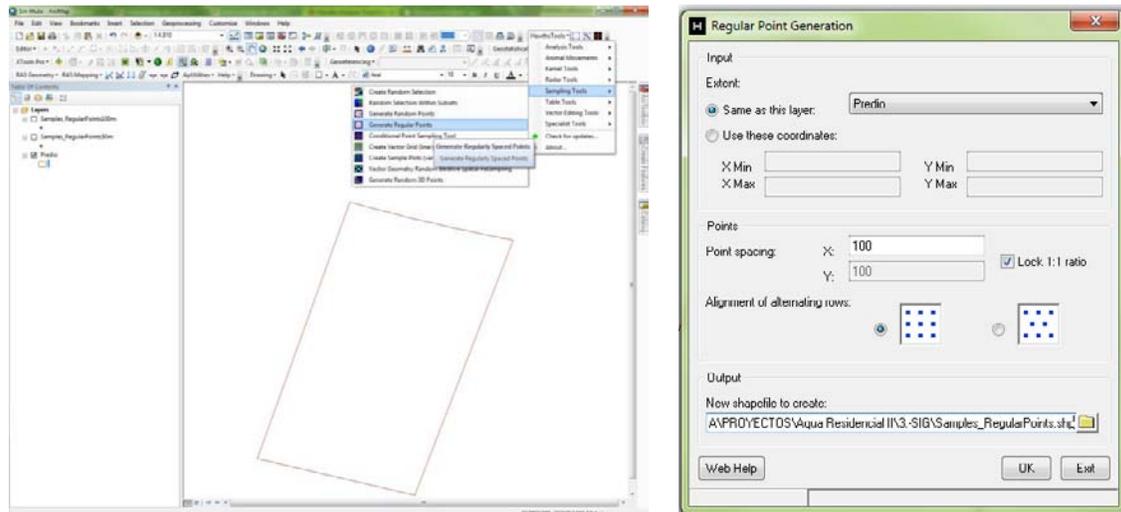


Figura 23. Interfaz de la herramienta utilizada para la generación de muestras regulares. Los puntos de muestreo fueron generados con una distancia de 100 metros, lo cual permitió obtener un total de 30 puntos de muestreo dentro del predio, los mínimos requeridos según el análisis de varianza para la determinación del tamaño de muestra.

Sitios de muestreo

Para efecto de cuantificar el volumen por especie de las materias primas forestales se levantaron sitios de muestreo de forma circular y tamaño de 500 m² (**Figura 24**). El levantamiento forestal al interior de cada sitio se llevó a cabo dentro de un radio de 12.6 metros, iniciando con dirección Norte y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj. En dicho levantamiento se tomaron los datos (especie, altura y DAP) de todos aquellos árboles con DAP mayor o igual a 10 cm. El radio de 12.6 se determinó mediante el atado de una cuerda de 12.6m al árbol centro del sitio de muestreo (**Cuadro 19**).

³⁶ <http://www.spatial ecology.com>

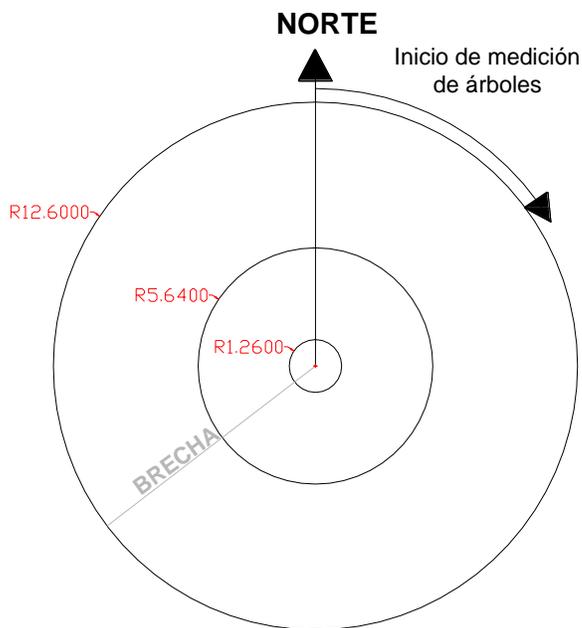


Figura 24. Esquema de los sitios de muestreo para el levantamiento del inventario forestal y la caracterización vegetal. La figura muestra el esquema de parcelas circulares o concéntricas utilizadas en el levantamiento de datos de campo, donde se aprecia la forma y tamaño esquemático de los sitios y subsitios de muestreo.

Cuadro 19. Especificaciones técnicas de los parámetros establecidos para la toma de datos en cada sitio de muestreo.

SITIO	PARÁMETROS
Sitio de 500 m² y radio de 12.6 m	Se toman los datos de todos aquellos árboles con diámetro normal mayor o igual a 10 cm. Los datos tomados fueron especies, DAP y altura.
Subsitio de 100 m² y radio de 5.64 m	Se toman los datos de todos aquellos árboles con diámetro normal menor de 10 centímetros y mayor o igual a 5 cm. Los datos tomados fueron especies, DAP y altura.
Subsitio de 5 m² y radio de 1.26 m	Donde se registran las especies herbáceas y las que tienen un Diámetro Normal (DN) inferior de 5 cm.

Confiabilidad del muestreo

Existen parámetros estadísticos que muestran si un inventario forestal es suficiente para representar a la población bajo estudio, tal es el caso del tamaño de muestra (n), que indica el número de sitios necesarios para obtener una confiabilidad del 95% y del error de muestreo (E%) el porcentaje de error cometido al realizar el muestreo.

Tamaño de muestra

La determinación del tamaño de muestra (cantidad de sitios) considerada suficiente y confiable para caracterizar las comunidades forestales del predio se determinó con el método de error de muestreo, en el cual se establece que la confiabilidad mínima para el muestreo debe ser del 95%. Para dicho cálculo fue necesario establecer un muestreo preliminar de baja intensidad, utilizando 12 sitios seleccionados aleatoriamente a través del módulo Create Random Selection (ArcGIS – Hawth’s Tools Extension) y aplicando a los resultados del mismo la siguiente ecuación (Ortiz y Carrera, 2002)³⁷:

$$n = \frac{t_{\alpha/2,gl}^2 * CV\%{}^2}{E\%{}^2}$$

En donde:

$t_{\alpha/2,gl}$ = Es un valor de t-Student definido a una significancia alpha (α), y con n-1 grados libertad (gl)

CV = Coeficiente de Variación estimado de la población a muestrear, el cual se obtiene de:

Coeficiente de variación = Promedio / Desviación estándar

Desviación estándar = Raíz cuadrada de la varianza

Varianza = La varianza de los sitios muestreados.

E% = Error de muestreo del 10% (máximo admisible)

Considerando un error de muestreo del 10% (máximo admisible) y una confiabilidad del 95%, en el **Cuadro 20** se presenta los resultados del análisis de varianza realizado. Los resultados de dicho análisis indican que los resultados son confiables.

Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza para determinar el tamaño de muestra y nivel del confiabilidad del muestreo.

VARIABLE	RESULTADOS
Superficie forestal	28.00 ha
Intensidad de muestreo	2.08 %
Sitios levantados (muestreo preliminar)	12

³⁷ Ortiz E. y F. Carrera. 2002. Muestreo en inventarios forestales. En: Orozco L. y Brumér C. (Eds.), 2002. Inventarios forestales para los bosques latifoliados de América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 264 p.

VARIABLE	RESULTADOS
Suma	127.50
Promedio (área basal m ² /sitio de muestreo)	10.62
Varianza	11.76
Desviación Estándar	3.43
Error Estándar	0.99
Porcentaje de error estándar obtenido	9.32%
Coeficiente de Variación (%)	32.28
t-valor (n-1) para 0.05 alfa (95% de confiabilidad)	1.6939
Rango de confianza máx. t+ Error Estándar	12.30
Rango de confianza min t- Error Estándar	8.95
Tamaño de muestra con un error de muestreo del 10 % (cantidad de sitios)	30

De acuerdo a la variación del número de árboles y área basal del muestreo preliminar (12 sitios), calculado al 95% de confiabilidad y con un máximo de 10% de error permisible con respecto de la media, el número mínimo de sitios a levantar es de 30.

A razón de lo anterior, el inventario forestal se realizó con 30 sitios dentro del área de estudio. La superficie total muestreada fue de 15,000 m² (30 parcelas de 500 m² cada una), obteniéndose una intensidad de muestreo de final de **5.2%**. En el **Cuadro 21** se presentan las coordenadas de los 30 sitios de muestreo indicándose en con color naranja los sitios muestreados previamente para la determinación del tamaño de muestra.

Cuadro 21. Ubicación de los sitios de muestreo. Los sitios se presentan en coordenadas UTM Zona 16 Norte, Datum WGS84.

Sitio	Coordenada X	Coordenada Y
1	513,526.946	2,333,828.01
2	513,626.946	2,333,828.01
3	513,726.946	2,333,828.01
4	513,826.946	2,333,828.01
5	513,926.946	2,333,828.01
6	513,476.946	2,333,728.01
7	513,576.946	2,333,728.01
8	513,676.946	2,333,728.01
9	513,776.946	2,333,728.01

Sitio	Coordenada X	Coordenada Y
10	513,876.946	2,333,728.01
11	513,426.946	2,333,628.01
12	513,526.946	2,333,628.01
13	513,626.946	2,333,628.01
14	513,726.946	2,333,628.01
15	513,826.946	2,333,628.01
16	513,376.946	2,333,528.01
17	513,476.946	2,333,528.01
18	513,576.946	2,333,528.01
19	513,676.946	2,333,528.01
20	513,776.946	2,333,528.01
21	513,426.946	2,333,428.01
22	513,526.946	2,333,428.01
23	513,626.946	2,333,428.01
24	513,726.946	2,333,428.01
25	513,376.946	2,333,328.01
26	513,476.946	2,333,328.01
27	513,576.946	2,333,328.01
28	513,676.946	2,333,328.01
29	513,526.946	2,333,228.01
30	513,626.946	2,333,228.01

En la **Figura 25** es indicada la ubicación de los 30 sitios de muestreo establecidos para llevar a cabo el inventario forestal del predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto Aqua Residencial II.

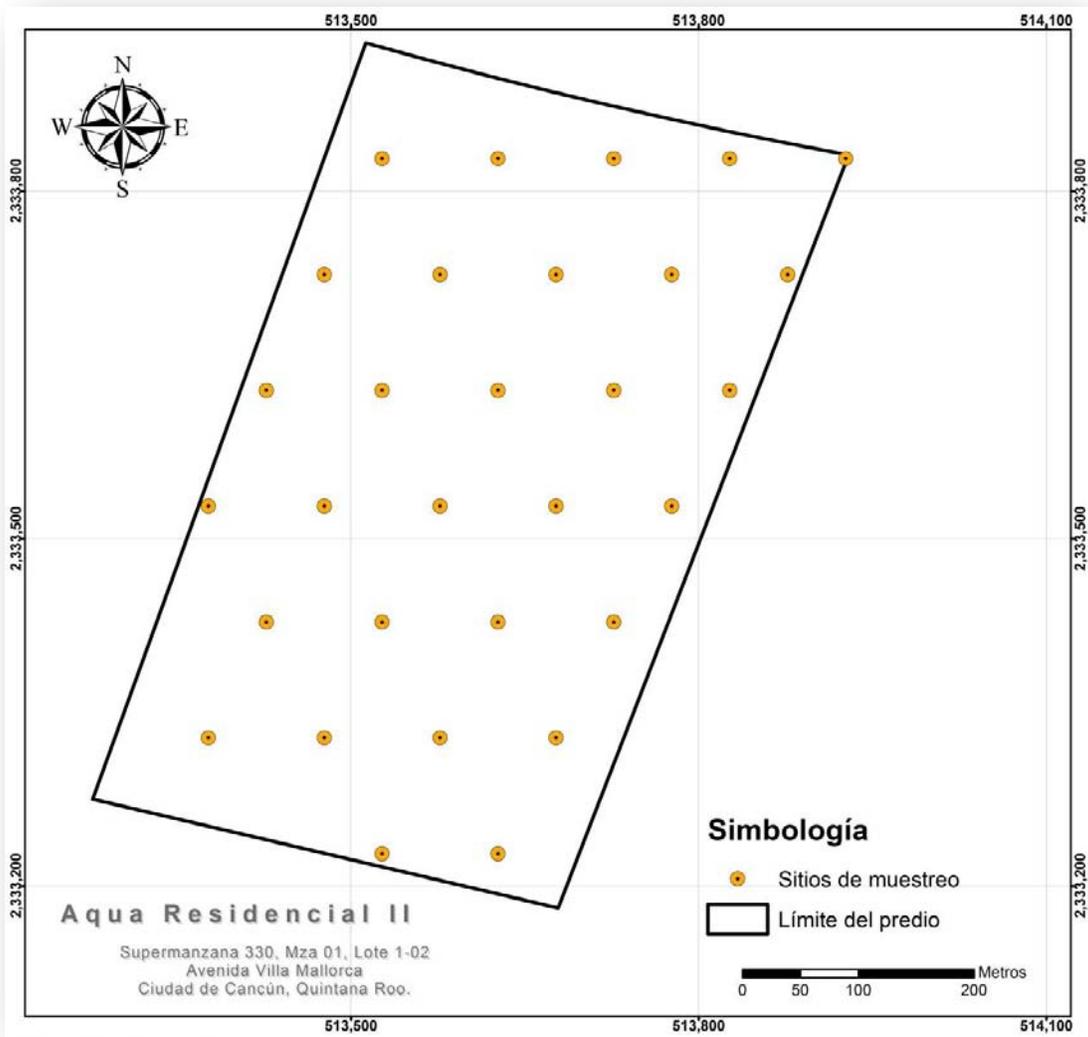


Figura 25. Distribución de los puntos de muestreo dentro del predio. Se muestra la distribución de los puntos de muestreo que fueron generados con una distancia de 100 metros con la herramienta Generate Regular Points Tool de la extensión Hawth's Analysis Tools.

Listado de especies

De acuerdo con los resultados de obtenidos con el muestreo, se tiene que en el predio donde se pretende establecer el proyecto fueron registradas un total de 34 familias y 79 especies. El listado taxonómico del predio se presenta a continuación en el **Cuadro 22** donde se precisa el estrato en donde fueron encontradas cada una de las especies

Cuadro 22. Listado taxonómico del predio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Estrato		
			Arb.	Arbus.	Herb.
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem	■		
Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	E'le'muuy	■		
Annonaceae	<i>Sapranthus campechianus</i>	Zac elemuy			■
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits		■	
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sak chacah	■	■	
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano	■		
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	■	■	
Asteraceae	<i>Eupatorium albicaule</i>	Sak tok'aban		■	
Bignoniaceae	<i>Cydista aequinoctalis</i>	Ak'xux,			■
Bignoniaceae	<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	Xtaabay			■
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Maculis	■	■	■
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote	■		
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Bojon	■		
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah	■		■
Celastraceae	<i>Semialarium mexicanum</i>	Cascarillo grueso	■	■	
Celastraceae	<i>Wimmeria obtusifolia</i>	no tiene	■		
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Cilantrillo			■
Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil		■	
Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	U chul che		■	
Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	Perescuts		■	
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaiti	■		
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche			■
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	k'antemo	■	■	■
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Cornezuelo	■		
Fabaceae	<i>Albizia tomentosa</i>	Juub che'		■	
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca		■	■
Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tsimin		■	
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitam che'		■	
Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Takinche		■	
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i>	Guapaque	■	■	■
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite negro	■	■	
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Kanasin			■
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam	■		
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Ha'abin	■		
Fabaceae	<i>Pithecellobium stevensonii</i>	Cacao che			■
Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo		■	
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox			■
Fabaceae	<i>Senna pallida</i>	Mo'ol che'	■		
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	■		

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Estrato		
			Arb.	Arbus.	Herb.
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Palo de gas			
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	Laurel			
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sakpah			
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote			
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majagua			
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo			
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Alamo			
Moraceae	<i>Ficus maxima</i>	Ak'uum			
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>	Amatillo			
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Pimienta de monte			
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Ich-huh			
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo			
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabita			
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Tadzi			
Orchidaceae	<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	Cañuela de playa			
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus graveolens</i>	xiw k'iin			
Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i>	Carricillo			
Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Toyub			
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Sak boob			
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Chich bob			
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob			
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'iits'ilche'			
Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub			
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab			
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte			
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta			
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranche			
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay			
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Sak poom			
Sapindaceae	<i>Exothea paniculata</i>	Arbol sol			
Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	Huaya			
Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Bejuco alado			
Sapindaceae	<i>Serjania adiantoides</i>	bej Serjania, Buy			
Sapindaceae	<i>Serjania goniocarpa</i>	Bejuco tres lomos			
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'an chuunup			
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito			
Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán			
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote			
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak			
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Diente de perro			

Densidad y abundancia

A partir de los resultados del inventario forestal fueron obtenidas las abundancias y densidades por hectárea para cada una de las especies registradas en los sitios de muestreo. Dichos datos se presentan en el **Cuadro 23** para cada una de las especies registradas en la superficie muestreada para cada estrato (arbóreo 15,000m², arbustivo 3,000m² y herbáceo 150m²).

Cuadro 23. Abundancia y densidad. Los sitios se presentan en coordenadas

Especie	Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo		Total/ha
	15,000 m ²	Ind por ha	3,000 m ²	Ind por ha	150 m ²	Ind por ha	
<i>Acacia angustissima</i>	4	3	3	10	1	67	80
<i>Acacia cornigera</i>			2	7			7
<i>Albizia tomentosa</i>			8	27			27
<i>Ardisia escallonioides</i>					21	1400	1400
<i>Bauhinia divaricata</i>			3	10	8	533	543
<i>Bauhinia jenningsii</i>					14	933	933
<i>Bursera simaruba</i>	21	14	58	193	7	467	674
<i>Byrsonima bucidafolia</i>	5	3	2	7			10
<i>Caesalpinia gaumeri</i>			2	7	5	333	340
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>					13	867	867
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2	1					1
<i>Chrysophyllum cainito</i>			1	3	2	133	136
<i>Coccoloba acapulcensis</i>			3	10			10
<i>Coccoloba cozumelensis</i>					2	133	133
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3	2	2	7	1	67	76
<i>Coccoloba spicata</i>			8	27	9	600	627
<i>Cordia alliodora</i>	2	1	4	13			14
<i>Cordia dodecandra</i>	1	1	2	7			8
<i>Croton reflexifolius</i>			1	3	3	200	203
<i>Cupania dentata</i>					2	133	133
<i>Cydista aequinoctalis</i>					10	667	667
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>					1	67	67
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	1	1	3			4
<i>Dialium guianense</i>			3	10	1	67	77
<i>Diospyros tetrasperma</i>			1	3	2	133	136
<i>Diospyros yucatanensis</i>			2	7	1	67	74
<i>Dipholis salicifolia</i>			4	13	1	67	80
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	1	3	10	2	133	144
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>			1	3	11	733	736
<i>Eugenia trikkii</i>					12	800	800

Espece	Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo		Total/ha
<i>Eupatorium albicaule</i>			1	3	46	3067	3070
<i>Exothea paniculata</i>	1	1	1	3			4
<i>Ficus cotinifolia</i>	18	12	49	163	8	533	708
<i>Ficus maxima</i>	5	3	10	33	1	67	103
<i>Ficus pertusa</i>			4	13			13
<i>Gliricidia sepium</i>	3	2	22	73			75
<i>Guettarda combsii</i>			3	10	23	1533	1543
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	1	11	37	13	867	905
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	1	15	50	3	200	251
<i>Hampea trilobata</i>			10	33	31	2067	2100
<i>Jatropha gaumeri</i>					2	133	133
<i>Lasiacis divaricata</i>					43	2867	2867
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	5	3	50	167	41	2733	2903
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	20	13	1	3			16
<i>Malmea depressa</i>			1	3			3
<i>Malvaviscus arboreus</i>					2	133	133
<i>Manilkara zapota</i>	19	13	4	13	1	67	93
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	1			8	533	534
<i>Metopium brownei</i>	34	23	20	67	8	533	623
<i>Myrcianthes fragrans</i>					6	400	400
<i>Nectandra coriacea</i>	2	1	1	3	1	67	71
<i>Nectandra salicifolia</i>			12	40	26	1733	1773
<i>Neea psychotrioides</i>			1	3	1	67	70
<i>Paullinia cururu</i>					42	2800	2800
<i>Phyllanthus graveolens</i>					3	200	200
<i>Piscidia piscipula</i>	19	13	29	97			110
<i>Pithecellobium stevensonii</i>					19	1267	1267
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>					1	67	67
<i>Platymiscium yucatanum</i>			2	7			7
<i>Psidium sartorianum</i>					9	600	600
<i>Psychotria nervosa</i>					29	1933	1933
<i>Pteridium aquilinum</i>					24	1600	1600
<i>Randia aculeata</i>			1	3	46	3067	3070
<i>Sabal yapa</i>	8	5					5
<i>Sapranthus campechianus</i>					5	333	333
<i>Semialarium mexicanum</i>	1	1			3	200	201
<i>Senna pallida</i>	1	1					1
<i>Serjania adiantoides</i>					7	467	467
<i>Serjania goniocarpa</i>					18	1200	1200
<i>Simarouba glauca</i>			1	3			3
<i>Smilax mollis</i>					13	867	867
<i>Swartzia cubensis</i>	4	3	61	203	6	400	606

Especie	Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo		Total/ha
<i>Tabebuia rosea</i>			1	3			3
<i>Thevetia gaumeri</i>	6	4	17	57	12	800	861
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	1	1	3	7	467	471
<i>Thrinax radiata</i>	5	3	11	37	16	1067	1107
<i>Vitex gaumeri</i>	68	45	52	173	10	667	885
<i>Wimmeria obtusifolia</i>		0	1	3	1	67	70
<i>Zuelania guidonia</i>	1	1	2	7	4	267	275

De acuerdo con los resultados del muestreo las especies con mayor densidad en el estrato arbóreo son *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Bursera simaruba* y *Lysiloma latisiliquum* (Figura 26).

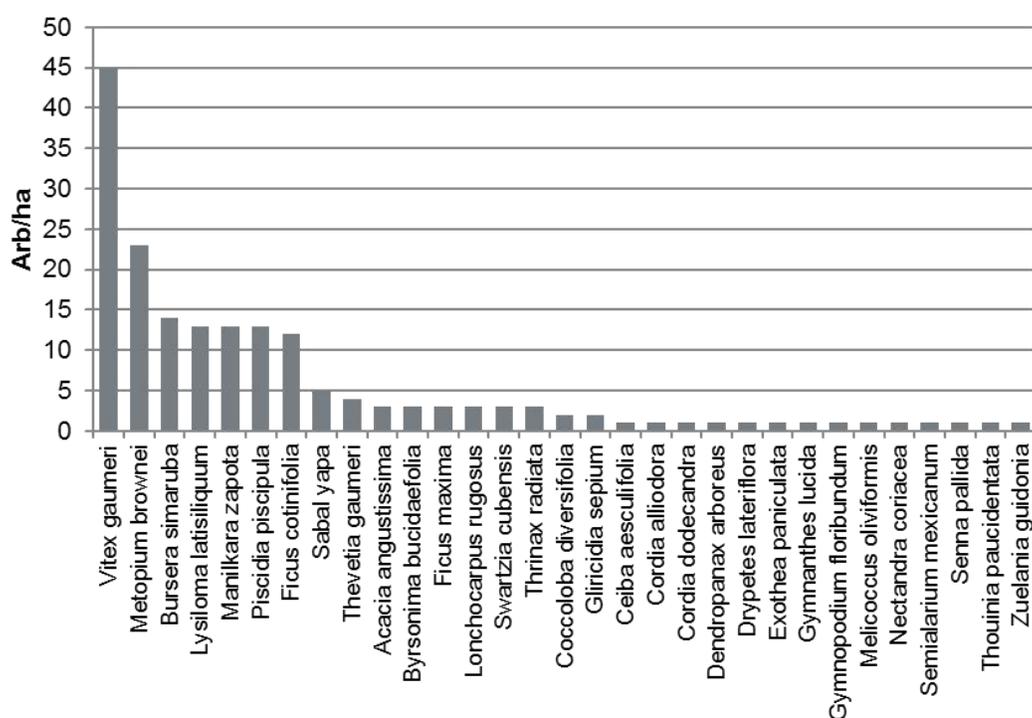


Figura 26. Abundancia de las especies del estrato arbóreo.

De acuerdo con los resultados del muestreo las especies con mayor densidad en el estrato arbustivo son *Swartzia cubensis*, *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia* y *Gliricidia sepium* (Figura 27). Si bien la densidad y abundancia de especies del estrato arbustivo no es un reflejo de sus equivalentes en el estrato arbóreo, en el estrato arbustivo esta situación es más evidente, puesto que las especies de mayor abundancia y densidad corresponden a especies con formas de vida arbustivas (*Eupatorium albicaule* y *Lasiacis divaricata*), lo cual es un indicador de deterioro. En la Figura 29 se presenta el gráfico de densidad para el estrato herbáceo.

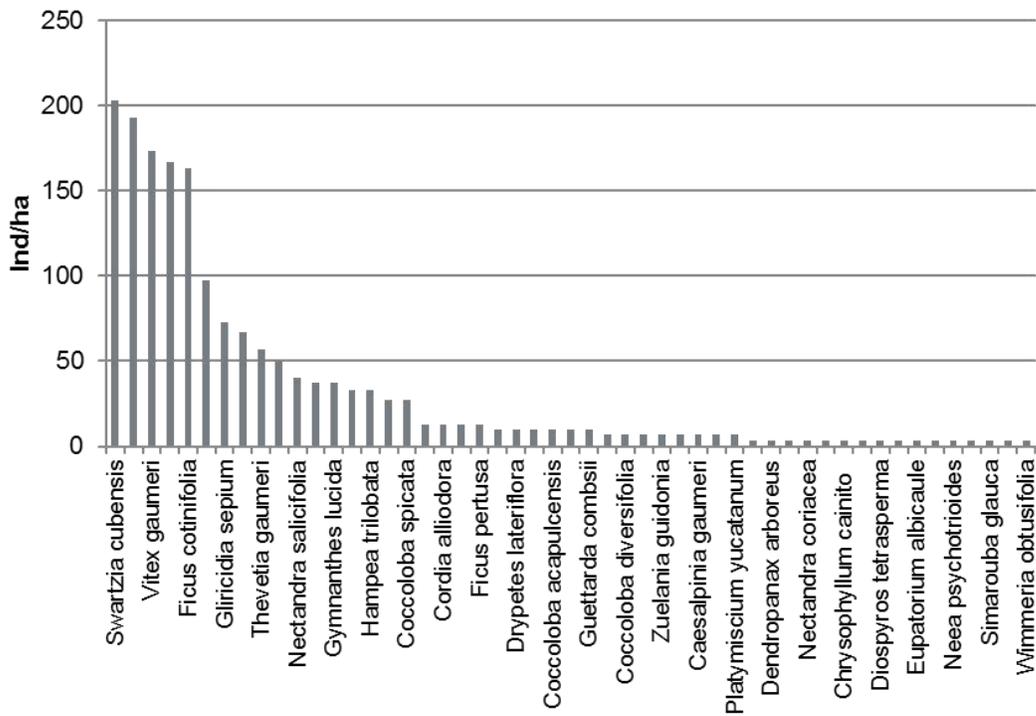


Figura 27. Abundancia de las especies del estrato arbustivo.

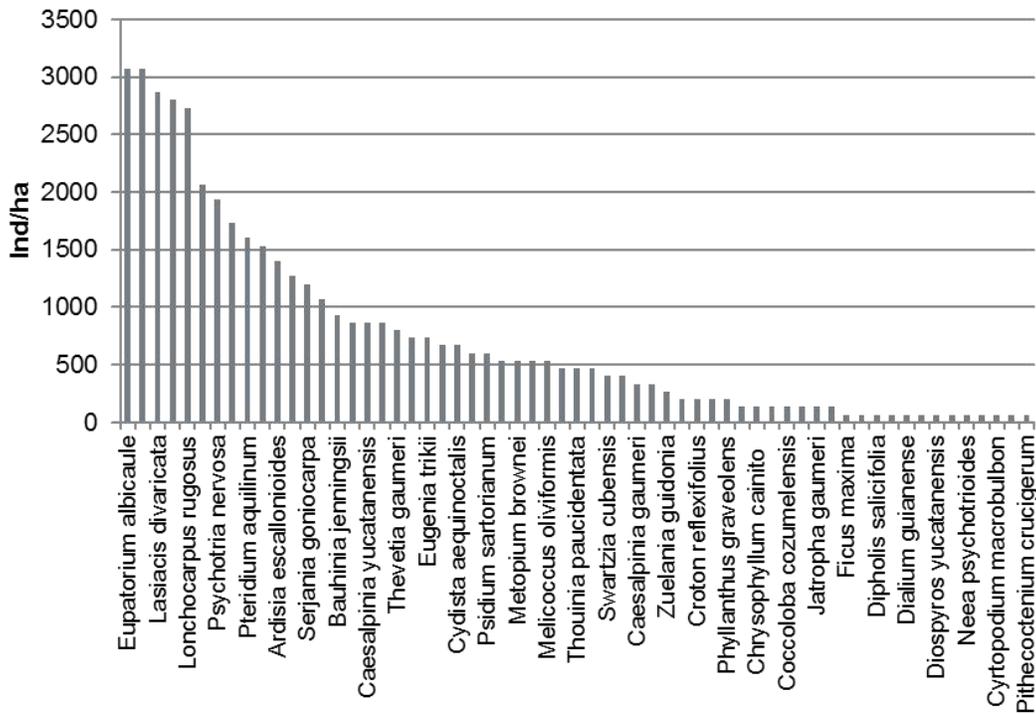


Figura 28. Abundancia de las especies del estrato herbáceo.

Índice de valor de importancia

Con la finalidad de obtener parámetros que permitan determinar de qué manera inciden las especies presentes dentro de la comunidad vegetal, se calculó el valor de importancia, que resulta ser un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros de frecuencia, densidad y dominancia utilizados individualmente (Curtis & McIntosh, Op. Cit.). El cálculo del valor de importancia se llevó a cabo utilizando los datos de abundancia por especie obtenidos del trabajo de campo, así como la frecuencia de ocurrencia de las especies en los sitios de muestreo y los valores de área basal y cobertura (para el estrato herbáceo). La suma aritmética de las variables obtenidas: frecuencia relativa, densidad relativa y dominancia relativa, arrojó el valor de importancia para cada una de las especies presentes en el área de estudio. En el **Cuadro 24** y **Figura 29** se muestran los datos correspondientes a las variables que componen el valor de importancia para cada una de las especies en el estrato arbóreo.

Cuadro 24. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo.

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	4	3	0.0755	2%	2%	1%	5%
<i>Bursera simaruba</i>	21	12	0.2735	8%	8%	4%	20%
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	5	2	0.0721	2%	1%	1%	4%
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2	2	0.0505	1%	1%	1%	3%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3	3	0.0325	1%	2%	0%	4%
<i>Cordia alliodora</i>	2	2	0.0559	1%	1%	1%	3%
<i>Cordia dodecandra</i>	1	1	0.0286	0%	1%	0%	1%
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	1	0.0109	0%	1%	0%	1%
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	1	0.0172	0%	1%	0%	1%
<i>Exothea paniculata</i>	1	1	0.0172	0%	1%	0%	1%
<i>Ficus cotinifolia</i>	18	7	0.2757	7%	5%	4%	16%
<i>Ficus maxima</i>	5	5	0.1070	2%	3%	2%	7%
<i>Gliricidia sepium</i>	3	2	0.0423	1%	1%	1%	3%
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	1	0.0251	1%	1%	0%	2%
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	1	0.0103	0%	1%	0%	1%
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	5	4	0.0638	2%	3%	1%	6%
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	20	9	0.4576	8%	6%	7%	21%
<i>Manilkara zapota</i>	19	11	0.9697	7%	8%	15%	29%
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	2	0.0447	1%	1%	1%	3%
<i>Metopium brownei</i>	34	18	0.7716	13%	12%	12%	37%
<i>Nectandra coriacea</i>	2	1	0.0319	1%	1%	0%	2%
<i>Piscidia piscipula</i>	19	11	0.3144	7%	8%	5%	19%
<i>Sabal yapa</i>	8	6	0.7564	3%	4%	11%	19%
<i>Semialarium mexicanum</i>	1	1	0.0749	0%	1%	1%	2%

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Senna pallida</i>	1	1	0.0357	0%	1%	1%	2%
<i>Swartzia cubensis</i>	4	4	0.0541	2%	3%	1%	5%
<i>Thevetia gaumeri</i>	6	6	0.0738	2%	4%	1%	8%
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	1	0.0140	0%	1%	0%	1%
<i>Thrinax radiata</i>	5	4	0.0577	2%	3%	1%	6%
<i>Vitex gaumeri</i>	68	21	1.8060	26%	14%	27%	67%
<i>Zuelania guidonia</i>	1	1	0.0121	0%	1%	0%	1%
	266	30	6.6328	100%	100%	100%	300%

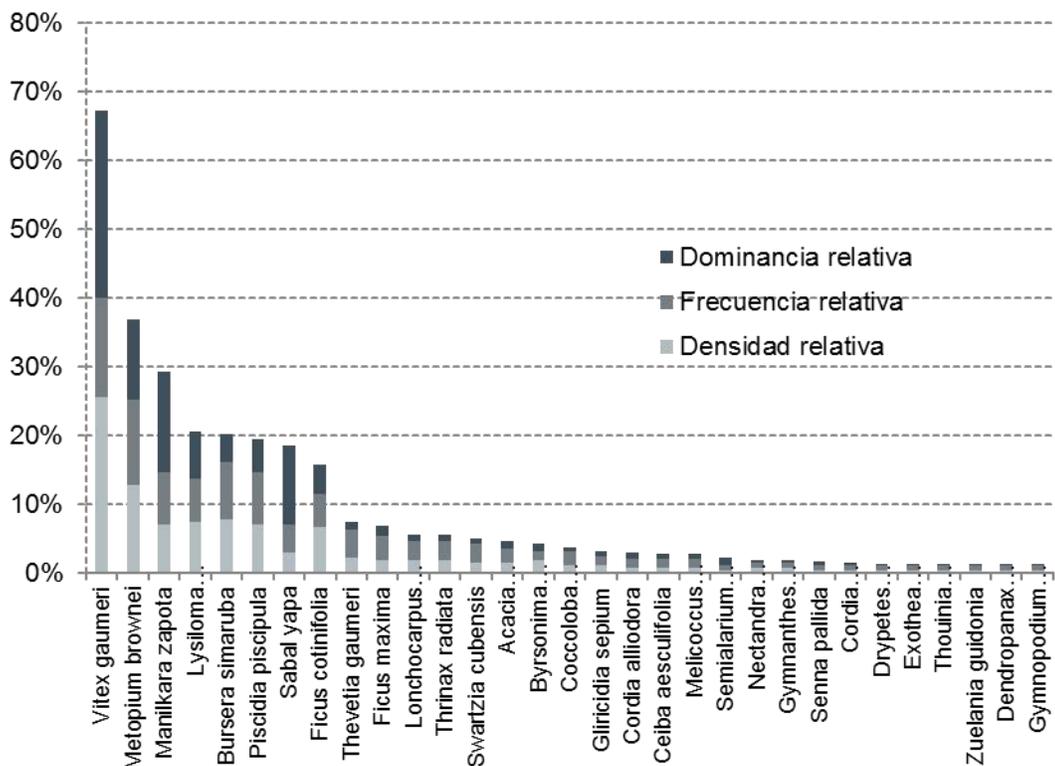


Figura 30. Índice de valor de importancia para las especies encontradas en el estrato arbóreo.

En el **Cuadro 25** y **Figura 31** se muestran los datos correspondientes a las variables que componen el valor de importancia para cada una de las especies en el estrato arbustivo.

Cuadro 25. Índice de valor de importancia para el estrato arbustivo.

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	3	3	0.0106	1%	1%	1%	3%
<i>Acacia cornigera</i>	2	1	0.0059	0%	0%	0%	1%
<i>Albizia tomentosa</i>	8	5	0.0260	2%	2%	1%	5%
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	2	0.0075	1%	1%	0%	2%
<i>Bursera simaruba</i>	58	18	0.1665	11%	8%	8%	28%
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	1	0.0076	0%	0%	0%	1%
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2	2	0.0055	0%	1%	0%	2%
<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	1	0.0023	0%	0%	0%	1%
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	3	2	0.0077	1%	1%	0%	2%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2	2	0.0069	0%	1%	0%	2%
<i>Coccoloba spicata</i>	8	6	0.1901	2%	3%	10%	14%
<i>Cordia alliodora</i>	4	3	0.0152	1%	1%	1%	3%
<i>Cordia dodecandra</i>	2	2	0.0089	0%	1%	0%	2%
<i>Croton reflexifolius</i>	1	1	0.0024	0%	0%	0%	1%
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	1	0.0023	0%	0%	0%	1%
<i>Dialium guianense</i>	3	2	0.0117	1%	1%	1%	2%
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1	1	0.0020	0%	0%	0%	1%
<i>Diospyros yucatanensis</i>	2	2	0.0042	0%	1%	0%	2%
<i>Dipholis salicifolia</i>	4	1	0.0095	1%	0%	0%	2%
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	3	0.0137	1%	1%	1%	3%
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	1	0.0023	0%	0%	0%	1%
<i>Eupatorium albicaule</i>	1	1	0.0018	0%	0%	0%	1%
<i>Exothea paniculata</i>	1	1	0.0039	0%	0%	0%	1%
<i>Ficus cotinifolia</i>	49	15	0.1498	10%	7%	8%	24%
<i>Ficus maxima</i>	10	6	0.0249	2%	3%	1%	6%
<i>Ficus pertusa</i>	4	3	0.0083	1%	1%	0%	3%
<i>Gliricidia sepium</i>	22	4	0.0641	4%	2%	3%	9%
<i>Guettarda combsii</i>	3	2	0.0084	1%	1%	0%	2%
<i>Gymnanthes lucida</i>	11	6	0.0318	2%	3%	2%	7%
<i>Gymnopodium floribundum</i>	15	7	0.0384	3%	3%	2%	8%
<i>Hampea trilobata</i>	10	4	0.0235	2%	2%	1%	5%
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	50	16	0.1309	10%	7%	7%	24%
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	1	0.0074	0%	0%	0%	1%
<i>Malmea depressa</i>	1	1	0.0019	0%	0%	0%	1%
<i>Manilkara zapota</i>	4	3	0.0489	1%	1%	2%	5%
<i>Metopium brownei</i>	20	8	0.0725	4%	4%	4%	11%
<i>Nectandra coriacea</i>	1	1	0.0058	0%	0%	0%	1%
<i>Nectandra salicifolia</i>	12	6	0.0252	2%	3%	1%	6%
<i>Neea psychotrioides</i>	1	1	0.0019	0%	0%	0%	1%

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Piscidia piscipula</i>	29	11	0.1013	6%	5%	5%	16%
<i>Platymiscium yucatanum</i>	2	1	0.0066	0%	0%	0%	1%
<i>Randia aculeata</i>	1	1	0.0029	0%	0%	0%	1%
<i>Simarouba glauca</i>	1	1	0.0022	0%	0%	0%	1%
<i>Swartzia cubensis</i>	61	16	0.4051	12%	7%	21%	40%
<i>Tabebuia rosea</i>	1	1	0.0020	0%	0%	0%	1%
<i>Thevetia gaumeri</i>	17	10	0.0459	3%	5%	2%	10%
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	1	0.0023	0%	0%	0%	1%
<i>Thrinax radiata</i>	11	6	0.0549	2%	3%	3%	8%
<i>Vitex gaumeri</i>	52	19	0.1818	10%	9%	9%	28%
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1	1	0.0029	0%	0%	0%	1%
<i>Zuelania guidonia</i>	2	2	0.0072	0%	1%	0%	2%
	509	216	1.9735	100%	100%	100%	300%

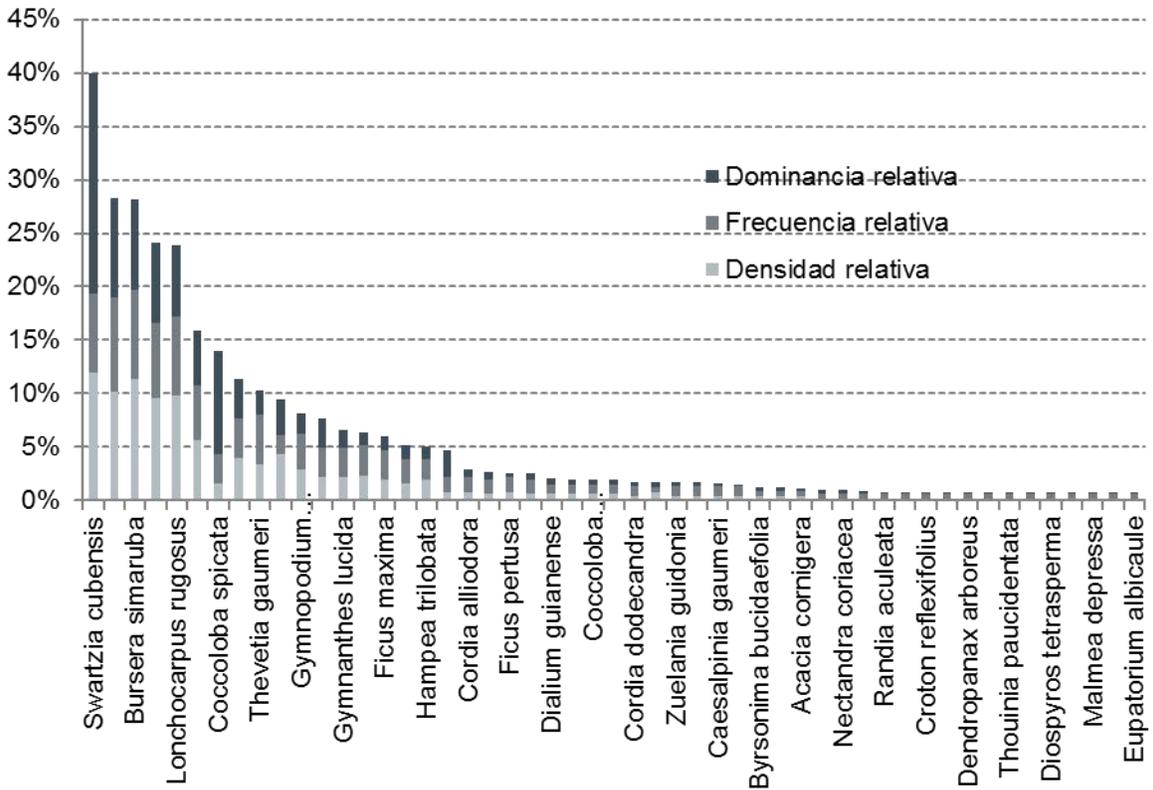


Figura 32. Índice de valor de importancia para las especies encontradas en el estrato arbustivo.

En el **Cuadro 26** y **Figura 33** se muestran los datos correspondientes a las variables que componen el valor de importancia para cada una de las especies en el estrato herbáceo.

Cuadro 26. Índice de valor de importancia para el estrato herbáceo.

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	1	1	1	0%	0%	0%	1%
<i>Ardisia escallonioides</i>	21	6	12.4	3%	3%	2%	8%
<i>Bauhinia divaricata</i>	8	3	5.5	1%	1%	1%	3%
<i>Bauhinia jenningsii</i>	14	7	8.4	2%	3%	1%	7%
<i>Bursera simaruba</i>	7	4	8.7	1%	2%	1%	4%
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5	3	7.1	1%	1%	1%	3%
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	13	1	11	2%	0%	2%	4%
<i>Chrysophyllum cainito</i>	2	1	2.5	0%	0%	0%	1%
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	2	1	0.9	0%	0%	0%	1%
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	1	3.5	0%	0%	1%	1%
<i>Coccoloba spicata</i>	9	2	12.8	1%	1%	2%	4%
<i>Croton reflexifolius</i>	3	2	4.8	0%	1%	1%	2%
<i>Cupania dentata</i>	2	1	1.5	0%	0%	0%	1%
<i>Cydista aequinoctalis</i>	10	3	8.2	1%	1%	1%	4%
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	1	1	0.5	0%	0%	0%	1%
<i>Dialium guianense</i>	1	1	0.4	0%	0%	0%	1%
<i>Diospyros tetrasperma</i>	2	1	1.8	0%	0%	0%	1%
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	1	0.5	0%	0%	0%	1%
<i>Dipholis salicifolia</i>	1	1	1	0%	0%	0%	1%
<i>Drypetes lateriflora</i>	2	1	3.5	0%	0%	1%	1%
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	11	5	17	2%	2%	3%	7%
<i>Eugenia trikii</i>	12	8	8.6	2%	2%	1%	5%
<i>Eupatorium albicaule</i>	46	12	59.1	7%	6%	9%	22%
<i>Ficus cotinifolia</i>	8	5	8.1	1%	2%	1%	5%
<i>Ficus maxima</i>	1	1	0.4	0%	0%	0%	1%
<i>Guettarda combsii</i>	23	3	24.7	3%	1%	4%	9%
<i>Gymnanthes lucida</i>	13	5	15.2	2%	2%	2%	7%
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	1	1.5	0%	0%	0%	1%
<i>Hampea trilobata</i>	31	6	27	5%	3%	4%	12%
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	1	3.5	0%	0%	1%	1%
<i>Lasiacis divaricata</i>	43	7	13.99	6%	3%	2%	12%
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	41	10	43.2	6%	5%	7%	18%
<i>Malvaviscus arboreus</i>	2	2	1.65	0%	1%	0%	1%
<i>Manilkara zapota</i>	1	1	0.2	0%	0%	0%	1%
<i>Melicoccus oliviformis</i>	8	4	4	1%	2%	1%	4%

Especie	Den	Frec	Dom	Den rel	Frec rel	Dom rel	IVI
<i>Metopium brownei</i>	8	7	4.85	1%	3%	1%	5%
<i>Myrcianthes fragrans</i>	6	4	6.9	1%	2%	1%	4%
<i>Nectandra coriacea</i>	1	1	1.2	0%	0%	0%	1%
<i>Nectandra salicifolia</i>	26	11	20.25	4%	5%	3%	12%
<i>Neea psychotrioides</i>	1	1	0.6	0%	0%	0%	1%
<i>Paullinia cururu</i>	42	10	51.5	6%	5%	8%	19%
<i>Phyllanthus graveolens</i>	3	1	1.2	0%	0%	0%	1%
<i>Pithecellobium stevensonii</i>	19	7	17	3%	3%	3%	9%
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	1	1	10	0%	0%	2%	2%
<i>Psidium sartorianum</i>	9	5	13.4	1%	2%	2%	6%
<i>Psychotria nervosa</i>	29	9	21.3	4%	4%	3%	12%
<i>Pteridium aquilinum</i>	24	2	15	4%	1%	2%	7%
<i>Randia aculeata</i>	46	10	27.2	7%	5%	4%	16%
<i>Sapranthus campechianus</i>	5	1	3.1	1%	0%	0%	2%
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	2	1.3	0%	1%	0%	2%
<i>Serjania adiantoides</i>	7	3	8	1%	1%	1%	4%
<i>Serjania goniocarpa</i>	18	5	24.6	3%	2%	4%	9%
<i>Smilax mollis</i>	13	3	18.9	2%	1%	3%	6%
<i>Swartzia cubensis</i>	6	3	8.4	1%	1%	1%	4%
<i>Thevetia gaumeri</i>	12	2	15.7	2%	1%	2%	5%
<i>Thouinia paucidentata</i>	7	2	6.4	1%	1%	1%	3%
<i>Thrinax radiata</i>	16	8	12.95	2%	4%	2%	8%
<i>Vitex gaumeri</i>	10	6	17.8	1%	3%	3%	7%
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1	1	1	0%	0%	0%	1%
<i>Zuelania guidonia</i>	4	2	4	1%	1%	1%	2%
	668	216	636.69	100%	100%	100%	300%

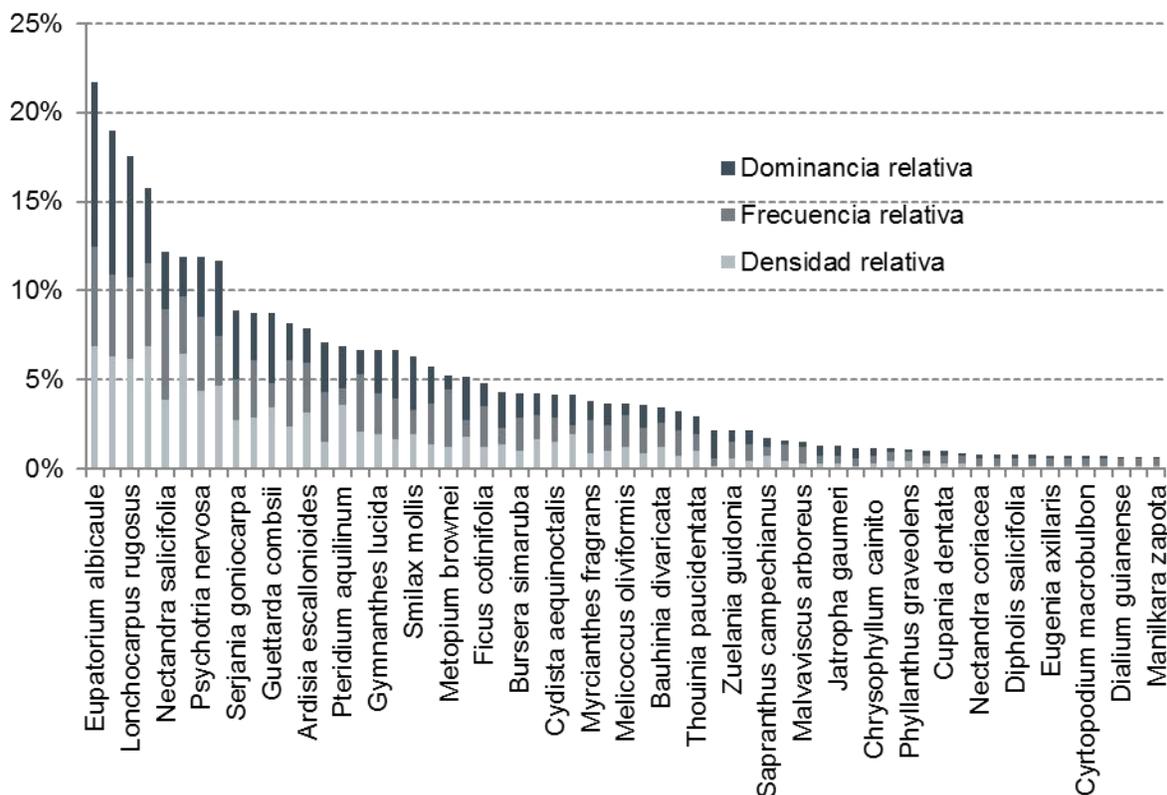


Figura 34. Índice de valor de importancia para las especies encontradas en el estrato herbáceo.

Índices de diversidad

Con base en el número de individuos por especie registrados en cada uno de los sitios de muestreo, se llevó a cabo el cálculo de índice de diversidad de Shannon para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los resultados del análisis de diversidad aplicado para cada estrato muestran que el estrato que presenta mayor diversidad es el estrato herbáceo con $H' = 1.55$ (**Cuadro 27**), seguido del estrato arbustivo con $H' = 1.33$ (**Cuadro 25**) y por último el estrato arbóreo con $H' = 1.15$ (**Cuadro 26**).

Cuadro 27. Índice diversidad de Shannon para el estrato arbóreo.

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Acacia angustissima</i>	4	-0.02741085
<i>Bursera simaruba</i>	21	-0.08705229
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	5	-0.03244195
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2	-0.01596881
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3	-0.02196722

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Cordia alliodora</i>	2	-0.01596881
<i>Cordia dodecandra</i>	1	-0.0091161
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	-0.0091161
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	-0.0091161
<i>Exothea paniculata</i>	1	-0.0091161
<i>Ficus cotinifolia</i>	18	-0.07914648
<i>Ficus maxima</i>	5	-0.03244195
<i>Gliricidia sepium</i>	3	-0.02196722
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	-0.01596881
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	-0.0091161
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	5	-0.03244195
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	20	-0.08450012
<i>Manilkara zapota</i>	19	-0.08186629
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	-0.01596881
<i>Metopium brownei</i>	34	-0.11419433
<i>Nectandra coriacea</i>	2	-0.01596881
<i>Piscidia piscipula</i>	19	-0.08186629
<i>Sabal yapa</i>	8	-0.04576817
<i>Semialarium mexicanum</i>	1	-0.0091161
<i>Senna pallida</i>	1	-0.0091161
<i>Swartzia cubensis</i>	4	-0.02741085
<i>Thevetia gaumeri</i>	6	-0.03714429
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	-0.0091161
<i>Thrinax radiata</i>	5	-0.03244195
<i>Vitex gaumeri</i>	68	-0.15143363
<i>Zuelania guidonia</i>	1	-0.0091161
Número total de individuos		266
Riqueza S		31
H' calculada =		1.15338475

Cuadro 27. Índice diversidad de Shannon para el estrato arbustivo.

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Acacia angustissima</i>	3	-0.01314104
<i>Acacia cornigera</i>	2	-0.0094526

Espece	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Albizia tomentosa</i>	8	-0.02834778
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	-0.01314104
<i>Bursera simaruba</i>	58	-0.10748685
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	-0.0094526
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2	-0.0094526
<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	-0.00531772
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	3	-0.01314104
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2	-0.0094526
<i>Coccoloba spicata</i>	8	-0.02834778
<i>Cordia alliodora</i>	4	-0.01653955
<i>Cordia dodecandra</i>	2	-0.0094526
<i>Croton reflexifolius</i>	1	-0.00531772
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	-0.00531772
<i>Dialium guianense</i>	3	-0.01314104
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1	-0.00531772
<i>Diospyros yucatanensis</i>	2	-0.0094526
<i>Dipholis salicifolia</i>	4	-0.01653955
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	-0.01314104
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	-0.00531772
<i>Eupatorium albicaule</i>	1	-0.00531772
<i>Exothea paniculata</i>	1	-0.00531772
<i>Ficus cotinifolia</i>	49	-0.09785769
<i>Ficus maxima</i>	10	-0.0335308
<i>Ficus pertusa</i>	4	-0.01653955
<i>Gliricidia sepium</i>	22	-0.05896757
<i>Guettarda combsii</i>	3	-0.01314104
<i>Gymnanthes lucida</i>	11	-0.03598934
<i>Gymnopodium floribundum</i>	15	-0.04510687
<i>Hampea trilobata</i>	10	-0.0335308
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	50	-0.09899291
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	-0.00531772
<i>Malmea depressa</i>	1	-0.00531772
<i>Manilkara zapota</i>	4	-0.01653955
<i>Metopium brownei</i>	20	-0.05523331
<i>Nectandra coriacea</i>	1	-0.00531772
<i>Nectandra salicifolia</i>	12	-0.03837021

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Neea psychotrioides</i>	1	-0.00531772
<i>Piscidia piscipula</i>	29	-0.07089445
<i>Platymiscium yucatanum</i>	2	-0.0094526
<i>Randia aculeata</i>	1	-0.00531772
<i>Simarouba glauca</i>	1	-0.00531772
<i>Swartzia cubensis</i>	61	-0.11042174
<i>Tabebuia rosea</i>	1	-0.00531772
<i>Thevetia gaumeri</i>	17	-0.04930564
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	-0.00531772
<i>Thrinax radiata</i>	11	-0.03598934
<i>Vitex gaumeri</i>	52	-0.10121248
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1	-0.00531772
<i>Zuelania guidonia</i>	2	-0.0094526
Núm. total de individuos		509
Riqueza S		51
H' calculada =		1.33529432

Cuadro 27. Índice diversidad de Shannon para el estrato herbáceo.

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Acacia angustissima</i>	1	-0.00422871
<i>Ardisia escallonioides</i>	21	-0.04723608
<i>Bauhinia divaricata</i>	8	-0.02301421
<i>Bauhinia jenningsii</i>	14	-0.03518125
<i>Bursera simaruba</i>	7	-0.02074513
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5	-0.01591172
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	13	-0.03329466
<i>Chrysophyllum cainito</i>	2	-0.00755613
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	2	-0.00755613
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	-0.00422871
<i>Coccoloba spicata</i>	9	-0.0252018
<i>Croton reflexifolius</i>	3	-0.01054336
<i>Cupania dentata</i>	2	-0.00755613
<i>Cydista aequinoctalis</i>	10	-0.02731701
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	1	-0.00422871

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Dialium guianense</i>	1	-0.00422871
<i>Diospyros tetrasperma</i>	2	-0.00755613
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	-0.00422871
<i>Dipholis salicifolia</i>	1	-0.00422871
<i>Drypetes lateriflora</i>	2	-0.00755613
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	11	-0.0293671
<i>Eugenia axillaris</i>	1	-0.00422871
<i>Eugenia trikii</i>	11	-0.0293671
<i>Eupatorium albicaule</i>	46	-0.08001925
<i>Ficus cotinifolia</i>	8	-0.02301421
<i>Ficus maxima</i>	1	-0.00422871
<i>Guettarda combsii</i>	23	-0.05037443
<i>Gymnanthes lucida</i>	13	-0.03329466
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	-0.01054336
<i>Hampea trilobata</i>	31	-0.06188003
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	-0.00755613
<i>Lasiacis divaricata</i>	43	-0.07668599
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	41	-0.07438877
<i>Malvaviscus arboreus</i>	2	-0.00755613
<i>Manilkara zapota</i>	1	-0.00422871
<i>Melicoccus oliviformis</i>	8	-0.02301421
<i>Metopium brownei</i>	8	-0.02301421
<i>Myrcianthes fragrans</i>	6	-0.01838286
<i>Nectandra coriacea</i>	1	-0.00422871
<i>Nectandra salicifolia</i>	26	-0.05487258
<i>Neea psychotrioides</i>	1	-0.00422871
<i>Paullinia cururu</i>	42	-0.07554512
<i>Phyllanthus graveolens</i>	3	-0.01054336
<i>Pithecellobium stevensonii</i>	19	-0.0439737
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	1	-0.00422871
<i>Psidium sartorianum</i>	9	-0.0252018
<i>Psychotria nervosa</i>	29	-0.05914517
<i>Pteridium aquilinum</i>	24	-0.05190055
<i>Randia aculeata</i>	46	-0.08001925
<i>Sapranthus campechianus</i>	5	-0.01591172
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	-0.01054336

Especie	N° Ind	Pi()*LN(Pi)
<i>Serjania adiantoides</i>	7	-0.02074513
<i>Serjania goniocarpa</i>	18	-0.04229202
<i>Smilax mollis</i>	13	-0.03329466
<i>Swartzia cubensis</i>	6	-0.01838286
<i>Thevetia gaumeri</i>	12	-0.031358
<i>Thouinia paucidentata</i>	7	-0.02074513
<i>Thrinax radiata</i>	16	-0.03881812
<i>Vitex gaumeri</i>	10	-0.02731701
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1	-0.00422871
<i>Zuelania guidonia</i>	4	-0.01330968
Núm. total de individuos		668
Riqueza S		61
H' calculada =		1.55357673

Fauna

Se consideró realizar un trabajo de campo sistemático para registrar el mayor número de especies que ocupan el área; por lo que durante el periodo de tiempo que abarco del día 24 al 28 del mes de noviembre del 2014, se llevaron a cabo campañas de campo enfocadas a la detección de los posibles grupos faunísticos presentes, que son mamíferos menores, aves y reptiles; se realizaron recorridos matutinos -de 6:30 a 9:30 hrs y de 10:00 a 12:00 hrs- y dos vespertinos -de 17:00 a 19:00 hrs y de 19:00 a 21:00 hrs- al interior del predio aplicando la técnica de búsqueda activa que consiste en recorrer el área de interés a través de la vegetación poniendo especial atención en localizar e identificar rastros de fauna tales como excretas, huellas, rascaderos, echaderos y cualquier otra evidencia de su presencia. Se buscaron madrigueras, nidos y sitios que pudieran ser utilizados como refugio, bajo piedras, troncos y entre los residuos sólidos que existen en el predio. Aunado a esto, se colocaron trampas Tomahawk y Sherman con cebo para la captura de mamíferos de tallas medianas y pequeñas. Los avistamientos de aves y reptiles se apoyaron con fotografías y los registros se compararon con guías de campo para tener certidumbre en la determinación de las especies observadas. A continuación se describe la metodología empleada para los diferentes grupos.

Aves

Este grupo faunístico presenta un comportamiento rutinario que permitió establecer que los mejores horarios para la observación de las especies que ocupan los predios en donde se pretende desarrollar el proyecto Aqua Residencial

El son por la mañana al alba y antes del ocaso. El primer horario fue de las 6:30 a las 9:30 de la mañana y el segundo de 17:00 a 19:00 horas. El primero es cuando inician su actividad diaria las aves y se encuentran en los sitios donde pernoctan, y el horario vespertino corresponde al periodo previo a la pernocta. Para la observación de las aves se utilizaron binoculares y una cámara marca Canon EOS Rebel T3 con lente EF-S 18-55mm de 12.2 megapíxeles.

Anfibios y reptiles

Debido a los hábitos y comportamiento rutinario de los individuos de estos grupos se pudieron establecer horarios adecuados para su observación; en el caso de reptiles estos horarios son después de las 9 o 10 de la mañana, cuando el sol intensifica sus rayos y provoca que los individuos salgan de sus refugios para calentarse. En el caso de los anfibios las búsquedas se realizaron en las zonas más húmedas y con sombra dentro del predio. De tal manera que se los avistamientos se ejecutaron con recorridos en todo el predio.

Mamíferos menores

Para el muestreo de este tipo de fauna se empleó una técnica mixta, en el que se utilizaron trampas (Tomahawk y Sherman), además de la realización de recorridos en turnos diurnos (7:00 a 10:00 am) y nocturnos (18:00 a 21:00). Las trampas empleadas fueron de dos tipos: Tomahawk, de acero galvanizado, para mamíferos menores tales como coaties, tlacuaches, así como para gatos ferales y urbanos, y Sherman de aluminio, para el muestreo de roedores. Trampas tipo Tomahawk. Se utilizaron dos trampas, una para tallas adultas y una para individuos de talla media y menores. Las trampas se colocaron entre las 17:00 y 18:00 horas en claros entre la vegetación existente y se cebaron con avena a la que se le aplicó esencia de vainilla y en otras ocasiones con carne de pollo. Las trampas fueron revisadas a la mañana siguiente de cada día, entre las 07:00 y 08:00 horas. Además se utilizaron 40 de estas trampas, las cuales fueron colocadas dentro del sitio, utilizando como cebo avena impregnada con esencia de vainilla. Se colocaron desde las 17:00 hasta las 18:00 horas para dejarse trabajar durante la noche, y por la mañana siguiente se procedió a su revisión y posteriormente se volvió a cebar. Las trampas se colocaron a 10 metros de distancia una de otra siguiendo transectos, procurando que en todos los casos la trampa se ubicará en sitios con vegetación fuera de las brechas o veredas existentes, para evitar alguna de las personas que entran al predio pudiera moverlas y/o afectarlas. El número de transectos fue de cuatro, uno por día.

Resultados

Durante los recorridos hechos se pudo constatar que la fauna silvestre es muy escasa, posiblemente debido a la condición de perturbación del predio y la zona; así como por su cercanía con zonas urbanizadas. Las escasas aves que se observaron son en mayoría especies que hacen sus recorridos con vuelos diurnos por el lugar. Algunas de las especies registradas en el predio fueron observadas alimentándose de insectos, frutos o semillas. Las aves fueron las más comunes, porque son más conspicuas y los mamíferos los menos. Los pájaros carpinteros fueron relativamente abundantes, posiblemente debido a la gran cantidad de troncos secos y árboles muertos en pie que les ofrecen variedad de insectos. También se observaron aves atrapando insectos al vuelo, aunque la mayoría de las veces sólo se observaron perchando.

De las especies registradas únicamente se puede afirmar que los reptiles forman parte de poblaciones al interior del predio, ya que dentro de éste seguramente encuentran todos los recursos que requieren para vivir, mientras que las demás especies registradas seguramente sólo utilizan los recursos del predio como parte de un área más grande de alimentación, ya que éste es demasiado pequeño como para soportar poblaciones completas de aves o mamíferos. Por otra parte, la falta de agua al interior del predio es un factor que limita la presencia de especies de fauna silvestre en su interior. No se registraron nidos al interior del predio, ni evidencias de que existan poblaciones de vertebrados residiendo dentro de éste.

En los resultados arrojados por los estudios de campo se determinó un total de 174 individuos que incluye 24 especies de las 4 clases taxonómicas registradas. Se observó un total de 133 aves, ubicándolas como la clase taxonómica más abundante en predio; 26 reptiles, 8 mamíferos y por último, 7 anfibios como la clase menos abundante. En el **Cuadro 27** se indica la lista de especies observadas clasificadas de acuerdo a su clase, orden, familia y género.

Cuadro 27. Listado de especies faunísticas observadas durante el muestreo en el predio.

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia
				Absoluta	Relativa
Anfibios	<i>Hylidae</i>	<i>Smilisca baudinii</i>	Rana de árbol mexicana	5.00	0.6
Anfibios	<i>Leptodactylidae</i>	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Rana de bigotes	2.00	0.4
TOTAL ANFIBIOS				7.00	1.00
Reptiles	<i>Corytophanidae</i>	<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado	7.00	0.27
Reptiles	<i>Phrynosomatidae</i>	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija escamosa pintas amarillas	4.00	0.15
Reptiles	<i>Polychrotidae</i>	<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo	5.00	0.19
Reptiles	<i>Iguanidae</i>	<i>Ctenosaura similis</i> *	Iguana espinoza	10.00	0.38

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia Absoluta	Abundancia Relativa
rayada					
TOTAL REPTILES				26.00	1.00
Aves	<i>Cardinalidae</i>	<i>Saltator atriceps</i>	Picurero cabeza negra	10.00	0.08
Aves	<i>Cardinalidae</i>	<i>Saltator coerulescens</i>	Picurero grisáceo	12.00	0.09
Aves	<i>Cathartidae</i>	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	8.00	0.06
Aves	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	20.00	0.15
Aves	<i>Corvidae</i>	<i>Psilorhinus morio</i>	Chara papán	5.00	0.04
Aves	<i>Corvidae</i>	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde	2.00	0.02
Aves	<i>Corvidae</i>	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	5.00	0.04
Aves	<i>Cracidae</i>	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula	12.00	0.09
Aves	<i>Dendrocolaptidae</i>	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos bigotudo	2.00	0.02
Aves	<i>Icteridae</i>	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	15.00	0.11
Aves	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco	5.00	0.04
Aves	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira	1.00	0.01
Aves	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus prothemelas</i>	Bolsero capucha negra	2.00	0.02
Aves	<i>Icteridae</i>	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	18.00	0.14
Aves	<i>Mimidae</i>	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	16.00	0.12
TOTAL AVES				133.00	1.00
Mamíferos	<i>Didelphidae</i>	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño	1.00	0.13
Mamíferos	<i>Muridae</i>	<i>Peromyscus mexicanus</i>	Ratón mexicano	2.00	0.25
Mamíferos	<i>Procyonidae</i>	<i>Nasua narica</i>	Coatí norteño	5.00	0.63
TOTAL MAMÍFEROS				8.00	1.00
TOTAL DE ESPECIES FAUNÍSTICAS DEL MUESTREO				172.00	

*Especie con categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El valor de abundancia relativa, resulta de la división del número de individuos de una especie de un grupo taxonómico entre el total de individuos del mismo grupo y esos valores son utilizados posteriormente para el cálculo de índices que reflejan la dominancia y equidad de las especies muestreadas.

Índices de diversidad

Derivado de los datos de abundancia obtenidos durante los avistamientos fueron calculados los índices de diversidad de Simpson y de Shannon de acuerdo con las expresiones sugeridas por Moreno (2000)³⁸:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

Donde:

P_i= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

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

Donde:

λ= índice de diversidad de Simpson

P_i= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Es importante mencionar que para el cálculo de p_i, tanto a los valores de número de individuos y el total de individuos de la muestra, se le restó 1, esto con el objetivo de disminuir la probabilidad de error en la muestra.

Cuadro 27. Análisis de los índices de Shannon-Wiener y Simpson de la fauna en el predio Aqua Residencial II.

CLASE	No. ESPECIES	ÍNDICE DE SIMPSON	ÍNDICE DE SHANNON
ANFIBIOS	2	0.5	0.6
REPTILES	4	0.252	1.32
AVES	15	0.092	2.45
MAMÍFEROS	3	0.393	0.9

³⁸ Moreno E. C., 2000. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, México. 49 p.

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

Todos los sitios de muestreo fueron extrapolados a una hectárea y los parámetros considerados necesarios para determinar los volúmenes de madera corresponden al DAP (Diámetro a la Altura del Pecho a 1.30 m), altura total del árbol, altura de fuste limpio y área basal. Esta última se determinó mediante la siguiente expresión:

$$AB_{m^2} = 0.7854(DN_m)^2$$

Dónde:

AB = Área Basal en metros cuadrados.

0.7854 = $\frac{1}{4}$ de π

DN^2 = Diámetro normal en metros elevado al cuadrado

Para la determinación de las existencias reales volumétricas fueron utilizadas las tablas de volumen del Inventario Forestal del Estado de Quintana Roo, en el cual las especies arbóreas son agrupadas en 17 grupos botánicos, para los cuales se determinaron 16 tablas de cálculo de volúmenes, en las que se aplican diferentes coeficientes de regresión en una expresión de la forma:

$$V = \text{Exp}^{(C_0 + C_1 * \text{Ln}(DN) + C_3 * \text{Ln}(AT))}$$

En donde:

V = Volumen

Exp = Exponencial

C_0 , C_1 , y C_2 = Coeficientes de Regresión

DN = Diámetro Normal

AT = Altura Total

Ln = Logaritmo Natural

La expresión anterior con sus respectivos coeficientes de regresión que conforman las 16 ecuaciones del inventario forestal del estado de Quintana Roo se presentan en el **Cuadro 28**.

Cuadro 28. Ecuaciones para cálculo de volumen. Se presentan las 16 ecuaciones del inventario forestal del estado de Quintana roo utilizadas para el cálculo de las existencias volumétricas.

TABLA	ECUACIÓN
1	$Vol= Exp(-9.64583328+1.79389367*Ln(DN)+1.03915044*Ln(AT))$
2	$Vol= Exp(-10.06001321+1.98160359*Ln(DN)+1.03695598*Ln(AT))$
3	$Vol= Exp(-9.53415154+1.85980581*Ln(DN)+0.96989346*Ln(AT))$
4	$Vol= Exp(-9.84923104+1.91175328*Ln(DN)+1.04555238*Ln(AT))$
5	$Vol= Exp(-9.88284891+1.92178549*Ln(DN)+1.04714889*Ln(AT))$
6	$Vol= Exp(-10.09141259+1.93246219*Ln(DN)+1.06194865*Ln(AT))$
7	$Vol= Exp(-9.98357915+1.95005045*Ln(DN)+1.05153755*Ln(AT))$
8	$Vol= Exp(-8.81312542+1.56449274*Ln(DN)+1.08361129*Ln(AT))$
9	$Vol= Exp(-9.60981068+1.82854720*Ln(DN)+1.01082458*Ln(AT))$
10	$Vol= Exp(-9.56438150+1.82330416*Ln(DN)+1.01741981*Ln(AT))$
11	$Vol= Exp(-9.52774573+1.76329569*Ln(DN)+1.08168791*Ln(AT))$
12	$Vol= Exp(-9.83322527+1.92412457*Ln(DN)+1.00970142*Ln(AT))$
13	$Vol= Exp(-9.41737421+1.76385327*Ln(DN)+1.04067089*Ln(AT))$

Fuente: SARH (1985)³⁹ y CONAFOR (2012)⁴⁰

A continuación en el **Cuadro 28** se presentan las existencias volumétricas para cada una de las especies registradas en cada uno de los sitios de muestreo para los estratos arbóreo y arbustivo. La superficie de muestreo para el estrato arbóreo, fue de 15,000 m² (500m² x 30 sitios) y 3,000 m² para el estrato arbustivo (100m² x 30 sitios).

³⁹ SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Campeche. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México D.F. 92 p.

⁴⁰ CONAFOR, 2012. Inventario Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Anexo VII. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volúmenes. Zapopan, Jalisco.

Cuadro 28. Existencias volumétricas por estrato en la superficie de muestreo.

Especies	Estrato arbustivo			Estrato arbóreo		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Acacia angustissima	3	0.011	0.052	4	0.075	0.265
Acacia cornigera	2	0.006	0.032			
Albizia tomentosa	8	0.026	0.136			
Bauhinia divaricata	3	0.007	0.031			
Bursera simaruba	58	0.167	0.665	21	0.273	1.370
Byrsonima bucidaefolia	2	0.008	0.036	5	0.072	0.381
Caesalpinia gaumeri	2	0.005	0.024			
Ceiba aesculifolia				2	0.050	0.301
Chrysophyllum cainito	1	0.002	0.009			
Coccoloba acapulcensis	3	0.008	0.034			
Coccoloba diversifolia	2	0.007	0.032	3	0.032	0.144
Coccoloba spicata	8	0.190	0.623			
Cordia alliodora	4	0.015	0.073	2	0.056	0.451
Cordia dodecandra	2	0.009	0.041	1	0.029	0.265
Croton reflexifolius	1	0.002	0.011			
Dendropanax arboreus	1	0.002	0.012	1	0.011	0.055
Dialium guianense	3	0.012	0.057			
Diospyros tetrasperma	1	0.002	0.011			
Diospyros yucatanensis	2	0.004	0.022			
Dipholis salicifolia	4	0.010	0.045			
Drypetes lateriflora	3	0.014	0.045	1	0.017	0.082
Esenbeckia pentaphylla	1	0.002	0.012			

Especies	Estrato arbustivo			Estrato arbóreo		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Eupatorium albicaule	1	0.002	0.010			
Exothea paniculata	1	0.004	0.013	1	0.017	0.093
Ficus cotinifolia	49	0.150	0.746	18	0.276	1.527
Ficus maxima	10	0.025	0.110	5	0.107	0.540
Ficus pertusa	4	0.008	0.038			
Gliricidia sepium	22	0.064	0.316	3	0.042	0.249
Guettarda combsii	3	0.008	0.048			
Gymnanthes lucida	11	0.032	0.115	2	0.025	0.125
Gymnopodium floribundum	15	0.038	0.236	1	0.010	0.056
Hampea trilobata	10	0.024	0.104			
Lonchocarpus rugosus	50	0.131	0.640	5	0.064	0.379
Lysiloma latisiliquum	1	0.007	0.032	20	0.458	2.358
Malmea depressa	1	0.002	0.009			
Manilkara zapota	4	0.049	0.264	19	0.970	6.699
Melicoccus oliviformis				2	0.045	0.229
Metopium brownei	20	0.073	0.471	34	0.772	5.490
Nectandra coriacea	1	0.006	0.031	2	0.032	0.164
Nectandra salicifolia	12	0.025	0.134			
Neea psychotrioides	1	0.002	0.009			
Piscidia piscipula	29	0.101	0.495	19	0.314	2.105
Platymiscium yucatanum	2	0.007	0.042			
Randia aculeata	1	0.003	0.015			
Sabal yapa				8	0.756	2.389

Especies	Estrato arbustivo			Estrato arbóreo		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Semialarium mexicanum				1	0.075	0.498
Senna pallida				1	0.036	0.177
Simarouba glauca	1	0.002	0.010			
Swartzia cubensis	61	0.405	1.547	4	0.054	0.247
Tabebuia rosea	1	0.002	0.012			
Thevetia gaumeri	17	0.046	0.192	6	0.074	0.317
Thouinia paucidentata	1	0.002	0.011	1	0.014	0.089
Thrinax radiata	11	0.055	0.323	5	0.058	0.165
Vitex gaumeri	52	0.182	0.995	68	1.806	9.701
Wimmeria obtusifolia	1	0.003	0.013			
Zuelania guidonia	2	0.007	0.024	1	0.012	0.041

A continuación en el **Cuadro 28** se presentan las existencias volumétricas para cada una de las especies presentes en el predio considerando la separación entre estrato arbóreo y arbustivo.

Cuadro 28. Existencias volumétricas por estrato en la superficie total del predio.

Especies	Estrato arbustivo (28.84 ha)			Estrato arbóreo (28.84 ha)			Predio (28.84 ha)		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Acacia angustissima	288	1.019	4.965	77	1.451	5.092	365	2.47	10.057
Acacia cornigera	192	0.568	3.083	0	0	0	192	0.568	3.083

Especies	Estrato arbustivo (28.84 ha)			Estrato arbóreo (28.84 ha)			Predio (28.84 ha)		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Albizia tomentosa	769	2.504	13.074	0	0	0	769	2.504	13.074
Bauhinia divaricata	288	0.718	3.02	0	0	0	288	0.718	3.02
Bursera simaruba	5576	16.01	63.935	404	5.259	26.35	5980	21.269	90.285
Byrsonima bucidaefolia	192	0.733	3.438	96	1.386	7.333	288	2.119	10.771
Caesalpinia gaumeri	192	0.524	2.29	0	0	0	192	0.524	2.29
Ceiba aesculifolia	0	0	0	38	0.971	5.783	38	0.971	5.783
Chrysophyllum cainito	96	0.221	0.82	0	0	0	96	0.221	0.82
Coccoloba acapulcensis	288	0.744	3.278	0	0	0	288	0.744	3.278
Coccoloba diversifolia	192	0.661	3.097	58	0.625	2.77	250	1.286	5.867
Coccoloba spicata	769	18.274	59.926	0	0	0	769	18.274	59.926
Cordia alliodora	385	1.463	6.991	38	1.075	8.664	423	2.538	15.655
Cordia dodecandra	192	0.855	3.925	19	0.551	5.089	211	1.406	9.014
Croton reflexifolius	96	0.234	1.043	0	0	0	96	0.234	1.043
Dendropanax arboreus	96	0.221	1.164	19	0.209	1.054	115	0.43	2.218
Dialium guianense	288	1.126	5.521	0	0	0	288	1.126	5.521
Diospyros tetrasperma	96	0.196	1.046	0	0	0	96	0.196	1.046
Diospyros yucatanensis	192	0.405	2.093	0	0	0	192	0.405	2.093
Dipholis salicifolia	385	0.914	4.29	0	0	0	385	0.914	4.29
Drypetes lateriflora	288	1.32	4.28	19	0.331	1.578	307	1.651	5.858
Esenbeckia pentaphylla	96	0.221	1.164	0	0	0	96	0.221	1.164
Eupatorium albicaule	96	0.172	0.933	0	0	0	96	0.172	0.933
Exothea paniculata	96	0.37	1.292	19	0.331	1.784	115	0.701	3.076
Ficus cotinifolia	4711	14.404	71.73	346	5.302	29.366	5057	19.706	101.096

Especies	Estrato arbustivo (28.84 ha)			Estrato arbóreo (28.84 ha)			Predio (28.84 ha)		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Ficus maxima	961	2.392	10.536	96	2.058	10.375	1057	4.45	20.911
Ficus pertusa	385	0.796	3.637	0	0	0	385	0.796	3.637
Gliricidia sepium	2115	6.167	30.377	58	0.813	4.778	2173	6.98	35.155
Guettarda combsii	288	0.804	4.576	0	0	0	288	0.804	4.576
Gymnanthes lucida	1058	3.054	11.047	38	0.484	2.398	1095	3.538	13.445
Gymnopodium floribundum	1442	3.697	22.735	19	0.198	1.07	1461	3.895	23.805
Hampea trilobata	961	2.262	9.956	0	0	0	961	2.262	9.956
Lonchocarpus rugosus	4807	12.584	61.514	96	1.227	7.29	4903	13.811	68.804
Lysiloma latisiliquum	96	0.712	3.082	385	8.8	45.352	481	9.512	48.434
Malmea depressa	96	0.184	0.842	0	0	0	96	0.184	0.842
Manilkara zapota	385	4.702	25.349	365	18.647	128.821	750	23.349	154.17
Melicoccus oliviformis	0	0	0	38	0.86	4.394	38	0.86	4.394
Metopium brownei	1923	6.974	45.251	654	14.837	105.566	2577	21.811	150.817
Nectandra coriacea	96	0.558	3.024	38	0.614	3.158	134	1.172	6.182
Nectandra salicifolia	1154	2.426	12.903	0	0	0	1154	2.426	12.903
Neea psychotrioides	96	0.184	0.842	0	0	0	96	0.184	0.842
Piscidia piscipula	2788	9.736	47.625	365	6.046	40.472	3153	15.782	88.097
Platymiscium yucatanum	192	0.637	3.99	0	0	0	192	0.637	3.99
Randia aculeata	96	0.276	1.416	0	0	0	96	0.276	1.416
Sabal yapa	0	0	0	154	14.544	45.939	154	14.544	45.939
Semialarium mexicanum	0	0	0	0	0	0	19	1.44	9.567
Senna pallida	0	0	0	19	0.687	3.397	19	0.687	3.397

Especies	Estrato arbustivo (28.84 ha)			Estrato arbóreo (28.84 ha)			Predio (28.84 ha)		
	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL	NA	AB	VOL
Simarouba glauca	96	0.208	0.941	0	0	0	96	0.208	0.941
Swartzia cubensis	5865	38.951	148.707	77	1.039	4.759	5941	39.99	153.466
Tabebuia rosea	96	0.196	1.124	0	0	0	96	0.196	1.124
Thevetia gaumeri	1634	4.415	18.444	115	1.418	6.093	1749	5.833	24.537
Thouinia paucidentata	96	0.221	1.016	19	0.27	1.705	115	0.491	2.721
Thrinax radiata	1058	5.279	31.08	96	1.109	3.177	1153	6.388	34.257
Vitex gaumeri	5000	17.484	95.642	1308	34.728	186.544	6306	52.212	282.186
Wimmeria obtusifolia	96	0.276	1.206	0	0	0	96	0.276	1.206
Zuelania guidonia	192	0.689	2.308	19	0.233	0.794	211	0.922	3.102
Total							54037	317.284	1576.080

De acuerdo con los resultados del cálculo de volumen se tiene que en el predio se tiene un volumen total de 1,576.08 m³ VTA.

PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

Retomando lo señalado en el segundo apartado del presente documento, en particular lo referente al programa de trabajo, se tiene que el cambio de uso de suelo 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 ocho meses posteriores al término de la primera fase, tendrá una duración de sesenta meses, debido a que corresponde a la superficie de los lotes en 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 64 meses, que al no ser consecutivos, tendrán una duración total de 72 meses contados a partir del inicio del proyecto. Los cronogramas donde se presenta el plazo para el cambio de uso de suelo se presentan en el **Cuadro 2** y **Cuadro 3** del segundo apartado en el presente documento.

VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Artículo 2, Fracción XXXV:

“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. En razón de esto último, la misma Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la Agenda 21, adoptada en la Cumbre de la Tierra de 1992, reconoce dos ecosistemas como sumamente frágiles, las zonas secas y las de montaña, cuya fragilidad se expresa en varias dimensiones, como la social o la biológica, pero es en los suelos donde de manera particular muestra sus manifestaciones más dramáticas. También reconoce como tierras secas las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, las cuales se caracterizan por condiciones climáticas particulares, como son la precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas (en el caso de los desiertos fríos) y elevada evapotranspiración potencial. Técnicamente, las zonas áridas se definen como zonas que tienen un índice de aridez (obtenido a partir del cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media) comprendido entre 0.5 y 0.65.

Debido a la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, las características topográficas del área de estudio, el predio donde se pretende establecer el proyecto no corresponde a una zona de montañas, ni mucho menos a una zona árida, de tal manera que no representa un ecosistemas altamente frágil, sin embargo determinar el grado de fragilidad del suelo presente en el mismo resulta complejo.

No obstante lo anterior el proyecto Aqua Residencial II contempla mantener el 13.2 % de la superficie total del predio como área permeable con vegetación nativa que protegerá el suelo e incluso con el adecuado mantenimiento promoverá su formación y productividad en términos ecológicos.

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La metodología utilizada para la valoración de los impactos derivados en el predio por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales es la propuesta por Conesa Fernández (1997) y Gómez Orea (1999) , que consiste primero identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término se procede a valorar los impactos para determinar su grado de importancia y, por último, se establecen las medidas preventivas, correctivas o compensatorias necesarias.

Esta metodología se describe a detalle en el inciso e del apartado de anexos del presente documento.

Identificación de impactos

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, 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 acciones o mapa conceptual como lo indica el **Cuadro 29**. A la derecha de cada componente ambiental se ha asignado un valor de importancia estimado a partir de su relevancia en el sistema ambiental, determinado con base en la experiencia del equipo técnico responsable de este manifiesto, siguiendo los criterios de Conesa Fernández (1997).

Cuadro 29. Elementos del ambiente susceptibles de recibir impactos ambientales.

MEDIO	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	UIP
Medio abiótico	Aire	Calidad	70
	Agua	Calidad	70
	Suelo	Estructura	70

MEDIO	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	UIP
Medio biótico	Flora	Calidad	70
		Importancia	80
	Fauna	Cobertura	200
		Diversidad	130
Medio Perceptual	Paisaje	Calidad y valor escénico	60
Medio Socioeconómico	Población	Calidad de vida	60
		Sector construcción	70
	Economía	Empleo y relaciones laborales	60
		Finanzas sector público	60
SUMA UIP AFECTADAS			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), (Estevan Bolea, 1984, En: Conesa Fernández, 1997).

Con base en el análisis previo, los impactos ambientales potenciales identificados por el cambio de uso de suelo se presentan en el **Cuadro 30**.

Cuadro 30. Impactos ambientales potenciales identificados por el desmonte del predio.

IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	NATURALEZA	ACTIVIDAD	MOMENTO DE OCURRENCIA
Reducción de la cobertura vegetal	Negativa	Desmonte	PS*
Afectación a la fauna	Negativa	Desmonte	PS*
Afectación de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Negativa	Desmonte	PS*
Pérdida de suelo	Negativa	Desmonte	PS*
Riesgo de contaminación por generación de ruido y emisiones a la atmósfera.	Negativa	Desmonte	PS*
Riesgo de contaminación por la generación de residuos peligrosos	Negativa	Desmonte	PS*
Riesgo de contaminación por la generación de residuos sólidos	Negativa	Desmonte	PS*
Riesgo de contaminación por la generación de aguas residuales	Negativa	Desmonte	PS*

IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	NATURALEZA	ACTIVIDAD	MOMENTO DE OCURRENCIA
Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos	Negativa	Desmonte	PS*
Generación de empleos temporales	Positiva	Desmonte	PS*
Activación de la economía	Positiva	Desmonte	PS*

*Etapa de preparación del sitio

Caracterización de impactos

Los impactos ambientales generados por el cambio de uso de suelo que implica el proyecto se deben a las siguientes actividades:

- Reducción de la cobertura vegetal
- Afectación a la fauna
- Pérdida de suelo
- Afectación de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
- Riesgo de contaminación por generación de ruido y emisiones a la atmósfera
- Riesgo de contaminación por generación de residuos peligrosos
- Riesgo de contaminación por la generación de residuos sólidos
- Riesgo de contaminación por la generación de aguas residuales
- Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos
- Generación de empleos temporales
- Activación de la economía

La reducción de la cobertura vegetal se considera un impacto de naturaleza negativa, directamente relacionado con las actividades de cambio de uso de suelo previstas para desarrollar el proyecto, de baja intensidad ($I_n=1$), ya que las actividades de desmonte afectarán solamente 288,437 m² que corresponde al 0.008 % de la superficie de la microcuenca, además su eliminación no creará barreras físicas considerando que se encuentra inmerso en una zona urbana en desarrollo; se llevarán a cabo sólo en el predio por lo que la afectación de este impacto se considera de extensión puntual ($E_x=1$).

La manifestación de este impacto se dará de forma inmediata ($M_o = 4$) pues dará inicio una vez que se realice el desmonte del sitio bajo el amparo de las autorizaciones correspondientes; se considera permanente ($P_e= 4$), por el uso urbano que se le pretende dar, por lo que también es irreversible por medios naturales ($R_v=4$). Sin embargo se tomarán medidas para mitigar la reducción de cobertura vegetal ($R_c=4$) tales como la implementación del Programa de Colecta Selectiva de Flora y el Programa de Arborización y Jardinado. En ambos se

tomarán en cuenta las especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies de flora nativa.

El efecto de este impacto es directo ($E = 4$) pues está relacionado con el cambio de uso de suelo que pretende darse al predio. Se considera que de este impacto derivarán otros más, como lo es la modificación del paisaje, la reducción de hábitat para la fauna, el incremento del microclima, entre otros, por lo que será un impacto sinérgico ($S = 2$), que se hace acumulativo ($A = 4$) en el entorno, debido a que se integrará a la superficie urbanizada de Cancún, donde se ha modificado casi por completo toda la cobertura vegetal.

Este impacto se dará de manera discontinua, ya que ocurrirá durante la etapa de preparación del sitio del proyecto y también cuando los propietarios de los lotes, realicen actividades de desmonte para construir viviendas o comercios y posteriormente no volverá a tener lugar ($Pr = 1$).

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para la Reducción de cobertura vegetal a consecuencia del desmonte es de -32, por lo que se trata de un impacto adverso moderado y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm [3 (1) + 2 (1) + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 2 + 4 + 1]$$

$$I = - 32$$

- Afectación a la fauna

Este impacto está relacionado con el desplazamiento de las especies de fauna a causa de la reducción de su hábitat por el desmonte que tendrá que realizarse para el desplante de las obras de urbanización y posteriormente de viviendas y comercios. En el entendido que la fauna registrada al interior del predio fue escasa y poco diversa, además de que las especies reportadas son altamente tolerantes a condiciones urbanas, se califica como un impacto de intensidad baja ($In=1$). Se trata de un impacto de influencia puntual ($Ex=1$), ya que las acciones de desmonte sólo se restringirán a los límites del predio.

La manifestación del impacto será inmediata ($Mo=4$), ya que una vez que se comience con las actividades de desmonte la fauna se desplazará a sitios con menor perturbación, el impacto será permanente ($Pe=4$) y no será posible su reversibilidad ($Rv=4$) debido a que la mancha urbana se extenderá y la mayoría de la fauna no podrá retornar al área del predio, salvo las aves que tiene una mayor capacidad de desplazamiento.

Este impacto será mitigable por lo que se califica como recuperable ($Rc=4$) debido a que se implementarán medidas, como el Programa de Colecta Selectiva de Fauna antes de iniciar con las actividades de desmonte, así mismo con el establecimiento de áreas verdes y ajardinadas en el fraccionamiento, que serán

atractivas para la fauna menor como sitio de descanso y alimentación, como ocurre en diversas zonas ya urbanizadas en la ciudad.

Se trata de un impacto indirecto (E=1) debido a que deriva por el retiro de la cubierta vegetal y no en sí a una afectación sobre este grupo en particular.

La sinergia es simple (S=1) pues no conlleva a efectos mayores a los manifestados. Por otro lado el impacto será acumulativo pues se unirá a las áreas de desarrollo aledañas (A=4) donde se ha desplazado a la fauna silvestre con la apertura de lotes urbanos. Dado que el desplazamiento de las poblaciones de fauna se dará en una ocasión, se considera un impacto de periodicidad irregular o discontinua (Pr=1).

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para la Afectación de la fauna a consecuencia del desmonte es de -28, por lo que se trata de un impacto adverso moderado y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm (3 (1) + 2 (1) + 4 + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 1)$$

$$I = - 28$$

- Pérdida de suelo

Este impacto está relacionado con la pérdida del suelo por el despalme de la superficie desmontada, actividad necesaria para la nivelación del terreno, para la urbanización del predio.

Considerando que el despalme se restringe a los 240,019.75 m² que serán desmontados dentro del predio y que es una superficie ínfima con respecto al total de la superficie del sistema ambiental que corresponde a 0.008 % de la microcuenca, se califica como un impacto de baja intensidad (In=1) y debido a que no sobrepasará los límites del predio, se califica como de extensión puntual (Ex=1).

Se manifestará de manera inmediata (Mo=4) ya que el retiro de la capa edáfica se realizará posterior al desmonte. La persistencia del efecto será permanente (Pe=4) e irreversible (Rv=4) pues no existe la posibilidad de retornar el medio a las condiciones originales por medios naturales, dado que la formación de suelo es un proceso geológico de muchos años.

A pesar de los efectos de este impacto, su recuperabilidad por medios humanos (Rc=4) es posible, ya que se implementarán actividades para la recuperación del suelo, con el cribado para su uso en las áreas verdes del proyecto.

Respecto al efecto éste es indirecto (E=1) pues la afectación al suelo deriva de las actividades del desmonte en el predio. Este impacto se considera de sinergismo simple (S=1) debido a que a pesar de que afectará a la calidad y fertilidad del

mismo, los suelos de la Península de Yucatán por su juventud tienen escaso valor para actividades primarias (agricultura y ganadería, entre otros).

El efecto es acumulativo (A=4) ya que el área al igual que la pérdida de la vegetación, se sumará a otras áreas que han sido afectadas para el desarrollo urbano. Se considera un impacto irregular (Pr=1), ya que sólo se dará una sola vez.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para la Pérdida de suelo es de -28, por lo que se trata de un impacto adverso moderado y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm (3 (1) + 2 (1) + 4 + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 1)$$

$$I = - 28$$

- Afectación a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

La afectación de las especies listadas en esta norma con respecto al área de estudio se reduce a una sola especie perteneciente a flora, la cual es la palma chit (*Thrinax radiata*), ya que no se registraron especies de fauna con protección legal.

Considerando que el área de afectación se restringe al predio y esta especie cuentan con un amplio rango de distribución en el Estado de acuerdo con varios estudios botánicos en la entidad, se considera de bajo intensidad (In=1) y extensión puntual (Ex=1).

El plazo de manifestación de este impacto será de forma inmediata (Mo=4) una vez que se inicie con las actividades de desmonte; y debido a que el desplante de las obras impedirá volver a ocupar los espacios afectados, su efecto será permanente (Pe=4), sin posibilidades de retornar a su estado original por medios naturales (Rv=4).

Sin embargo, se trata de un impacto mitigable (Rc=4), ya que se llevarán a cabo acciones preventivas tanto de rescate de vegetación como de reforestación, en los cuales se pondrá especial atención a aquellas especies que se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Este impacto se califica como indirecto (E=1) pues su causa deriva de las acciones de desmonte que se realizarán dentro del predio y es un impacto simple (S=1) dado que su efecto no generará otras afectaciones. Estos individuos no serán eliminados, sino que serán reubicados al interior del mismo predio; por lo cual no disminuirá su población y esta afectación no se incrementará a lo largo del tiempo (A=1).

Este impacto ocurrirá sólo una vez ($Pr=1$) y afectará exclusivamente a los individuos que se distribuyen al interior del predio específicamente en las áreas destinadas a la construcción del proyecto.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para la Afectación de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 es de -25, por lo que se trata de un impacto adverso moderado y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm (3 (1) + 2 (1) + 4 + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$I = - 25$$

- Riesgo de contaminación por generación de ruido y emisiones a la atmósfera

Este riesgo de contaminación será ocasionado por el ruido y el polvo generados durante las actividades de desmonte en las que se emplearán maquinaria, lo que afectará en parte, la calidad del aire en la zona. Sin embargo esto sólo ocurrirá durante un lapso de tiempo.

Por lo antes mencionado, se considera que el grado de alteración será bajo ($In=1$), de extensión puntual ($Ex=1$) debido a que se limitará únicamente al predio y la manifestación del efecto será inmediata ($Mo=4$) dado que la maquinaria será necesaria para las actividades de desmonte, triturado y recuperación de suelo.

La persistencia de este impacto será temporal ($Pe=2$) ya que cesará una vez que se concluya con la etapa de cambio de uso de suelo; la afectación a la calidad del aire por la generación de ruido se dará en horas laborables y permitidas, además cabe mencionar que parte de la vegetación colindante con el predio ayudará a capturar las partículas de polvo que puedan ser arrastradas por el viento.

En cuanto al retorno por medios naturales, este se dará en un corto plazo ($Rv=1$) ya que la generación de ruido y partículas sólo estará vinculada al tiempo que duren los trabajos de desmonte. Además se tomarán medidas para mitigar este impacto ($Rc=4$) como la implementación de horas laborables permitidas para la generación de ruido, se humedecerán las áreas desmontadas y despalmadas para evitar la dispersión de partículas terrígenas por el viento.

El efecto ($E=1$) de este impacto será indirecto ya que deriva de la necesidad del uso de maquinaria para llevar a cabo las actividades de desmonte.

Se considera un impacto de sinergia simple ($S=1$) y que no tendrá un efecto acumulativo ($A=1$) pues se dará estricto cumplimiento a las medidas de prevención para evitar la contaminación. Así mismo dicho impacto será irregular ($Pr=1$) dado que se generará durante las actividades de desmonte para la urbanización y también para el desmonte de los lotes habitacionales y comerciales.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el impacto de Riesgo de contaminación por generación de ruido y emisiones a la atmósfera es de -20, por lo que se trata de un impacto adverso ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3I_n + 2E_x + M_o + P_e + R_v + R_c + E + S + A + P_r)$$

$$I = \pm (3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$I = -20$$

- Riesgo de contaminación por residuos peligrosos

Este impacto se refiere al riesgo de contaminación por grasas aceites y/o aditivos, o en su caso estopas impregnadas de éstos, que puedan causar riesgo de contaminación al suelo y manto freático debido al uso de maquinaria para el desmonte y despalme.

La intensidad del impacto se considera baja ($I_n=1$) ya que se pretende obligar a los contratistas dar mantenimiento adecuado a las maquinaria, tomando en cuenta las medidas de prevención correspondientes. Debido a que el riesgo de afectación se limitará únicamente al área del predio es de extensión puntual ($E=1$).

La manifestación por riesgo de contaminación será en un corto plazo ($M_o=4$), ya que la presencia de maquinaria es necesaria para dar inicio a las actividades de desmonte.

La permanencia del efecto será temporal ($P_e=2$) considerando que el riesgo de contaminación estará latente solamente durante el cambio de uso de suelo del proyecto; puede ser reversible a mediano plazo por medios naturales ($R_v=2$) en el caso de contaminación del agua ya existen bacterias capaces de degradar sustancias contaminantes en los cuerpos de agua subterráneos. Mientras que para el suelo el riesgo se restringirá a aquellas zonas en las que se lleve a cabo el desmonte, y que en corto plazo se sellarán con capas de sascab y posteriormente la urbanización.

La recuperabilidad será mitigable ($R_c=4$) debido a que se realizarán actividades preventivas para el mantenimiento de la maquinaria que se utilice en las actividades de desmonte, en caso de algún derrame, se procederá a retirar esa parte del suelo con pala y posteriormente se cubrirá con sascab.

El efecto del impacto será indirecto ($E=1$) ya que es un posible riesgo de contaminación en el uso de la maquinaria para desmonte del predio. La sinergia del impacto será simple ($S=1$) ya que no hay más acciones que lo sucedan.

En cuanto la acumulación generada por el impacto, éste se considera simple ($A=1$) y de periodicidad irregular ($P_r=1$) dado que el riesgo de contaminación, se presentará sólo durante el cambio de uso de suelo, en la etapa de preparación del sitio.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el impacto de Riesgo de contaminación por generación residuos peligrosos es de -21, por lo que se trata de un impacto adverso ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm (3 (1) + 2 (1) + 4 + 2 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$I = - 21$$

- Riesgo de contaminación por residuos sólidos

Existe el riesgo de contaminación por residuos sólidos durante las actividades del cambio de uso de suelo por el arrastre de lixiviados, esto debido a los residuos que se generarán por parte de los trabajadores por empaque de alimentos, bebidas, restos de comida, entre otros.

Considerando que se tomarán las medidas necesarias para una manejo adecuado de residuos, tomando las precauciones necesarias para evitar escurrimiento de lixiviados que puedan convertirse en un riesgo de contaminación; este impacto se califica como de baja intensidad (In=1) y extensión puntual (Ex=1) pues se dará al interior del predio.

La manifestación de este impacto puede darse de manera inmediata (Mo=4) una vez que entren trabajadores en el predio y se inicie la actividad de desmonte. La persistencia será fugaz (Pe=1) si se toman las medidas correctivas necesarias si llegará a darse algún tipo de contaminación, de igual manera, puede ser reversible a mediano plazo por medios naturales (Rv=2) ya existen bacterias capaces de degradar algunas sustancias contaminantes.

Cabe mencionar que se tomarán las medidas precautorias para mitigar este impacto (Rc=4) dado que se implementará un Programa Integral de Manejo Ambiental, en el cual se tiene contemplado la colocación de recipientes para el acopio de los residuos generados y su traslado al relleno sanitario por parte del servicio de limpia municipal.

Se trata de un impacto indirecto (E=1) pues deriva de la presencia de trabajadores para el cambio de uso de suelo; y tiene sinergia (S=2) ya que puede ocasionar la proliferación de fauna nociva y riesgos para la salud.

De periodicidad irregular (Pr=1) pues se dará durante la etapa de desmonte, se anticipa que no provocará efectos acumulativos (A=1) pues el área debe quedar completamente limpia antes de que inicie la venta de lotes.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el impacto de riesgo de contaminación por generación residuos sólidos es de -21, por lo que se trata de un impacto adverso ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3I_n + 2E_x + M_o + P_e + R_v + R_c + E + S + A + P_r)$$

$$I = \pm (3(1) + 2(1) + 4 + 1 + 2 + 4 + 1 + 2 + 1 + 1)$$

$$I = - 21$$

- Riesgo de contaminación por generación de aguas residuales

Este riesgo de contaminación, se refiere al que se pueda dar por el manejo inadecuado del contenido de los sanitarios portátiles durante la etapa de preparación del sitio, aunque cabe señalar que la limpieza de éstos estará a cargo de la empresa arrendadora.

Se trata de un impacto de intensidad baja ($I_n=1$) dado que los sanitarios que se instalarán serán a razón de uno por cada 20 trabajadores y en lugares estratégicos, además su extensión es puntual ($E_x=1$), ya que el riesgo es mínimo y se reduce únicamente al predio.

El momento de la posible manifestación será a plazo inmediato ($M_o=4$), debido corto tiempo programado para las actividades posteriores al desmonte del predio, así mismo el efecto tendrá persistencia fugaz ($P_e=1$) ya que el riesgo por contaminación de aguas residuales en las actividades de cambio de uso de suelo se llevarán a cabo en menos de un año.

El retorno del ambiente por medios naturales en caso de presentarse algún grado de contaminación en esta etapa se considera como reversibilidad a corto plazo ($R_v=1$) considerando que este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarse. La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo influye de forma muy importante, puede suceder que un lugar relativamente cercano al foco contaminante tenga agua limpia, porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar, y al revés.

Los acuíferos tienen una cierta capacidad de autodepuración, mayor o menor según el tipo de roca y otras características. Las sustancias contaminantes, al ir el agua avanzando entre las partículas del subsuelo se filtran y dispersan y también son neutralizadas, oxidadas, reducidas o sufren otros procesos químicos o biológicos que las degradan. De esta manera el agua va limpiándose.

Por otra parte, existe la posibilidad de recuperabilidad por medios humanos ($R_c=4$) con la implementación de un Programa Integral de Manejo Ambiental, en el que se tiene contemplado que el manejo y destino final de las aguas residuales serán responsabilidad de la empresa arrendadora de los sanitarios portátiles.

El efecto del impacto mencionado es indirecto ($E=1$), ya que no es efecto de las actividades de desmonte si no de la presencia de trabajadores en el sitio.

Se trata de un impacto sinérgico ($S=1$) pues puede traer consigo la proliferación de malos olores y enfermedades gastrointestinales.

Su acumulación será simple ($A=1$) pues se dará sólo durante la preparación del sitio del proyecto. El riesgo de contaminación por aguas residuales que tendrá

lugar durante las actividades de desmonte, se considera de periodicidad irregular (Pr=1).

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el impacto de Riesgo de contaminación por generación aguas residuales de -19, por lo que se trata de un impacto adverso ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm (3 (1) + 2 (1) + 4 + 1 + 1 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$I = - 19$$

- Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos

Las obras proyectadas se llevarán a cabo en una zona con potencial urbano en proceso de desarrollo, en las inmediaciones del predio, la viviendas más cercanas, corresponden a un fraccionamiento situado en el límite Sur, con construcciones habitacionales, por lo que se anticipa que el ruido, la emisión de polvo, el incremento del tráfico vehicular, la presencia de vendedores ambulantes y los trabajadores de la construcción reducirán el confort y calidad de vida de los habitantes asentados en la vecindad del predio, aunque sea temporalmente, durante el tiempo que duren las actividades de preparación del sitio.

Se trata de un impacto con un área de baja intensidad (In = 1) e influencia puntual (Ex = 1), puesto que los habitantes directamente afectados serán los que se encuentran al Sur del predio, ya que son los más cercanos al área de influencia del proyecto.

El momento de manifestación será inmediato pues iniciará con el desarrollo de las obras (Mo = 4). Aunque su persistencia será temporal (Pe = 1) pues se circunscribe a la duración del cambio de uso de suelo del predio.

En cuanto a la reversibilidad por medios naturales de este impacto se considera a corto plazo (Rv=1) ya que una vez se hayan terminado las actividades, el ruido y el polvo ocasionado cesará inmediatamente. Cabe mencionar que este impacto será mitigable (Rc=4) ya que se prevé establecer horarios de trabajo para que el ruido y polvo generado por las maquinarias interfiera en lo mínimo en la calidad de vida de los vecinos.

Se trata de un impacto de efecto indirecto (E=1) pues de deriva de situaciones que se presenta en las construcción de cualquier tipo de obra.

No se anticipa la generación de nuevos impactos por éste (S=1), por lo que se califica como de sinergia simple. Tampoco se considera acumulativo (A=1) pues una vez que se termine la obra desaparecerá.

Se manifestará de manera discontinua, en las actividades de preparación del sitio y posteriormente cuando comiencen las construcciones de los lotes habitacionales y comerciales por parte de los propietarios (Pr=1).

Con base en lo anterior, el valor de importancia estimado para el impacto por alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos es de -19, por lo que se trata de un impacto adverso ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm [3 (1) + 2 (1) + 4 + 1 + 1 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1]$$

$$I = -19$$

- Generación de empleos temporales

Se requerirá contratar trabajadores para llevar a cabo todas las actividades que se requieren para la etapa de preparación del sitio, por lo que resulta en un impacto positivo, pero baja intensidad (In=1) comparando al proyecto con grandes desarrollos turísticos o de vivienda que se realizan en la zona, donde se requiere una gran cantidad de trabajadores; es de extensión puntual (Ex=1) ya que se tendrá como prioridad contratar personal local.

La manifestación de este impacto será inmediata (Mo=4) pues será necesaria la contratación de personal para las actividades de desmonte en el predio. Su persistencia se considera temporal (Pe=2) ya que la oferta de empleo será para esta etapa solamente. De acuerdo a lo anterior la reversibilidad en será a corto plazo (Rv=1) pues esta etapa será inferior a un año; por su naturaleza positiva no se califica la recuperabilidad.

El efecto será directo (E=4) ya que éste impacto se deriva del requerimiento de personal, para todo el desarrollo del proyecto en la etapa de preparación del sitio, y se considera sinérgico (S=2) por que incidirá tanto en la economía local como en las familias de los trabajadores que sean contratados.

Es un impacto de acumulación simple (A=1) dado que es temporal y se dará en forma discontinua (Pr=1), solamente para las actividades de preparación del sitio del proyecto.

Con base en lo anterior, el valor de importancia estimado para el impacto por Generación de empleos temporales es de +20, por lo que se trata de un impacto positivo ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + E + S + A + Pr)$$

$$I = \pm [3 (1) + 2 (1) + 4 + 2 + 1 + 4 + 2 + 1 + 1]$$

$$I = +20$$

- Activación de la economía

Para llevar a cabo las actividades de desmonte en el predio, se prevén pagos para obtener los permisos correspondientes, la compra de insumos, así como la contratación de maquinaria y otros servicios, con lo cual se estima dejará una derrama económica a nivel local sobre los sectores público, comercio local y empresas particulares.

Se trata de un impacto positivo, de baja intensidad ($I_n=1$), ya que aunque se pretende una inversión económica considerable, su efecto disminuye comparándola con las grandes inversiones en el sector turístico. Su extensión se considera puntual ($E_x=1$) pues la derrama económica permeará en su mayoría en comercios y gente de la localidad.

El impacto se manifestará a corto plazo ($M_o=4$), ya que una vez hecho los pagos correspondientes. Mientras que la persistencia será temporal ($P_e=2$) considerando que podrá extenderse a la etapa constructiva con la compra de insumos para la construcción de viviendas por los adquirientes de los lotes.

De acuerdo a lo anterior la reversibilidad en la preparación del sitio y construcción será a corto plazo ($R_v=1$) y por su naturaleza positiva no se califica la recuperabilidad para la etapa operativa.

Tendrá un efecto directo ($E=4$) ya que éste impacto se deriva del requerimiento de materiales e insumos, así como del pago de derechos para la autorización del proyecto.

La activación económica que propiciará ocasionará efectos sinérgicos ($S=2$) en varios sectores, sin embargo su acumulación será simple ($A=1$), dado que los gastos mencionados sólo se realizarán durante la etapa de preparación del sitio y por consiguiente su periodicidad se califica como irregular ($P_r=1$).

Con base en lo anterior, el valor de importancia estimado para el impacto de activación de la economía es de +20, por lo que se trata de un impacto positivo ambiental compatible y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3I_n + 2E_x + M_o + P_e + R_v + E + S + A + P_r)$$

$$I = \pm [3 (1) + 2 (1) + 4 + 2 + 1 + 4 + 2 + 1 + 1]$$

$$I = +20$$

Valoración de impactos

Con la información presentada en el cuadro previo y siguiendo la metodología de Conesa (1997)⁴¹, se califica el valor de importancia de los impactos ambientales potenciales identificados para el proyecto (**Cuadro 31**). En los últimos renglones se presenta una escala de valores que permiten calificar los impactos identificados, donde los valores inferiores o iguales a 25 son compatibles, aquellos que se encuentren entre 25 y 50 se consideran moderados, entre 50 y 75 severos y superiores a 75 deben considerarse críticos. Adicionalmente se incluye un renglón donde se determina la naturaleza del impacto, cuyos valores son positivos (+), negativos (-) o neutros (0).

Cuadro 31. Valoración de los impactos identificados en el proyecto Aqua Residencial II.

Tipología de impactos	Criterio de evaluación	Reducción de la cobertura vegetal	Afectación a la fauna	Pérdida de suelo	Afectación a especies en la NOM-059	Riesgo de contaminación por ruido y emisiones a la atmósfera	Riesgo de contaminación por residuos peligrosos	Riesgo de contaminación por residuos sólidos	Riesgo de contaminación por aguas residuales	Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos	Generación de empleos	Activación de la economía
			Baja (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
INTENSIDAD In (Grado de alteración)	Media (2)											
	Alta (4)											
	Muy alta (8)											
	Total (12)											
		Puntual (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EXTENSIÓN Ex (Área de influencia)	Parcial (2)											
	Extremo (4)											
	Total (8)											
	Crítica (+4)											
		Largo plazo (1)										
MOMENTO Mo (Plazo de manifestación)	Medio plazo (2)											
	Corto o inmediato (4)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

⁴¹ Conesa H. V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Editorial Mundi-Prensa 412 pp.

Tipología de impactos	Criterio de evaluación	Reducción de la cobertura vegetal	Afectación a la fauna	Pérdida de suelo	Afectación a especies en la NOM-059	Riesgo de contaminación por ruido y emisiones a la atmósfera	Riesgo de contaminación por residuos peligrosos	Riesgo de contaminación por residuos sólidos	Riesgo de contaminación por aguas residuales	Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos	Generación de empleos	Activación de la economía
			Critico (+4)									
PERSISTENCIA Pe (Permanencia del efecto)	Fugaz (1)							1	1	1		
	Temporal (2)					2	2				2	2
	Permanente (4)	4	4	4	4							
REVERSIBILIDAD Rv (Retorno por medios naturales)	Corto plazo (1)					1			1	1	1	1
	Medio plazo (2)						2	2				
	Irreversible (4)	4	4	4	4							
RECUPERABILIDAD Rc (Reconstrucción por medios humanos)	Inmediato (1)											
	Medio plazo (2)											
	Mitigable (4)	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	Irrecuperable (8)											
EFEECTO E (Relación causa-efecto)	Indirecto (1)		1	1	1	1	1	1	1	1		
	Directo (4)	4									4	4
SINERGIA S (Interrelación de acciones y/o efectos)	Simple (1)		1	1	1	1	1		1	1		
	Sinérgico (2)	2						2			2	2
	Muy sinérgico (4)											
ACUMULACIÓN A (Incremento progresivo)	Simple (1)				1	1	1	1	1	1	1	1
	Acumulativo (4)	4	4	4								
PERIODICIDAD Pr (Regularidad de la manifestación)	Irregular, discontinuo (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Periódico (2)											
	Continuo (4)											
IMPORTANCIA $I=(3In+2Ex+Mo+Pe+Rv+Ro+E+S+A+Pr)$		32	28	28	25	20	21	21	19	19	20	20
NATURALEZA Pos (+) Neg (-) Neutro (0)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Característica	Ambiental crítico (>75)											
	Ambiental severo (51-75)											
	Ambiental moderado (25-50)	•	•	•	•							
	Ambiental compatible (>25)					•	•	•	•	•	•	•

Conclusiones

Siguiendo la metodología propuesta por Conesa-Fernández (1997), se realizó el análisis del cambio de uso de suelo en terrenos forestales a urbanos para desarrollar el proyecto Aqua Residencial, su influencia en el entorno y la valoración de los impactos ambientales previstos, así como de sus posibilidades de prevención, mitigación y/o compensación.

Se determinaron los impactos ambientales negativos que generarán las acciones involucradas, sin embargo, es pertinente destacar que estos resultaron irrelevantes puesto que son de baja intensidad, magnitud e importancia, una vez que se apliquen las medidas de mitigación propuestas.

En total se detectaron 11 impactos ambientales, de los cuales 9 son de naturaleza negativos y 2 impactos son de naturaleza positiva. Asimismo 4 de ellos son ambientalmente moderado y 7 son ambientalmente compatible, es importante mencionar que ninguno de los impactos es ambientalmente crítico o severo o relevante.

Los impactos negativos por orden de importancia de mayor a menor son: reducción de la cobertura vegetal, afectación a la fauna, pérdida de suelo, afectación de las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, riesgo de contaminación por la generación de residuos sólidos, riesgo de contaminación por la generación de residuos peligrosos, riesgo de contaminación por la generación de ruido y emisiones a la atmósfera, riesgo de contaminación por la generación de aguas residuales, afectación temporal del confort y calidad de vida de los vecinos, teniendo valores de importancia entre -32 y -19. En tanto que los impactos positivos son 2 (generación de empleos temporales y activación de la economía) con valor de importancia de +20.

Del total de los impactos identificados se tiene que el de mayor importancia es la reducción de la cobertura vegetal, sin embargo se limitará sólo al predio de estudio, mismo que se ubica en una zona ya contemplada para el desarrollo urbano, por lo que el cambio de uso de suelo de terreno forestal a urbano ya había sido previsto con anterioridad, además es importante mencionar que de acuerdo a las características de la vegetación presente no se trata de una selva en estado clímax, más bien se trata de una zona con vegetación secundaria. Aunado a esto es importante mencionar que durante el cambio de uso de suelo se llevarán a cabo medidas para disminuir el impacto provocado por la eliminación de la cobertura vegetal, tales como, la ejecución de un programa de colecta selectiva de flora y material de propagación, los individuos rescatados serán reintroducidos al predio a través de un programad e arborización y jardinado. El cambio de uso de suelo también generara impactos sobre la fauna, sin embargo la fauna registrada al interior del predio fue escasa y poco diversa, además de que las especies reportadas son tolerantes a condiciones urbanas. El impacto a las especies de fauna será atenuado por la realización de un programa de colecta selectiva de

fauna, el cual busca ahuyentar a las especies presente y en determinado su momento su captura para salvaguardas a los individuos, asimismo el proyecto pretende la conservación de áreas verdes donde se reintroducirán a las especies de vegetación previamente rescatadas situación que ara que estas zonas sean atractivas para las especies menores de fauna. Es importante mencionar que tanto el programa de colecta selectiva de flora y material de propagación, si como el programa de colecta selectiva de fauna darán especial importancia a las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Dentro de los impactos detectados existe el riesgo de contaminación por la generación de ruido y emisiones a la atmosfera mismo que será básicamente durante las actividades de desmonte, las cuales se efectuaran sólo durante horarios establecidos. También el riesgo de contaminación por generación de residuos peligrosos será básicamente durante la etapa de cambio de uso de suelo, sin embargo el riesgo será mínimo debido a que se implementará un programa para el adecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos.

El riesgo de contaminación por la generación de aguas residuales durante el cambio de uso será mínimo, debido a las dimensiones del proyecto aunado a que durante la construcción se rentarán sanitarios portátiles, los cuales serán aseados continuamente y el contenido de los mismos será entregado a una empresa responsable que se encargue de su adecuada disposición fina. Es importante mencionar que durante la operación el proyecto las aguas residuales se conducirán al drenaje municipal, por lo que no se anticipa que haya algún impacto negativo, ya que las aguas residuales son vertidas a la planta de tratamiento más cercana.

Debido a que el uso de suelo del área de estudio ya estaba destinado para el uso urbano el proyecto contará con los servicios de abastecimiento de agua potable, drenaje sanitario, recolección de residuos, energía eléctrica y vialidad de acceso.

Por lo antes expuesto, al igual que 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 (ministro 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.

De lo anterior se reitera que la construcción y operación del proyecto son ambientalmente factibles, siempre y cuando el promovente siga con estricto apego la ejecución de las medidas propuestas; así como las recomendaciones que indiquen las autoridades ambientales competentes.

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

Descripción de las medidas de prevención y mitigación

Antes de proceder a la evaluación de los impactos ambientales, es necesario considerar que algunos de éstos pueden ser prevenidos o mitigados, mientras que para otros será necesario implementar medidas correctivas y/o de compensación que disminuyan su efecto y contribuyan a hacerlo ambientalmente viable.

De las actividades de cambio de uso de suelo del proyecto Aqua Residencial se identificaron 11 impactos, de los cuales nueve son de naturaleza negativa y dos de naturaleza positiva, en cuanto a la importancia de estos impactos, cuatro son ambientalmente moderados y siete ambientalmente compatibles.

En el **Cuadro 32** se presenta la valoración de las medidas preventivas, correctivas y/o de mitigación en la etapa de desmonte para las superficies autorizadas, no autorizadas y por desmontar.

Cuadro 32. Valoración de las medidas de mitigación, prevención y/o corrección. Se presenta la matriz de valoración de la importancia de las medidas de mitigación y compensación que se realizarán para la superficie a desmontar para el proyecto Aqua Residencial II

TIPOLOGÍA	Criterio de evaluación	Programa de colecta selectiva de flora y material de propagación	Programa de colecta selectiva de fauna	Programa de arborización y jardinado	Triturado de residuos vegetales	Recuperación de suelo y tierra vegetal	Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria	Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos	Establecimiento de horario de trabajo
INTENSIDAD In (Grado de control del impacto)	Baja					1	1		1
	Media								
	Alta			4	4				
	Muy alta	8	8					8	
	Total								

TIPOLOGÍA	Criterio de evaluación	Programa de colecta selectiva de flora y material de propagación	Programa de colecta selectiva de fauna	Programa de arborización y jardinado	Triturado de residuos vegetales	Recuperación de suelo y tierra vegetal	Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria	Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos	Establecimiento de horario de trabajo
EXTENSIÓN Ex (Área de influencia)	Puntual	1	1	1	1	1	1	1	1
	Parcial								
	Extremo								
	Total								
	Crítica								
MOMENTO Mo (Plazo de manifestación)	Largo plazo								
	Medio plazo								
	Corto o inmediato	4	4	4	4	4	4	4	4
	Crítico								
PERSISTENCIA Pe (Permanencia del efecto)	Fugaz								
	Temporal		2				2	2	2
	Permanente	4		4	4	4			
REVERSIBILIDAD Rv (Reversibilidad de la acción)	Inmediato						1		1
	Medio plazo		2					2	
	Irreversible	8		8	8	8			
EFEECTO E (Relación causa-efecto)	Indirecto				1		1		1
	Directo	4	4	4		4		4	
SINERGIAS (Interrelación de acciones y efectos)	Simple		1						
	Sinérgico	2		2	2	2	2	2	2
	Muy sinérgico								
IMPORTANCIA= +/- (In+Ex+Mo+Pe+Rv+E+S)		31	22	27	24	24	12	23	12

A continuación se describen las medidas realizadas para prevenir, mitigar y/o controlar los impactos ambientales identificados.

- Programa de colecta selectiva de flora y material de propagación

Consiste el retiro de ejemplares de flora de las áreas que interfieran con el trazo del proyecto, esta actividad se realizará de manera previa a cualquier proceso constructivo. Los individuos serán seleccionados por sus características y valores de importancia determinados por su estatus jurídico, capacidad de ornato y alimento potencial para la fauna; se realizará su mantenimiento temporal en un vivero provisional al interior del predio y posterior se reintroducirán en las áreas ajardinadas o de conservación de áreas con vegetación natural.

Esta medida se considera de intensidad alta ($In=8$), ya que con su ejecución se pretende salvaguardar el germoplasma de las especies de flora que serán afectadas por las actividades de desmonte para el desplante de las obras, incluyendo las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, es importante mencionar que existen muy pocos individuos arbóreos en esta vegetación. La extensión es puntual pues se circunscribe al interior del predio ($Ex=1$).

El momento de manifestación de la medida es inmediata ($Mo=4$) pues se realizará antes de iniciar el desmonte en el área de desplante de las obras; mientras que su efecto será permanente ($Pe=4$) ya que los individuos rescatados se conservarán en un vivero provisional al interior del predio para su posterior utilización en actividades de reforestación en las áreas verdes del proyecto, actividad que asegura su permanencia en el proyecto.

Se considera como una medida irreversible ($Rv=8$) pues se espera que los individuos rescatados se integren a diferentes áreas verdes en el predio, con lo que asegura que sigan produciendo germoplasma para perpetuar su especie.

El efecto de esta medida se considera directo ($E=4$) pues incide y beneficia directamente a la flora nativa que será afectada por el desmonte. Además se considera una medida con sinergia ($S=2$), pues las áreas que se reforesten con los individuos rescatados, mejorarán el microclima.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Programa de Colecta de Flora y Material de Propagación es de 31 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + E + S) \\
 &= \pm (8 + 1 + 4 + 4 + 8 + 4 + 2) \\
 &= 31
 \end{aligned}$$

- Programa de colecta selectiva de fauna

Consiste en la aplicación del programa de rescate de especies de fauna silvestre que se ejecutará previo a las actividades de cambio de uso de suelo. Se trata de una medida preventiva, de intensidad alta ($In=8$), ya que se rescatarán todos los individuos posibles en el área de estudio, para ser reubicados en otras zonas con condiciones similares al que se encuentran actualmente. El programa contempla las técnicas y procedimientos para la captura, contención, resguardo temporal y traslado al sitio de reubicación, con la finalidad de salvaguardar a aquellos individuos que no sean capaces de desplazarse por sí solos, es importante considerar que estos periodos de captura deben ser lo más breves posibles. Cabe señalar que no fueron encontradas especies de fauna listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

El área de influencia de esta medida será puntual ($Ex=1$), ya que sólo se rescatarán los individuos que se encuentren en el área que será utilizada para fines del

proyecto dentro del predio. Se anticipa que la mayor parte de la fauna se desplace a las zonas aledañas por sus propios medios al momento que perciban la presencia de trabajadores en la zona.

El plazo de manifestación de esta medida será corto o inmediato ($M_o=4$), dado que se aplicará previo al inicio de obras y su efecto será temporal ($P_e=2$), debido a que los individuos que se rescaten serán trasladados a otros sitio. Se trata de una medida reversible a medio plazo ($R_v=2$) ya que aunque se realice este manejo para proteger a las poblaciones de fauna, dado que su hábitat se verá modificado por el desarrollo del proyecto, ésta posee la capacidad de desplazarse por sí sola y puede trasladarse a otras zonas. Esta medida será directa ($E=4$) ya que actuará sobre las poblaciones de fauna y será una medida con sinergia simple ($S=1$), ya que no traerá beneficios adicionales a otro elemento del medio.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Programa de Colecta Selectiva de Fauna de 22 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (I_n + E_x + M_o + P_e + R_v + E + S) \\
 &= \pm (8 + 1 + 4 + 2 + 2 + 4 + 1) \\
 &= 22
 \end{aligned}$$

- Programa de arborización y jardinado

El Programa de Arborización y Jardinado está considerado al interior del proyecto con la introducción de las especies producto del Programa de Colecta Selectiva de Flora y material de propagación, en aquellas áreas donde se conservará la vegetación original cuyo deterioro es evidente a causa de la cercanía de la población.

Se considera que esta medida será de intensidad alta ($I_n=4$), dado que se piensa restaurar la vegetación en las áreas verdes, que ocuparán el 14.28 % de la superficie total del proyecto. Por otra parte, su extensión será puntual ($E_x=1$), ya que se ejecutará solamente en el área que ocupen estas áreas al interior del predio.

Esta medida se aplicará durante la urbanización, por lo que su plazo de manifestación será a corto plazo ($M_o=4$) dado que las actividades de urbanización están programadas a 12 meses. El efecto de esta medida será permanente ($P_e=4$), ya que el área reforestada permanecerá durante la vida útil del proyecto, por lo que su efecto será irreversible ($R_v=8$).

Se trata de una medida directa ($E=4$) que tendrá un efecto sobre la vegetación, por lo que se aplicará para minimizar el impacto causado por la reducción de la cubierta vegetal. Además que se trata de un impacto sinérgico ($S=2$) ya que la conservación de estas áreas, mismas que al establecerse contribuirán a la recuperación de áreas de colonización de avifauna.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Programa de Arborización y Jardínado es de 27 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + E + S) \\
 &= \pm (4 + 1 + 4 + 4 + 8 + 4 + 2) \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

- Triturado de residuos vegetales

El material vegetal resultante del desmonte puede ser aprovechado si es procesado para convertirse en mulch, lo que se logra tras picado fino con una máquina trituradora y puede aprovecharse directamente o mezclarse con suelo cribado para ser utilizado como base en la conformación de áreas verdes ajardinadas, ya que puede ayudar a formar una cama rica en nutrientes y húmeda que favorece el desarrollo de las plantas. Puede disponerse también en las áreas de vegetación natural de igual manera como mejorador del suelo.

Se trata de una medida de intensidad alta (In=4) dado que el triturado será aprovechado para las áreas verdes del proyecto. Su extensión será puntual (Ex=1) ya que se realizará al interior del área de estudio.

El momento de manifestación de la aplicación de esta medida será inmediata (Mo=4) considerando que se debe realizar a la par o después de las actividades de desmonte. La persistencia del efecto será permanente (Pe=4) debido a que el material triturado se degradará con el suelo vegetal de las áreas en las que dispongan. Por lo que también será irreversible (Rv=8).

El efecto de esta acción es indirecto (In=1) pues en realidad se trata de aprovechar como mejorador del suelo a los restos vegetales producto del desmonte y no disponerlos en el relleno sanitario municipal. Por esta misma razón se trata de una medida sinérgica (S=2) pues además de minimizar residuos orgánicos producto del desmonte, se obtiene un mejorador de suelo para las áreas jardinadas proyectadas y las áreas verdes naturales, y se reduce la necesidad de obtener recursos naturales no renovables para las actividades de jardinería de sitios externos al predio.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Triturado de residuos vegetales es de 24 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + E + S) \\
 &= \pm (4 + 1 + 4 + 4 + 8 + 1 + 2) \\
 &= 24
 \end{aligned}$$

- Recuperación de tierra vegetal

Esta medida consiste en la recuperación del suelo en las áreas de desmonte, con objeto de aprovechar este recurso escaso en la región para el mejoramiento de áreas verdes al interior del predio. Se trata de una medida de intensidad baja ($In=1$) dado que el área donde se extraerá la tierra vegetal corresponde a la superficie de urbanización del proyecto, sin contar las áreas verdes y la lotificación. Por lo su extensión será puntual ($Ex=1$) ya que se realizará en determinadas zonas al interior del área de estudio.

El momento de manifestación de la aplicación de esta medida será inmediata ($Mo=4$) considerando que se debe realizar a la par o después de las actividades de desmonte. La persistencia del efecto será permanente ($Pe=4$) debido a que la tierra se utilizará para las áreas verdes del proyecto. De igual manera el proceso será irreversible ($Rv=8$).

Se trata de una medida directa ($In=4$), ya que resulta factible la recuperación de tierra en el mismo terreno, para su utilización en las áreas verdes. De igual manera es una medida sinérgica ($S=2$) pues además de aprovechar la tierra presente en el terreno como mejorador de suelo para las áreas verdes, se reduce la necesidad de obtener recursos naturales no renovables para las actividades de jardinería de sitios externos al predio.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el La recuperación de tierra vegetal es de 24 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + E + S) \\
 &= \pm (1 + 1 + 4 + 4 + 8 + 4 + 2) \\
 &= 24
 \end{aligned}$$

- Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria y equipo

Esta medida es preventiva y consiste en mantener en óptimas condiciones la maquinaria y equipo que se utilice para las actividades de cambio de uso de suelo y para evitar derrames o fugas de aceites y combustibles. Durante las etapas de preparación del sitio y urbanización, los encargados de realizarla son las empresas constructoras contratadas para el desarrollo del proyecto. Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos que puedan contaminar el suelo, subsuelo o el acuífero, se deberán considerar varias prácticas preventivas vinculadas con la reparación de la maquinaria, la disposición de envases y materiales impregnados por grasas o aceites.

Se califica como de intensidad baja ($In=1$) ya que se anticipa que no habrá gran cantidad de maquinaria, pero es necesario llevarla a cabo debido a que está enfocada a prevenir la contaminación de tres elementos del medio y es necesario que las empresas contratadas en la ejecución del proyecto se responsabilicen.

Aunque su extensión es puntual ($Ex=1$) pues se llevará a cabo en el área que se desplantará el proyecto dentro del predio.

El momento de manifestación será inmediato ($Mo=4$) pues debe aplicarse una vez que inicien el uso de la maquinaria para el desmonte en la etapa de preparación del sitio y se deberá continuar con ella en la etapa de construcción.

La persistencia del efecto será temporal ($Pe=2$) considerando la etapa de urbanización del proyecto y la etapa de construcción de los lotes por parte de los propietarios. La reversibilidad ($Rv=1$) de esta medida puede ser inmediata al momento que deje de aplicarse, y ocurrir un riesgo de contaminación.

El efecto de esta medida es indirecto ($E=1$) pues con el correcto funcionamiento de la maquinaria y adecuado almacenamiento de residuos o envases con grasas o aceites se evitará una latente contaminación a dos elementos del medio ambiente. Es sinérgico ($S=2$) pues con la prevención de la contaminación se reducen los riesgos a la salud, sobre todo considerando la consistencia porosa del suelo en la región, que permite el paso de lixiviados, llegando de manera rápida al acuífero, el cual es la única fuente de abasto de agua potable para la población en el estado.

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Mantenimiento y uso adecuado de maquinaria y equipo es de 12 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + E + S) \\
 &= \pm (1 + 1 + 4 + 2 + 1 + 1 + 2) \\
 &= 12
 \end{aligned}$$

- Programa Integral de manejo de residuos sólidos y líquidos

Esta medida preventiva estará enfocada a evitar la contaminación del suelo por residuos sólidos domésticos y peligrosos que pudieran ser generados con la ejecución del cambio de uso de suelo, principalmente en la actividad de desmonte. Para dar un manejo adecuado a los residuos que se generen durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se aplicarán procedimientos y estrategias, que se refieren a la separación, así como al adecuado almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos en tambos de 20 lts en tanto se puedan disponer en el sitio de disposición final y la limpieza de los sanitarios portátiles por parte de la empresa arrendadora. De acuerdo con lo anterior se trata de una medida de intensidad alta ($In=8$) considerando la naturaleza del proyecto.

El área de influencia de esta medida, se consideró puntual ($Ex=1$), ya que se realizará al interior del predio. Esta medida se aplicará una vez iniciadas las obras, por lo que tendrá un plazo de manifestación corto o inmediato ($Mo=4$), además que será una medida de persistencia temporal ($Pe=2$) en la etapa de preparación del sitio y construcción.

Por otra parte, su efecto puede ser fácilmente reversible ($R_v=1$), dado que al no aplicarse esta medida, se pueden generar riesgos de contaminación y deterioro del paisaje.

Su efecto es indirecto ($E=1$) pues se aplica como una medida para mantener la limpieza de la obra, lo que trae como beneficio evitar la contaminación, la proliferación de fauna nociva y de enfermedades gastrointestinales en los trabajadores; por tanto también es sinérgica ($S=2$).

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos es de 23 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (I_n + E_x + M_o + P_e + R_v + E + S) \\
 &= \pm (8 + 1 + 4 + 2 + 2 + 4 + 2) \\
 &= 23
 \end{aligned}$$

- Establecimiento de horarios de trabajo

Esta medida consiste en establecer horarios de trabajo para las actividades de cambio de uso de suelo así minimizar la alteración del confort y calidad de vida de los vecinos, dado el ruido y polvo generado por las maquinas. Se considera que la intensidad de esta medida será baja ($I=1$) y puntual ($E_x=1$) ya que solo involucra los horarios de los trabajadores de obra al interior del área del proyecto.

En cuanto al plazo de manifestación, esta será inmediato ($M_o=4$) ya que una vez que inicien las actividades de preparación del sitio se establecerán las jornadas de trabajo para no perjudicar las actividades cotidianas de los vecinos. Esta medida será temporal ($P_e= 2$) debido a que no sólo se llevará a cabo durante la urbanización del proyecto, sino también durante la construcción de las viviendas por parte de los propietarios.

Se trata de una medida de reversibilidad inmediata ($R_v=1$) ya que al dejarse de aplicar esta medida, ocurriría un deterioro al confort y calidad de vida de los vecinos a causa del ruido y polvo generado por la obra en construcción en horas inadecuadas. Por lo que su implementación resulta sinérgico ($S=2$) y de efecto indirecto ($E=1$).

Dadas las características calificadas, el valor de importancia estimado para el establecimiento de horarios de trabajo es de 12 y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{IMPORTANCIA } M &= \pm (I_n + E_x + M_o + P_e + R_v + E + S) \\
 &= \pm (1 + 1 + 4 + 2 + 1 + 1 + 2) \\
 &= 12
 \end{aligned}$$

A partir de la descripción y análisis previos, se identificaron 11 impactos ambientales potenciales. En este apartado se procede a la valoración de los impactos identificados siguiendo la metodología propuesta por Conesa Fernández (1997) y que resulta del análisis de la obra proyectada, su influencia en el entorno y la valoración de los impactos ambientales previstos, así como de sus posibilidades de prevención, mitigación y/o compensación

			UIP	Reducción de la cobertura vegetal	Afectación a la fauna	Pérdida de suelo	Afectación a especies en la NOM-059	Riesgo de contaminación por ruido y emisiones a la atmósfera	Riesgo de contaminación por residuos peligrosos	Riesgo de contaminación por residuos sólidos	Riesgo de contaminación por aguas residuales	Alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos	Generación de empleos	Activación de la economía	IMPORTANCIA TOTAL		
															Abs	Rel	
Medio abiótico	Aire	Calidad	70				-								-14	-1	
	Agua	Calidad	70				14				-2	-6			-8	-0.6	
	Suelo	Estructura	70		6											6	0.4
		Calidad	70						0	-3	-4					-7	-0.5
Medio biótico	Flora	Importancia	80	1		-1									0	0	
		Cobertura	200	0											0	0	
	Fauna	Diversidad	130		-6										-6	-0.8	
Medio perceptual	Paisaje	Calidad y valor escénico	60	1				0	-4						-3	-0.2	
	Población	Calidad de vida	60									-7			-7	-0.4	
Medio socio-económico		Sector construcción	Empleo y relaciones laborales	70										10	10	0.7	
	Finanzas sector público		60										20	20	1.2		
	Economía	Finanzas sector público	60										10	10	0.6		
SUMA UIP AFECTADAS			1000														
TOTAL			Abs.	2	-6	6	-1	-14	0	-9	-10	-7	20	20	1	-	
			Rel.	0.1	-0.8	0.4	-0.1	-1.1	0	-0.6	-0.7	-0.4	1.2	0.3	-	-0.5	

Los impactos ambientales derivados por el cambio de uso de suelo propuesto, en su mayoría son de baja intensidad y magnitud una vez que se aplican las medidas de mitigación propuestas. El análisis de importancia de impactos arroja valores de $I = 1.0$, $I_R = -0.5$, por lo que el desarrollo del proyecto es ambientalmente factible. Las acciones realizadas implican impactos positivos, como lo son la generación de empleos temporales ($I=20$, $I_R = 1.2$) y la activación de la economía ($I=20$, $I_R=1.3$) debido a que se contratarán empresas para estudios previos, pago de impuestos y derechos y contratistas. Lo cual traerá beneficios a nivel local.

Entre los impactos negativos se tienen la afectación a la fauna ($I=-6.00$, $I_R= -0.6$), afectación de especies listadas en la NOM-059-2010 ($I=-1$, $I_R=-0.1$), riesgo de contaminación por la generación de ruido y emisiones a la atmósfera ($I=-14$, $I_R=-1.0$), riesgo de contaminación por generación de residuos peligrosos ($I=-9$, $I_R=-0.6$), riesgo de contaminación por la generación de aguas residuales ($I=-10$, $I_R=-0.7$) y alteración temporal del confort y calidad de vida de los vecinos ($I=-10$, $I_R=-0.7$). Por otro lado, de acuerdo con el análisis existen impactos cuya valoración resultó neutral o incluso positiva, tales como el riesgo de contaminación por generación de residuos sólidos ($I=0$, $I_R=0.0$) la reducción de cobertura vegetal ($I=2$, $I_R=0.1$) y la pérdida de suelo ($I=6$, $I_R=0.4$). Para los impactos señalados se proponen medidas de mitigación, mediante la aplicación de programas específicos y enfocados a la reducción gradual, que eliminen los efectos identificados.

En cuanto a los factores ambientales impactados, se puede mencionar que los de mayor afectación corresponden a los posibles efectos en la calidad del aire ($I=-14$, $I_R = -1.0$), seguido de la calidad del agua ($I=-8$, $I_R = -0.6$), calidad del suelo ($I=-7$, $I_R = -0.5$) y la calidad de vida de la población circundante al área donde se desarrollará el proyecto ($I=-7$, $I_R=-0.4$). En menor rango de importancia se encuentran el factor ambiental de diversidad de fauna ($I=-6$, $I_R=-0.8$) y el paisaje ($I=-3$, $I_R=-0.2$). Por el contrario, destacan en importancia los valores obtenidos para el empleo ($I = 20$ e $I_R = 1.2$), sector construcción ($I = 10$, $I_R = 0.7$) y finanzas en sector público ($I = 10$, $I_R = 0.6$) lo que repercuten de forma positiva en la dinámica económica de la localidad.

De la valoración es posible afirmar que el desarrollo del proyecto Aqua Residencial II brindará una alternativa de vivienda sin afectar al medio ambiente. Además de fortalecer la dinámica económica durante su construcción.

Impactos residuales

Con base en la matriz de interacción resultante fue posible determinar los impactos, de los cuales resultaron cuatro positivos, seis negativos y uno neutral ($I=0$). Sin embargo, los impactos negativos resultan irrelevantes y de baja intensidad una vez que se aplican las medidas de mitigación propuestas.

Los valores de importancia total absoluta y relativa, obtenidos para la superficie que se desmontará es de $I = 1.0$, $I_R = -0.5$. Este resultado permite inferir que los impactos identificados y valorados en el contexto natural del predio son de baja

magnitud e importancia, cuyo efecto será puntual y no rebasará los límites del predio.

Entre los impactos residuales significativos, se encuentra el riesgo por contaminación por la generación de aguas residuales, cuyo valoración es de $I = -10$, $I_R = -0.7$, sin embargo resultará de bajo impacto dado que se implementará medidas como el Programa Integral de Manejo Ambiental, en el que se contempla en uso de sanitarios portátiles a razón de una por cada 20 trabajadores y la limpieza de dichos sanitarios estará a cargo de la empresa arrendadora. Cabe mencionar que la razón del valor significativo es debido a que la puntuación de la medida se dividió entre tres impactos; el riesgo por contaminación por generación de residuos sólidos, residuos peligrosos y aguas residuales.

Otro impacto residual es el riesgo de contaminación por generación de ruido y emisiones a la atmósfera, cuya valoración es de $I = -14$, $I_R = -1.0$, para este impacto se mitigará con el mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria y equipo, sin embargo al igual que el impacto anterior, la medida se aplica en dos impactos por lo que su valor se divide (riesgo por generación de ruido y emisiones a la atmósfera y riesgo de contaminación por generación de residuos peligrosos).

Todos los impactos tendrán medidas que mitiguen su efecto negativo, en algunos casos el valor negativo quedará anulado (Riesgo por contaminación de residuos sólidos $I = 0$, $I_R = 0$) o incluso positivo, como es el caso del impacto por Pérdida de suelo cuyo valoración es de $I = 6$, $I_R = 0.4$, este impacto tendrá dos medidas; el Triturado de residuos vegetales y Recuperación del suelo y tierra vegetal.

Por lo antes expuesto, y documentado a lo largo del estudio, se considera que el proyecto Aqua Residencial es ambientalmente viable y pese a que se generarán impactos residuales ocasionados por las actividades para el cambio de uso de suelo, estos serán susceptibles de ser mitigados con la implementación de las medidas expuestas.

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

Provisión de agua en calidad y cantidad

Este servicio ambiental está relacionado con la función de los bosques y selvas tropicales como reguladores del agua y garantes de su disponibilidad y calidad. 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.

Chow, et al. (1994)⁴², menciona que 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 (mayor infiltración) que una zona carente de vegetación donde no existen horizontes edáficos. 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 (280,000 m²) con respecto a las dimensiones de la microcuenca (2,897,487,765.95 m²), 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 3,618.56 hm³/año, tomando como base la información proporcionada por las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la microcuenca por un periodo de 10 años (CONAGUA). En el **Cuadro 33** 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.

⁴² Chow V. T., D. Maidment, L. Mays. 1994. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill

Cuadro 33. Extracto del balance hídrico para la Microcuenca Cancún.

VARIABLES	VALORES (hm ³ /año)
Evapotranspiración	1675.11
Escurrimiento	140.71
Infiltración	1802.74

El volumen de captación de precipitación de la superficie del predio de estudio es de 392,553.23 m³/año representa el 0.0108% del total captado en la microcuenca. Tomando como base el volumen de escurrimiento y el volumen de evapotranspiración del predio se obtuvo el **Cuadro 34**. Para el cálculo de escurrimiento se utilizó el coeficiente de escurrimiento de 0.04 y 0.12 utilizando el valor del parámetro K en base a la NOM-011-CNA-2000 “Conservación del recurso agua” que establece las especificaciones y método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, con una cobertura vegetal mayor al 75% (K= 0.07) y una cobertura vegetal menor al 25% (K= 0.22).

Cuadro 34. Balance hídrico para la el predio.

Parámetro K	VARIABLES					
	Evapotranspiración		Escurrimiento		Infiltración	
	(m ³ /año)	(%)	(m ³ /año)	(%)	(m ³ /año)	(%)
0.07	176,410.13	46.29	22.00	0.01	204,647.87	53.70
0.22	44,102.53	11.57	46,571.79	12.22	1,802.74	12.22

A pesar del cambio que se da en el predio por el aumento del volumen de escurrimiento y la disminución del volumen de infiltración, a nivel microcuenca el valor de infiltración es 0.0113% considerando que la superficie del predio tuviera una cubierta vegetal en su totalidad, lo que demuestran que no se afecta significativamente la cantidad de agua captada. Además en el predio del proyecto existen o existirán áreas permeables, como lo es el área de vegetación que actualmente se conserva y como lo será el área que se reforestará, también el agua captada en las vialidades del proyecto es conducida de un nivel superficial a un nivel subterráneo, permitiendo de esta manera la recarga o infiltración del agua pluvial. En cuanto a la calidad del agua no se verá comprometida ya que el agua captada en el predio correspondiente al área impermeable (vialidades) contará con un drenaje pluvial que inyectará el agua al subsuelo a través de pozos de absorción, previo paso por areneros para evitar la contaminación, de esta manera se contribuye a la calidad del agua infiltrada a la microcuenca; el agua residual se conducirá a la red de drenaje municipal de manera independiente a la red pluvial.

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)⁴³, el cual utiliza como base las existencias reales totales (**Cuadro. Estimación de materias primas forestales que se removerán en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo (28.84 hectáreas)**), 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 expresión⁴⁴:

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n \frac{V_i * Dn_i * F_{CO_2} * B_s}{Em_i}$$

Dónde:

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 (m³ VTA / superficie del predio)

Dn_i = Factor de densidad de la especie i (ton de materia seca / m³)

F_{CO_2} = Factor de contenido de carbono (parámetro constante = 0.45)

B_s = 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

⁴³ 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.

⁴⁴ 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.

$$Im_i = 0.071465 + (0.023954 * Dm_i) - (0.0000246 * Dm_i^2)$$

Los resultados de cada una de las variables descritas se presentan en el **Cuadro 35**, cabe señalar que el factor de densidad para cada especie ha sido tomado de Sotomayor (2005)⁴⁵, sin embargo dado que no se encontró referencia bibliográfica para la densidad de todas las especies, fue ocupado el valor promedio para especies latifoliadas para aquellas sin referencia.

Cuadro 35. Estimación de la fijación de CO₂ (ton/año) en el predio.

ESPECIE	V _i /ha	Dn _i	Fco ₂	B _s	Dm _i	Im _i	Em _i	t _i CO ₂ /año
Acacia angustissima	10.06	0.47	0.45	1.3	11.57	0.32	36.65	0.08
Acacia cornigera	3.08	0.556	0.45	1.3	6.13	0.21	29.32	0.03
Albizia tomentosa	13.07	0.556	0.45	1.3	6.21	0.21	29.46	0.14
Bauhinia divaricata	3.02	0.556	0.45	1.3	5.57	0.20	28.24	0.03
Bursera simaruba	90.29	0.43	0.45	1.3	7.71	0.24	31.92	0.71
Byrsonima bucidaefolia	10.77	0.556	0.45	1.3	11.55	0.32	36.63	0.10
Caesalpinia gaumeri	2.29	0.556	0.45	1.3	5.89	0.20	28.87	0.03
Ceiba aesculifolia	5.78	0.556	0.45	1.3	17.19	0.41	41.87	0.04
Chrysophyllum cainito	0.82	0.556	0.45	1.3	5.41	0.19	27.91	0.01
Coccoloba acapulcensis	3.28	0.556	0.45	1.3	5.68	0.20	28.45	0.04
Coccoloba diversifolia	5.87	0.556	0.45	1.3	9.61	0.28	34.45	0.06
Coccoloba spicata	59.93	0.556	0.45	1.3	10.25	0.29	35.20	0.55
Cordia alliodora	15.66	0.49	0.45	1.3	10.74	0.30	35.76	0.13
Cordia dodecandra	9.01	0.78	0.45	1.3	11.30	0.31	36.37	0.11
Croton reflexifolius	1.04	0.556	0.45	1.3	5.57	0.20	28.24	0.01
Dendropanax arboreus	2.22	0.4	0.45	1.3	8.59	0.26	33.16	0.02
Dialium guianense	5.52	0.556	0.45	1.3	6.84	0.22	30.57	0.06
Diospyros tetrasperma	1.05	0.556	0.45	1.3	5.09	0.19	27.22	0.01
Diospyros yucatanensis	2.09	0.556	0.45	1.3	5.17	0.19	27.40	0.02
Dipholis salicifolia	4.29	0.556	0.45	1.3	5.49	0.20	28.08	0.05
Drypetes lateriflora	5.86	0.556	0.45	1.3	9.35	0.27	34.13	0.06
Esenbeckia pentaphylla	1.16	0.556	0.45	1.3	5.41	0.19	27.91	0.01
Eupatorium albicaule	0.93	0.556	0.45	1.3	4.77	0.18	26.49	0.01

⁴⁵ 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.

<i>Exothea paniculata</i>	3.08	0.556	0.45	1.3	10.90	0.30	35.94	0.03
<i>Ficus cotinifolia</i>	101.10	0.47	0.45	1.3	8.13	0.25	32.53	0.85
<i>Ficus maxima</i>	20.91	0.47	0.45	1.3	9.03	0.27	33.73	0.17
<i>Ficus pertusa</i>	3.64	0.47	0.45	1.3	5.13	0.19	27.31	0.04
<i>Gliricidia sepium</i>	35.16	0.556	0.45	1.3	6.89	0.22	30.64	0.37
<i>Guettarda combsii</i>	4.58	0.556	0.45	1.3	5.89	0.20	28.87	0.05
<i>Gymnanthes lucida</i>	13.45	0.556	0.45	1.3	7.00	0.23	30.83	0.14
<i>Gymnopodium floribundum</i>	23.81	0.556	0.45	1.3	6.02	0.21	29.11	0.27
<i>Hampea trilobata</i>	9.96	0.556	0.45	1.3	5.44	0.19	27.98	0.12
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	68.80	0.67	0.45	1.3	6.32	0.21	29.66	0.91
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	48.43	0.63	0.45	1.3	15.51	0.38	40.41	0.44
<i>Malmea depressa</i>	0.84	0.556	0.45	1.3	4.93	0.18	26.86	0.01
<i>Manilkara zapota</i>	154.17	0.9	0.45	1.3	20.92	0.46	45.00	1.80
<i>Melicoccus oliviformis</i>	4.39	0.556	0.45	1.3	16.39	0.40	41.18	0.03
<i>Metopium brownei</i>	150.82	0.37	0.45	1.3	12.25	0.33	37.35	0.87
<i>Nectandra coriacea</i>	6.18	0.46	0.45	1.3	12.36	0.33	37.46	0.04
<i>Nectandra salicifolia</i>	12.90	0.556	0.45	1.3	5.16	0.19	27.37	0.15
<i>Neea psychotrioides</i>	0.84	0.556	0.45	1.3	4.93	0.18	26.86	0.01
<i>Piscidia piscipula</i>	88.10	0.7	0.45	1.3	9.60	0.28	34.43	1.05
<i>Platymiscium yucatanum</i>	3.99	0.66	0.45	1.3	6.37	0.21	29.75	0.05
<i>Randia aculeata</i>	1.42	0.556	0.45	1.3	6.05	0.21	29.17	0.02
<i>Sabal yapa</i>	45.94	0.556	0.45	1.3	31.96	0.59	54.56	0.27
<i>Semialarium mexicanum</i>	9.57	0.556	0.45	1.3	30.88	0.58	53.55	0.06
<i>Senna pallida</i>	3.40	0.556	0.45	1.3	21.33	0.47	45.33	0.02
<i>Simarouba glauca</i>	0.94	0.46	0.45	1.3	5.25	0.19	27.57	0.01
<i>Swartzia cubensis</i>	153.47	0.83	0.45	1.3	6.98	0.23	30.79	2.42
<i>Tabebuia rosea</i>	1.12	0.556	0.45	1.3	5.09	0.19	27.22	0.01
<i>Thevetia gaumeri</i>	24.54	0.556	0.45	1.3	7.53	0.24	31.65	0.25
<i>Thouinia paucidentata</i>	2.72	0.556	0.45	1.3	9.39	0.27	34.18	0.03
<i>Thrinax radiata</i>	34.26	0.556	0.45	1.3	9.21	0.27	33.96	0.33
<i>Vitex gaumeri</i>	282.19	0.67	0.45	1.3	12.21	0.33	37.31	2.96
<i>Wimmeria obtusifolia</i>	1.21	0.556	0.45	1.3	6.05	0.21	29.17	0.01
<i>Zuelania guidonia</i>	3.10	0.556	0.45	1.3	8.49	0.26	33.02	0.03
Fijación de CO₂ en el predio (ton/año)								16.16

Como resultado del cálculo de carbono almacenado por la vegetación presente en el predio se tiene que el carbono medio fijado anualmente es de 16.16 ton/año, así mismo el carbono total almacenado en la superficie total del predio (28.84 ha) es de 571.51 ton.

Masera *et al.*, (2001)⁴⁶ 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 medio de carbono por hectárea del predio, el cual es de 19.82 ton/ha (594.42 ton / 28.84 ha). Lo anterior puede ser un indicador de que el potencial de fijación de carbono en el predio es reducido. Por otra parte cerca del 20% del total de CO₂ del predio se encuentra en una sola especie (*Vitex gaumeri* con 110.6 ton/ha) y cerca del 80% del carbono total está almacenado únicamente en 10 de las 56 especies del estrato arbóreo y arbustivo analizadas (**Figura 35**).

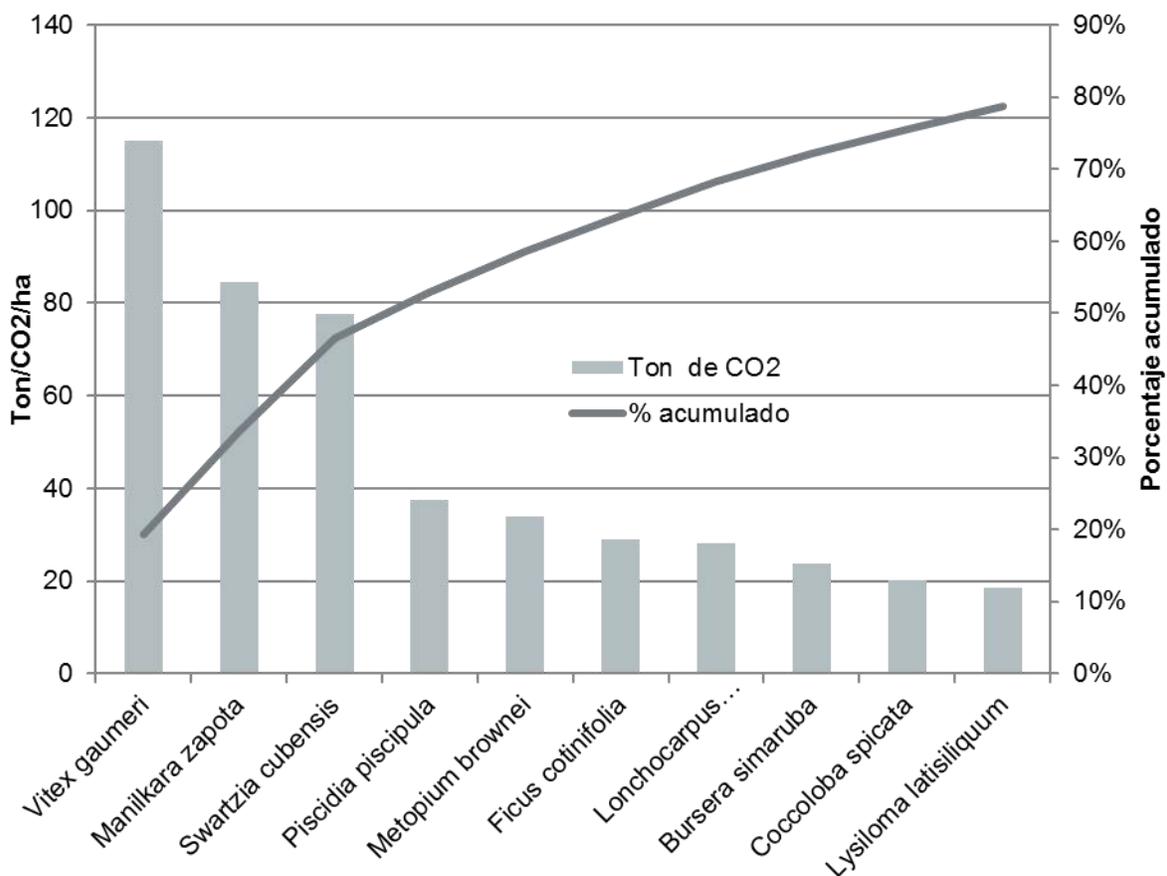


Figura 35. Especies principales por su fijación de CO₂. Se presentan las especies que almacenan el 90 % del carbono total del predio.

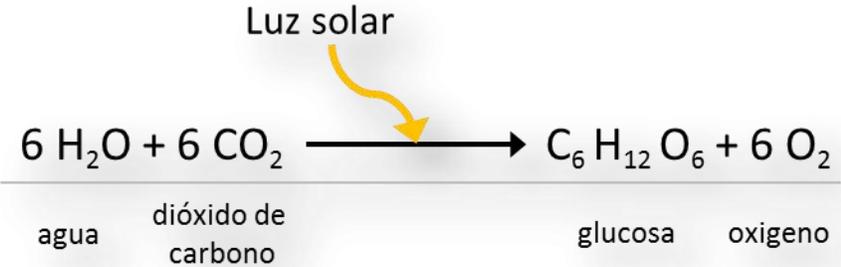
⁴⁶ Masera O. R., A. D. Cerón and A. Ordóñez. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. 2001. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 6: 291–312, 2001. © 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Captura de contaminantes

De acuerdo con Wang y Li (2014)⁴⁷, los ecosistemas forestales reducen todo tipo de contaminación del aire, ya que estos limpian el aire, bloquean la lluvia ácida y la caída de polvo, reducen el ruido, bajan la velocidad del viento y amortiguan la fuerza del mismo. Algunos datos manifiestan que el aire en los ecosistemas forestales tiene de 15 a 50 % menos dióxido de azufre que las áreas abiertas.

Generación de oxígeno

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)⁴⁸.



Inversamente, la respiración usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.



⁴⁷ Wang, T., & Li, F. 2014. Forest Indicator: Forest Area (% of Land Area). In Human Green Development Report 2014 (pp. 171-187). Springer Berlin Heidelberg.

⁴⁸ Caufield, C. 1982. Tropical Rainforest. Nottingham, Earthcan, 75 p. Citado en: Quevedo, 1986. La disponibilidad de oxígeno terrestre y la influencia del hombre sobre él. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, CR. 21 p.

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 (Op. cit.), 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 Foster⁴⁹, un cálculo ha señalado que un árbol grande en crecimiento, tarda 12 horas para efectuar la 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 cuanto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en la microcuenca existen una vasta extensión de selva mediana subperennifolia equivalente a una superficie de 63,996.5 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 0.0000045% 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 48,765.15 ha.

Amortiguamiento del impacto de los 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

⁴⁹ Foster, P. W. 1975. Introducción a la Ciencia Ambiental. México, El Ateneo, 186 p.

huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrearán fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240 km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad. La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez *et al.*, (2006)⁵⁰ con el paso del huracán Wilma en 2006. Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el 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 natural 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, es importante aclarar que no se pone en riesgo dicho servicio, toda vez que como se ha mencionado a lo largo del presente estudio, se conservarán áreas en estado natural en el 13.2% de la superficie del predio; por lo que aun la vegetación podrá seguir actuando como barrera de amortiguamiento. Por otra parte 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.

⁵⁰ Sánchez O. S., L. Mendizábal, S. Calmé. Recuperación foliar en un acahual después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica del Eden, Quintana Roo. Foresta Veracruzana, Vol. 8, Núm. 1. 2006, pp. 37-42. Recursos Genéticos Forestales, México.

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 (SA) no necesariamente tienen una relación de uno a uno con las propiedades ecosistémicas. Muchas veces un SA 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 SA (Costanza et ál. 1997⁵¹, Díaz et ál. 2006⁵², 2007⁵³). 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 (Leps et ál. 1982, Chapin et ál. 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 atmosfera, es un SA 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 atmosfera así como la evapotranspiración, entre otros (Casanoves *et al.*, 2011)⁵⁴. De tal manera que la cuantificación del impacto del cambio de uso de suelo es una labor por de más compleja.

Ahora bien, 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.

⁵¹ 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.

⁵² 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.

⁵³ Díaz, S; Lavorel, S; Stuart Chapin, F; Tecco, PA; Gurvich, DE; Grigulist, K. 2007. Functional Diversity – at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters. In: *Canadell, JG; Pataki, DE; Pitelka, LF. Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Springer-Verlag, Nueva York. P. 81-91.

⁵⁴ 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.

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, 2012)⁵⁵, 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.

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 (**Figura 36**) y de acuerdo con el plan de desarrollo urbano vigente el proyecto quedará 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

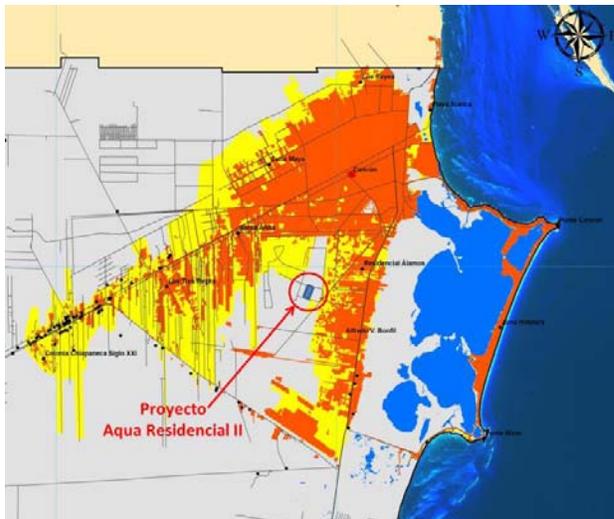


Figura 36. Zona urbana de Cancún

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, 1997⁵⁶; Roberger y Angelstam, 2004⁵⁷; Favreau et al., 2006⁵⁸), especies

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, 1997⁵⁶; Roberger y Angelstam, 2004⁵⁷; Favreau et al., 2006⁵⁸), especies

⁵⁵ Li Fengli (2012) On forests' role in protecting ecological environment. Priv Technol (07):2-3

⁵⁶ Berger J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhino as an umbrella species for desert herbivores. Cons. Biol. 11: 69-78.

⁵⁷ Roberger y Angelstam, 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. Cons. Biol. 18: 76-85.

⁵⁸ 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.

de menor nivel trófico (Caro y O'Doherty, 1999⁵⁹), o una sección apreciable del ecosistema. Además las especies sombrilla han sido ampliamente utilizadas para la selección y diseño de áreas protegidas (Noss et al., 1996⁶⁰; Caro y O'Doherty, 1999⁶¹; Hitt y Frissell, 2004⁶²) 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)⁶³. 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 37**), 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 Aqua Residencial II, se encuentra fuera del corredor de la especie sombrilla (jaguar), se determina que el proyecto no presentará decremento del servicio ambiental protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida.

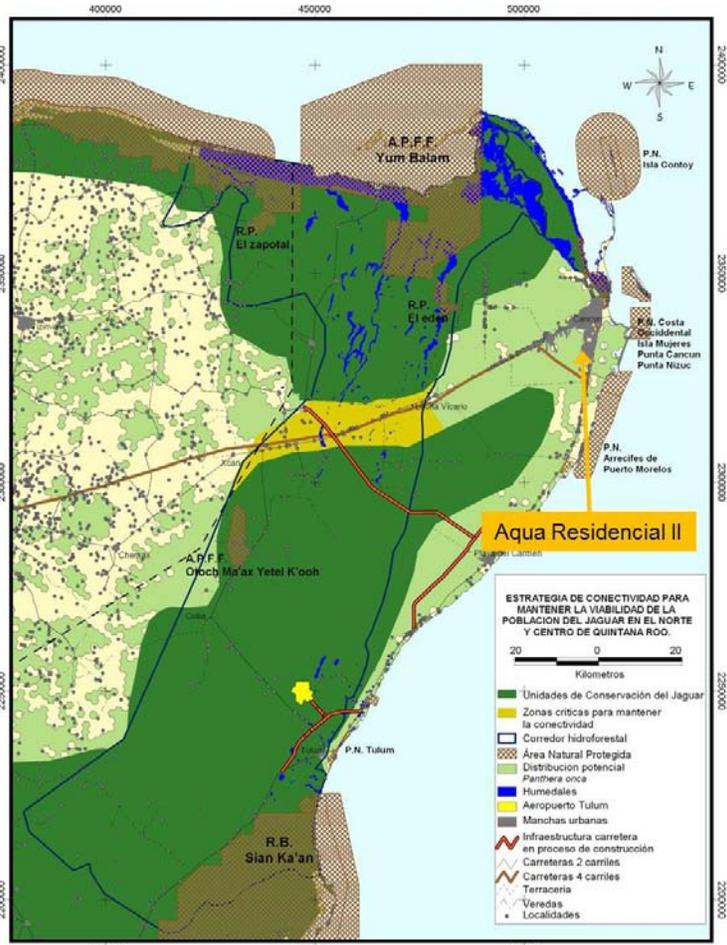


Figura 37. Corredor Biológico del Jaguar en el Noreste de la Península de Yucatán.

⁵⁹ Caro T, O'Doherty G.1999. On the use of surrogate species in conservation biology. Cons. Biol. 13: 805-814
⁶⁰ 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.
⁶¹ Caro T, O'Doherty G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. Cons. Biol. 13: 805-814.
⁶² Hitt NP, Frissell CA (2004) A case study of surrogate species in aquatic conservation planning. Aquat. Cons.: Mar. Freshw. Ecosyst. 14: 625-633.
⁶³ Caro T (2003) Umbrella species: critique and lessons from East Africa. Anim. Cons. 6: 171-181.

Protección y recuperación de suelos

Para estimar la erosión de los suelos se ha utilizado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada RUSLE por sus siglas en inglés, un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual y potencial de los suelos. Esta ecuación constituye un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos para que hagan que la erosión actual sea menor que la tasa máxima permisible de erosión.

La tasa máxima permisible de pérdidas de suelo es de 10 t/ha; mayores pérdidas significan degradación. Para estimar la erosión del suelo se puede utilizar 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.

- Factor de erosividad R

Este factor se obtuvo a partir de las ecuaciones propuestas por Cortés (1991), 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 36 y Figura 38**)

Cuadro 36. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia “R” en la República Mexicana (Cortés, 1991)⁶⁴.

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

⁶⁴ 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.

Zona	Ecuación	R ²
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.**

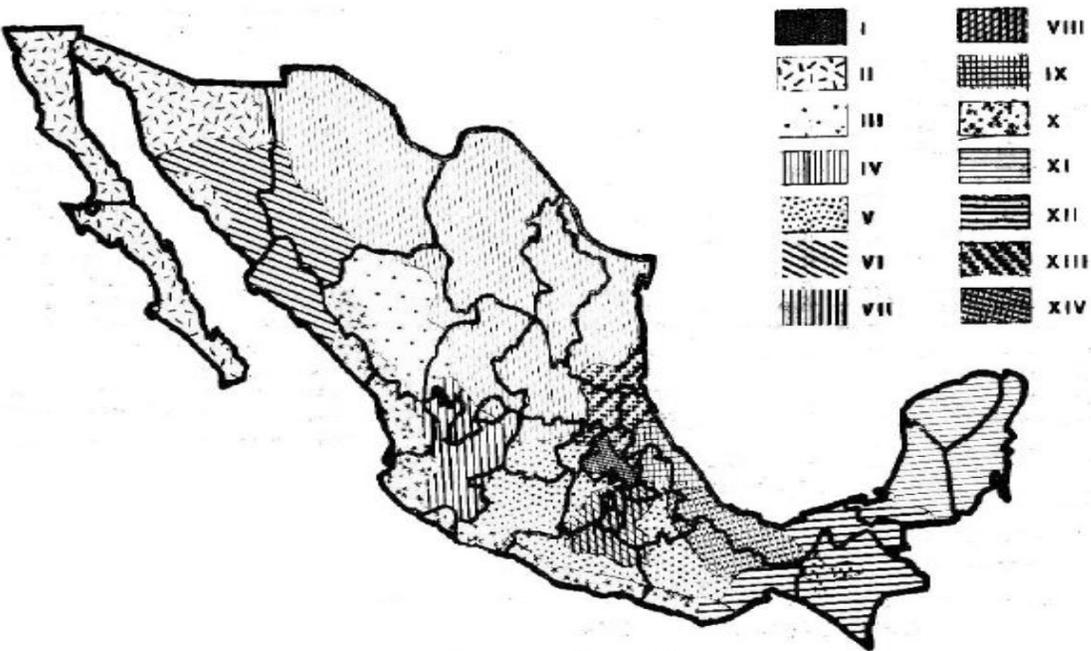


Figura 38. Zonificación para aplicación de ecuaciones de erosividad de la precipitación. Fuente: Cortes (Op. Cit.).

- Factor de erosionabilidad del suelo K

De acuerdo con Wishmeier y Smith (1978)⁶⁵, la susceptibilidad del suelo a la erosión o erosionabilidad se encuentra en función de las características físicas del mismo tales como textura y porcentaje de materia orgánica. Para el cálculo de este factor se utilizaron los valores propuestos por Morgan (1996)⁶⁶, los cuales se presentan en el **Cuadro 37**.

Cuadro 37. Valores de erosionabilidad de los suelos (Factor K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan, Op. Cit.).

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 – 2.0	2.0 – 4.0
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013 – 0.029		

Dado que en el predio se presenta un suelo de tipo rendzina con textura arenosa franca, y con un contenido de materia orgánica medio se utilizó el valor de **0.010**.

⁶⁵ Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agricultural Handbook N° 537. USDA. Washington, D.C. 55 pp.

⁶⁶ Morgan R. P. C., 1996. Erosión y conservación del suelo. Editorial Mundi-Prensa. España 341 pp.

- 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)⁶⁷ 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:

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

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)⁶⁸

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

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 datos Lidar del INEGI, lo cual a la vez permitió generar un mapa de la distribución del Factor LS en todo el predio (**Figura 39**).

⁶⁷ 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

⁶⁸ 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.



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Aqua Residencial II

Supermanzana 330, Mza 01, Lote 1-02
Avenida Villa Mallorca
Ciudad de Cancún, 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

Simbología

Factor LS					
	0.03 - 0.15		0.45 - 0.66		1.9 - 2.5
	0.16 - 0.27		0.67 - 0.93		2.6 - 3.8
	0.28 - 0.44		0.94 - 1.3		3.9 - 6.2
	0.28 - 0.44		1.4 - 1.8		

Figura 39. Factor LS en el predio. Se muestra la distribución del factor LS en todo el predio, el cual manifiesta valores entre 0.03 y 6.2. 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 0.03 y 6.2, sin embargo más del 90% de la superficie del mismo presenta un valor de LS inferior a 0.62, lo cual se puede observar en el histograma (**Figura 40**) obtenido con el ArcGIS 10.2.

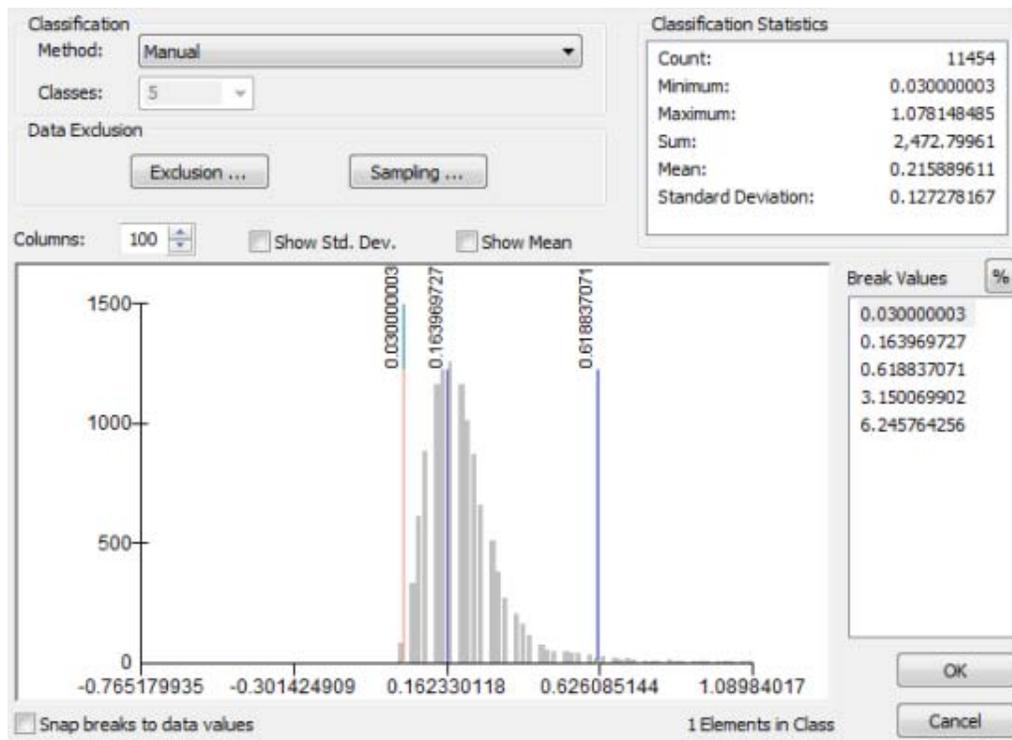


Figura 40. Histograma para la distribución del Factor LS en el predio. En el histograma se puede observar que el valor de LS más frecuente en el predio es 0.163.

Haciendo una estimación de la media a partir del histograma a través del módulo Spatial Analyst/Zonal statistics, con lo cual el valor medio del Factor LS para el predio es de **0.19**.

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

El parámetro de cobertura y manejo o simplemente de vegetación **C**, definido como el cociente de pérdida de suelo en un terreno cultivado bajo condiciones específicas de desnudez y con barbecho (Wischmeier y Smith, Op. Cit.), representa la capacidad de la vegetación para impedir el arrastre de sedimentos, capacidad que es directamente proporcional a la cobertura de la vegetación, ya que el dosel de la planta afecta la erosión, reduciendo la energía efectiva de la lluvia al interceptar las gotas. Las gotas que caen del dosel pueden recuperar velocidad pero esta es menor que con la que originalmente caían. La altura

promedio de la cual caen las gotas desde el dosel y su propia densidad determinan la reducción de la energía de la lluvia antes de volver a caer al suelo. Es más efectivo tener el suelo cubierto con residuos que tener un dosel vegetal, ya que por estar al nivel del suelo no se recupera velocidad (Pérez, 2013)⁶⁹.

Dado que la ecuación universal de pérdida de suelo fue desarrollada por Wischmeier y Smitn considerando las condiciones que se presentan en los Estados Unidos, las tablas que estos propusieron para la valoración del Factor C no son aplicables a buena parte del territorio mexicano. Por tal razón diversos autores han hecho estimaciones de dicho factor con la ayuda de imágenes de satélite. En el **Cuadro 38** se presenta una tabla con valores de C propuesta por Arellano (1994)⁷⁰ para los tipos de vegetación presentes en el estado de Chiapas, en donde la selva mediana presenta un valor de C de 0.18.

Cuadro 38. Valores medios anuales de C utilizados para la estimación de la erosión hídrica en el estado de Chiapas (Arellano, Op. Cit.).

Tipo de vegetación y uso de suelo	Valor de C
Agricultura de temporal (cultivos anuales)	0.56
Agricultura migratoria en selva	0.32 – 0.45
Agricultura migratoria en bosque	0.32 – 0.45
Agricultura de riego	0.40
Agricultura de perennes	0.20
Cafetales	0.12 – 0.05
Pastos y frutales	0.12
Bosques (pino, encino, oyamel y cedro)	0.06 – 0.01
Selva alta	0.01
Selva mediana y baja	0.18
Sabana	0.18
Pastizal cultivado	0.07
Pastizal inducido	0.20

⁶⁹ 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.

⁷⁰ 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.

De igual forma Figueroa *et. al.*, (1991) Citado por el INIFAP (2010)⁷¹, presentan una tabla de valores para el factor C donde la selva mediana manifiesta un valor de 0.17 (**Cuadro 39**).

Cuadro 39. Valores del Factor C para los tipos de vegetación del estado de Coahuila.

Tipo de vegetación	Factor C
Bosque de encino	0.039
Bosque de encino-pino	0.039
Bosque de pino	0.039
Bosque de pino-encino	0.039
Bosque de táscate	0.039
Bosque mesófilo de montaña	0.039
Chaparral	0.340
Matorral crasicaule	0.340
Matorral desértico micrófilo	0.260
Matorral desértico rosetófilo	0.400
Matorral submontano	0.140
Mezquital	0.390
Palmar inducido	0.340
Palmar natural	0.340
Pastizal gipsófilo	0.260
Pastizal halófilo	0.260
Pastizal inducido	0.100
Pastizal natural	0.260
Selva baja caducifolia	0.170
Selva mediana subcaducifolia	0.17
Selva mediana subperennifolia	0.17
Vegetación halófila	0.340

Fuente: INIFAP (2010).

⁷¹ INIFAP. 2010. Propuesta de ordenamiento productivo de las regiones áridas y semiáridas del estado de Coahuila. INIFAP-SAGARPA. Centro de Investigación Regional Noreste.

De acuerdo con cada una de las variables de la ecuación universal de pérdida de suelo se tiene que para el predio en estudio se presenta una erosión de 4.47 ton/ha (**Cuadro 40**)

Cuadro 40. Tasa de erosión presente en el predio.

FACTOR	Valor del factor
Factor R	13,074.36
Factor K	0.01
Factor LS	(0.03-6.2) valor medio = 0.19*
Factor C	0.18
Factor P	1
$Erosion = (13,074.6) * (0.01) * (0.19) * (0.18)*1 = 4.47 \text{ (ton/ha/año)}$	

*Valor medio obtenido del histograma de frecuencias (Figura 39).

De acuerdo con las valoreaciones establecidas por la FAO, la denominación para la erosion presentada en el predio es nula (**Cuadro 41**).

Cuadro 41. 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.)

Dados los resultados derivados de la EUPS se tiene que en el predio se presenta un nivel de erosión nulo, que si bien puede verse modificarse con la remoción de la cobertura vegetal, este no generará niveles de erosión severos considerando que el proyecto contempla zonas áreas verdes con vegetación nativa en 38,089 m² y que el factor LS se verá considerablemente disminuido al existir una nivelación total del predio.

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)⁷². 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 42** (Viñals, 2002)⁷³.

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 42. 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 muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	5
	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
Vegetación	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
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca agua y nieve	5

⁷² BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management), 1980. Visual resource management program. Government Printing Office, Washington D.C.

⁷³ Viñals M. J (Editora). 2002. Turismo en espacios naturales y rurales II. Universidad Politécnica de Valencia. 345 p.

Componente	Criterios	Valor
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante	3
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	1
Fondo escénico	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
Acción antrópica	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	2
	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 baja (VCP= 8, **Cuadro 43**)

Cuadro 43. 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	3
Fondo escénico	1
Singularidad o rareza	2
Acción antrópica	0
VCP total	8

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)⁷⁴:

$$CAV = P * (D + E + V + R + C)$$

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 44**

Cuadro 44. 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

⁷⁴ Yeomans W. C. (1986) Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Numérico
	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).

Factor	Valor de C.A.V.
Pendiente	3
Diversidad de vegetación	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	3
Contraste de color	2
Potencial estético	1
Actuación humana	2
CAV = P * (D + E + V + R + C)	33
CAV = 3 * (3 + 3 + 2 + 1 + 2) =	

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 baja por tanto el servicio ambiental que presta el ecosistema forestal en este rubro es bajo, además dadas las características evaluadas tiene una alta capacidad de absorción de los cambios que en este se puedan manifestar, por tanto la afectación o decremento de este servicio ambiental será mínima.

Diagnóstico ambiental

A lo largo de las afectaciones que se pretende 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 las afectaciones que pudieran suscitarse.

En el análisis de los servicios ambientales que pudieron verse afectados y su impacto, en este ejercicio se pudo concluir que los factores ambientales que se verán de alguna manera afectados por las obras del proyecto en términos de impactos en una escala de mayor a menor son: 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.

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

Justificación técnica

No se compromete la biodiversidad

Considerando la caracterización biológica a nivel de microcuenca y del predio, se tiene que la riqueza de la primera es considerablemente mayor que la segunda pues mientras que en la microcuenca diversos estudios e inventarios han reportado una riqueza de 463 especies de plantas vasculares y 566 especies de fauna, en el predio fueron registradas 79 especies de plantas vasculares y 24 especies de fauna. Así mismo la comparación de índices de diversidad sugiere que la diversidad presente en el predio es menor que en ecosistemas semejantes dentro de la microcuenca, toda vez que el índice de riqueza de Shannon es mayor en cada uno de los estratos de la muestra testigo en comparación de sus semejantes en los sitios de muestreo dentro del predio (**Cuadro 45**). Por otra parte en los sitios testigo fue posible encontrar la representación de todas las especies presentes en el predio, aunque con una variación sus abundancias.

Cuadro 45. Comparación de índices de diversidad para vegetación.

Estrato	Superficie	Riqueza S	H' calculada
Arboreo	Microcuenca	89	1.357
	Predio	31	1.153
Arbustivo	Microcuenca	112	1.753
	Predio	51	1.335
Herbaceo	Microcuenca	104	1.702
	Predio	61	1.553

Del mismo modo la comparación de índices de diversidad para cada uno de los grupos de fauna a nivel de microcuenca y predio señala que la diversidad de la microcuenca es mayor encontrándose la representación de todas las especies reportadas para el predio (**Cuadro 46**)

Cuadro 46. Comparación de índices de diversidad para vegetación.

CLASE	SUPERFICIE	No. ESPECIES	ABUNDANCIA ABSOLUTA	RIQUEZA ESPECÍFICA	ÍNDICE DE SIMPSON	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	ÍNDICE DE PIELOU
ANFIBIOS	Microcuenca Cancún	9	89	8.777	0.221	1.757	0.800
	Aqua Residencial II	2	5	1.380	0.500	0.600	0.770
REPTILES	Microcuenca Cancún	24	149	23.800	0.125	2.460	0.774
	Aqua Residencial II	4	26	3.630	0.252	1.320	0.950
AVES	Microcuenca Cancún	64	446	63.836	0.032	3.695	0.888
	Aqua Residencial II	15	133	14.790	0.092	2.450	0.900
MAMÍFEROS	Microcuenca Cancún	20	122	19.792	0.132	2.401	0.804
	Aqua Residencial II	3	8	2.510	0.393	0.900	0.810

Por otra parte, si bien en el predio fueron encontradas especies en enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, como son (*Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*) estudios como el de Orellana (1992)⁷⁵ concluyen que **“La mayor riqueza de especies se localiza en las regiones con clima más húmedo, al sur de la Península”**, de modo que no existe riesgo de poner en peligro la población de dichas especies, ya que además como medida de mitigación se hará el rescate de los individuos de dichas especies y su posterior reubicación.

No se provoca la erosión de suelos.

El cambio de uso de suelo propuesto, necesariamente implica la pérdida del suelo dentro de la superficie de aprovechamiento que estará destinada a la construcción de obras permanentes, principalmente por el desmonte; lo que trae como consecuencia la reducción del suelo. Ante dicha premisa, el proyecto considera una serie de medidas para prevenir o contrarrestar las repercusiones al medio, mismas que se describen en el apartado correspondiente del presente estudio;

⁷⁵ Orellana R. 1992. Síndromes morfológicos y funcionales de las palmas de la Península de Yucatán. Bull. Inst. fr. Études andines, 1992, Vol. 21 (2): 651-667.

entre ellas, podemos citar: humedecimiento de las áreas de aprovechamiento, programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, colocación de contenedores para el acopio y almacenamiento de residuos, instalación de sanitarios móviles, mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria, aprovechamiento del material vegetal, desmonte gradual, pláticas ambientales y supervisión del cambio de uso de suelo.

Considerando la tasa de erosión natural en el predio y su comparación con la tasa de erosión con la ejecución del predio (**Cuadro 47**) se tiene que esta última se incrementa, pasando de ser considerada nula (4.47 ton/ha) a moderada (21.33 ton/ha). Sin embargo es necesario considerar que en términos estrictos el suelo no quedará completamente desnudo en el predio, ya que estará cubierto por una superficie de cemento, que si bien se removerá el suelo para tal fin, también impedirá que exista un efecto erosivo en el mismo y en la superficie aledaña al predio, pues el sistema de drenaje pluvial captará toda la escorrentía con efectos erosivos.

Cuadro 47. Tasa de erosión con y sin proyecto en el predio.

FACTOR	VALOR sin proyecto	VALOR con proyecto
Factor R	13,074.36	13,074.36
Factor K	0.01	0.01
Factor LS	0.19	0.19
Factor C	0.18	0.86
Factor P	1	1
Erosión media en el predio	4.47	21.33

Aunado a lo anterior, es importante mencionar las áreas naturales aledañas al predio actuarán como barreras para impedir la erosión del suelo por la acción de la lluvia y el viento; no obstante dicho impacto será mitigado con el rescate de la capa de suelo fértil para ser integrada a las áreas que serán reforestadas (otra medida contemplada para prevenir la erosión); para el mantenimiento de plantas rescatadas en vivero y para el mejoramiento del suelo dentro de las áreas de conservación; por lo que se concluye categóricamente que el proyecto no provocará la erosión de los suelos dentro de la superficie de CUSTF y mucho menos a una escala mayor entendiendo por ello la cuenca o microcuenca.

No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

A pesar del cambio que se da en el predio por el aumento del volumen de escurrimiento y la disminución del volumen de infiltración, a nivel microcuenca el valor de infiltración es 0.0113% considerando que la superficie del predio tuviera una cubierta vegetal en su totalidad, lo que demuestran que no se afecta significativamente la cantidad de agua captada. Además en el predio del proyecto existen o existirán áreas permeables, como lo es el área de vegetación que actualmente se conserva y como lo será el área que se reforestará, también el agua captada en las vialidades del proyecto es conducida de un nivel superficial a un nivel subterráneo, permitiendo de esta manera la recarga o infiltración del agua pluvial.

Si bien el balance hídrico establecido para el predio con y sin proyecto sugiere una disminución del volumen de agua infiltrada, pasando de 204 mil metros cúbicos a mil ochocientos (**Cuadro 48**), es necesario considerar que una característica importante del proyecto es que tendrá una red de drenaje pluvial independiente al drenaje sanitario, cuyo efluente será introducido al acuífero por medio de pozos de absorción con las características requeridas por la normatividad aplicable. De tal manera que el incremento en escurrimiento por la ejecución del proyecto, terminará siendo un incremento en el volumen infiltrado.

Cuadro 48. Balance hídrico para la el predio.

Parámetro K	VARIABLES					
	Evapotranspiración		Escurrimiento		Infiltración	
	(m ³ /año)	(%)	(m ³ /año)	(%)	(m ³ /año)	(%)
0.07	176,410.13	46.29	22.00	0.01	204,647.87	53.70
0.22	44,102.53	11.57	46,571.79	12.22	1,802.74	12.22

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se ponga en riesgo el servicio ambiental del ecosistema relacionado con la provisión de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

Medida 1. En ninguna etapa del proyecto se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua “dulce”.

Medida 2. Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

Medida 3. Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores, con lo cual se evitará la

micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.

Medida 4. Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Medida 7. El proyecto en sus etapas posteriores contemplará el uso de instalaciones hidráulicas ahorradoras de agua, basadas en la “Guía Metodológica para el Uso de Tecnologías Ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México”, publicado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, en donde se presentan ahorros estimados para viviendas habitadas por 4 o 5 personas. Entre las tecnologías ahorradoras de agua que contempla el proyecto, se citan las siguientes:

- Sistema dual para WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Entre las ventajas de esta tecnología se encuentran la no corrosión, no fugas, 1 válvula de descarga y 1 válvula de llenado. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.13 pesos mexicanos, 10.56 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- Cebolleta con obturador integrado para regadera, el cual contará con una cabeza giratoria para el ahorro de agua durante el enjabonado y flujo de 9 litros por minuto. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.49 pesos mexicanos, 4.95 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- Perlizadores, conocidos como dispersores que incrementan la velocidad de salida versus la disminución de área hidráulica y al agua de salida. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$23.79 pesos mexicanos, 4.62 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- Llaves ahorradoras de agua. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$53.5 pesos mexicanos, 20.13 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 4.47 kg de CO₂ al mes.

Con las medidas antes descritas, se prevé que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes del acuífero; no ocasionará la intrusión de la cuña salina; y utilizará sistemas para promover el ahorro de dicho recurso; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad

El uso alternativo de suelo es más productivo a largo plazo

El desarrollo de las obras proyectadas para “Aqua Residencial II, que incluye el equipamiento, acabados y obras exteriores, así como los costos por concepto de trámite y gestión, requerirán de una inversión total estimada de \$ 78,369,990.50 (Setenta y ocho millones trescientos sesenta y nueve mil novecientos noventa pesos 50/100 M. N.), 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.

Con base en la estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo que involucra el desarrollo del proyecto, obtenida del inventario forestal de la vegetación que se asume ocupaba el predio, y suponiendo la comercialización en el mercado local de tales materias primas, el máximo beneficio económico que podría haberse obtenido del aprovechamiento forestal del área desmontada se estima en \$ 1,256,062.72 (un millón doscientos cincuenta y seis mil, sesenta y dos pesos 72/100 M.N.) mismo que corresponde a 1.6 % del monto de inversión para la realización de la urbanización del proyecto.

Por otra parte, los resultados del análisis de datos forestales permitió obtener el valor del depósito de carbono por hectárea que se estimó en \$1,559,436.48 (un millón quinientos cincuenta y nueve mil, cuatrocientos treinta y seis pesos 48/100 MN), cifra que representa el 1.99 % de la inversión total del proyecto.

La valoración, directa e indirecta, total que involucra el cambio de uso de suelo en las 28.84 ha que ocupa el predio de estudio resultó en \$4,470,841.02, cifra que representa el 5.7 % de la inversión del proyecto.

Con respecto a la fauna el valor directo e indirecto tiene un valor de \$ 95,927.06 (Noventa y cinco mil novecientos veintisiete pesos 06/100 M.N.) que corresponde al 0.07 % de la inversión total contemplada para la urbanización del proyecto.

En total el valor económico de los recursos biológicos del predio se estima en \$4,566,768.08 (Cuatro millones quinientos sesenta y seis mil setecientos sesenta y ocho pesos 08/100 M.N.) que corresponde al 5.82 %. De acuerdo con lo anterior el aprovechamiento urbano del predio es económicamente más rentable a largo plazo que su aprovechamiento forestal o la 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.

Justificación social

Aunque el flujo de migración en Cancún ha disminuido, debido a que se concentra ahora en dos municipios vecinos, Solidaridad y Tulum, las autoridades encargadas de la planeación de uso de suelo prevén un aumento de la dinámica del crecimiento natural de la población por el gran número de personas nacidas en la ciudad en los últimos años.

En ese sentido el gobierno municipal realiza estudios para definir las áreas más aptas para la expansión de la mancha urbana, donde se puedan dar el desarrollo inmobiliario de acuerdo a la aptitud territorial, como resultado del análisis de las condiciones físico naturales de la zona. En ese sentido el H. Ayuntamiento de Benito Juárez aprobó en la Décima Tercera Sesión Ordinaria del 26 de septiembre de 2002 la zona poniente del Ejido Alfredo V. Bonfil como una zona de crecimiento apta para el desarrollo urbano.

Posteriormente se plantea la necesidad de contar con un Plan Parcial del Complejo Sur de la Ciudad basado en los lineamientos establecidos en el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, actualización 2005 (PPDU).

Los objetivos de este PPDU, se establecen textualmente y se consideran una justificación social para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del predio.

- a) Proporcionar alojamiento digno a la población permanente que será generada por el desarrollo turístico de la zona, atendiendo al objetivo fundamental, que es el desarrollo y bienestar de la población del Estado
- b) Atender las necesidades de la población urbana siempre creciente, evitando que los nuevos inmigrantes se asienten en forma irregular en el suelo urbano no pato por ausencia o incumplimiento de la normatividad para nuevos asentamientos humanos.
- c) Dar estructura suficiente, clara y atractiva a la ciudad que sea acorde con el crecimiento de la población de la zona.
- d) Complementar y contribuir al fortalecimiento de la identidad e integración social de la población, estructurando una ciudad con personalidad y carácter que asegure la calidad de vida de la población.

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; impulsará al comercio organizado y significará ingresos en materia de impuestos y permisos al Municipio Benito Juárez, al gobierno estatal y federal.

DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y EN SU CASO DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN

Responsable técnico

Ing. Alejandro Martínez Ramírez (se anexa copia simple de Identificación Oficial)

Registro federal de causanete, CURP y cédula profesional del responsable técnico

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.

Número de inscripción en el Registro Forestal Nacional

Libro COLIMA, Tipo UI, Personas Físicas Prestadoras de Servicios Técnicos Forestales – Inscripciones, Volumen 2, Número 3.

Domicilio para oír y recibir notificaciones

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

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Esta Ley es de competencia de la Federación y se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y la última reforma se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de abril de 2012. Esta ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la presentación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, entre otros.

El artículo 28 de esta ley, a la letra dice *“La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiental. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental”*.

En el Artículo 28 se distinguen las obras y actividades que requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental en apartados con números romanos. El apartado VII. “Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas”, corresponde a las actividades previstas para realizar el cambio de uso de suelo en el predio del proyecto que se evalúa en el presente estudio, razón por la cual es vinculante.

Por lo anterior, las obras y actividades proyectadas para realizar el cambio de uso de suelo en el predio en estudio se someten a evaluación en el presente Documento Técnico Unificado, para obtener la autorización en materia de impacto ambiental correspondiente y dar cumplimiento a la Ley en comento.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

En apego a lo dispuesto por el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su Artículo 5, inciso O), que indica que *“el cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental competente.”*

Por lo anterior se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad A, correspondiente al proyecto, para que sea evaluado en Materia de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto por el artículo 49 del instrumento normativo en cita; solicitando la autorización en materia de Impacto Ambiental para el cambio de uso del suelo en áreas forestales.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Para determinar la presencia o ausencia de vegetación forestal al interior del predio, desde el punto de vista jurídico es menester recurrir a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento (R-LGDFS). De acuerdo con el glosario de términos de la LGDFS (Artículo 7), se entiende por cambio de uso de suelo en terreno forestal la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales (fracción V); en tanto que por terreno forestal se entiende el que está cubierto por vegetación forestal (fracción XL) y por vegetación forestal debe entenderse al conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales (fracción XLV). En el entendido de estas definiciones, la vegetación que se desarrolla al interior del predio corresponde a vegetación forestal, por lo tanto el terreno es de tipo forestal, y para destinarlo a actividades no forestales con la remoción total o parcial de la vegetación, se requiere la solicitud de cambio de uso

de suelo, motivo por el cual se desarrolla el presente estudio, que a su vez forma parte de la requisición necesaria para dicha solicitud.

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Este reglamento señala en su artículo 121 que los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

- I. Usos que se pretendan dar al terreno;
- II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georeferenciados;
- III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;
- IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;
- V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;
- VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;
- VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;
- VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;
- IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;
- X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;
- XI. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el estudio y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución;
- XII. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías;
- XIII. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo;
- XIV. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, y
- XV. En su caso, los demás requisitos que especifiquen las disposiciones aplicables.

El presente Documento Técnico Unificado contiene todas las fracciones señaladas por el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

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

Éste Acuerdo establece en su Artículo Sexto 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.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

Esta Norma Oficial Mexicana establece el listado de especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Es de observancia obligatoria 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 territorio nacional, establecidas por esta Norma. Al respecto, en el predio se encontró una especie de flora citada en esta norma: la palma chit (*Thrinax radiata*) la cual está registrada en la categoría de especie amenazada y la palma Nacax (*Coccothrinax readii*), la cual no se registró en ninguno de los sitios de muestreo pero fue vista dentro del predio. En cuanto a las especies de fauna, no se encontró ninguna listada en dicha norma. Teniendo en cuenta que las obras proyectadas afectarán una superficie estimada dentro de la cual existen individuos de estas especies, el proyecto contempla la implementación de medidas preventivas y de mitigación como son: la ejecución de un Programa de rescate y reubicación de especies de vegetación forestal afectada y un Programa de Reforestación y Jardinería. Además en el predio se observó la presencia del reptil *Ctenosaura similis* (Iguana espinosa rayada) especie que se encuentra amenazada de acuerdo con la norma en comento, sin embargo, como medida de mitigación se llevará a cabo un programa de rescate y reubicación donde todos los individuos que se encuentren en el predio serán rescatados y reubicados de tal manera que no se afectará la población de esta especie.

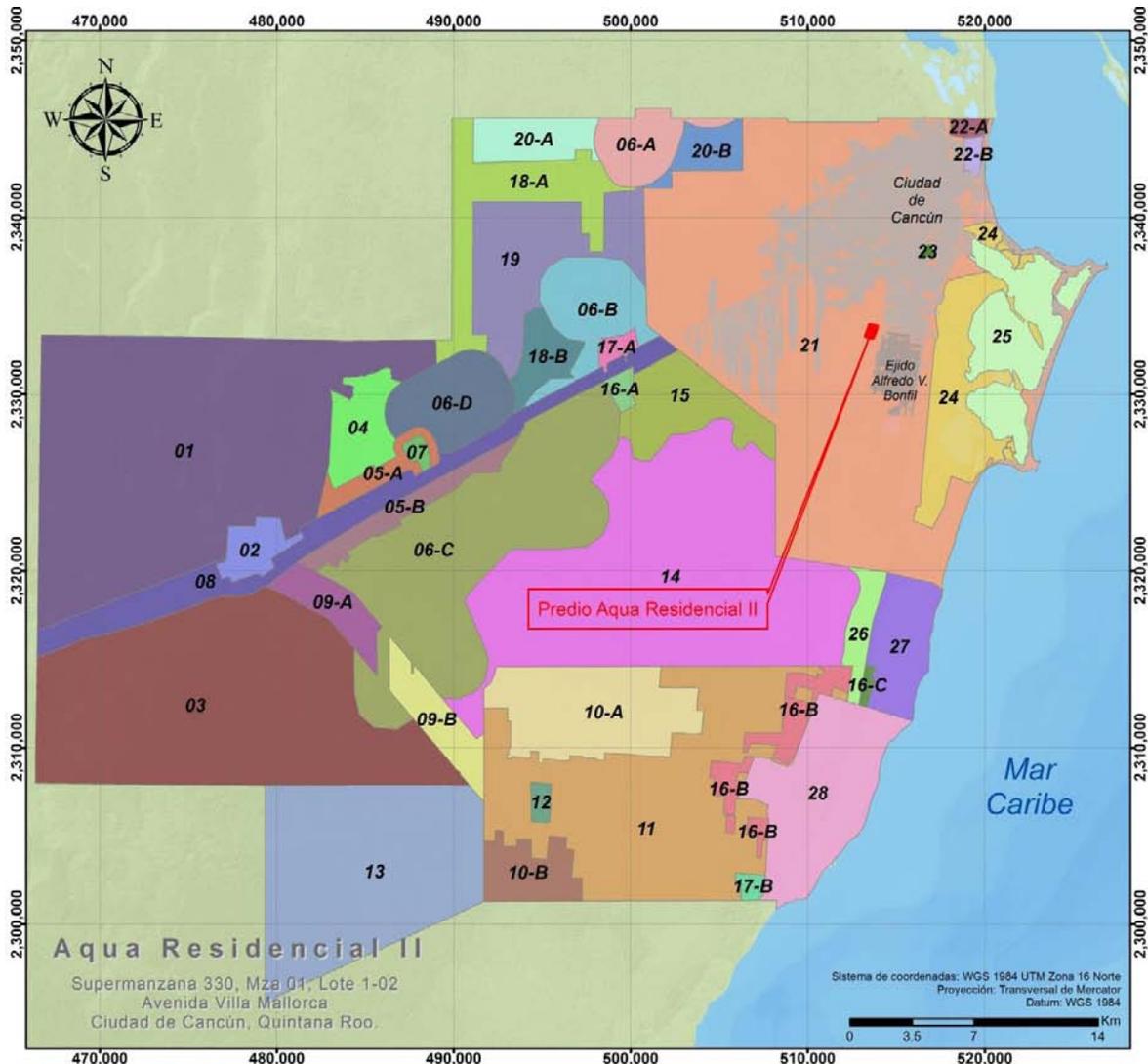
Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

El municipio de Benito Juárez, al cual pertenece el predio donde se ubica el proyecto Aqua Residencial II, 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, la que por ubicación corresponde al proyecto (**Figura 41**). De acuerdo con el mismo instrumento, ésta UGA se delimitó con base a la poligonal del Centro de Población establecida 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 49** se muestra la superficie que ocupa cada uno de ellos.

Cuadro 49. 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 gramínoideas	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	09-B, Ruta de los Cenotes	18-B, Zona agropecuaria del Gobierno del Estado
01, Recarga del Acuífero de Leona Vicario	10-A, Reserva del Ejido de Puerto Morelos	19, Zona Forestal Norponiente
02, Leona Vicario	10-B, Reserva del Ejido de Puerto Morelos	20-A, Zona de restauración limitrofe con Isla Mujeres
03, Forestal Leona	11, Ejido de Puerto Morelos	20-B, Zona de restauración limitrofe con Isla Mujeres
04, Cilantillo	12, Central Vallarta	21, Zona Urbana de Cancún
05-A, Zona agropecuaria de Leona Vicario	13, Forestal Delirios	22-A, ANP Chacmochuch y Manatí
05-B, Zona agropecuaria de Leona Vicario	14, Forestal Bosque de Cancún	22-B, ANP Chacmochuch y Manatí
06-A, Protección de pozos	15, Zona de restauración de Bonfil	23, Parque Kabah
06-B, Protección de pozos	16-A, Polígonos sujetos a PDU	24, ANP Manglares de Nichupté
06-C, Protección de pozos	16-B, Polígonos sujetos a PDU	25, Sistema lagunar Nichupté
06-D, Protección de pozos	16-C, Polígonos sujetos a PDU	26, Corredor pétreo Aeropuerto-Puerto Morelos
07, Infraestructura de seguridad	17-A, Polígonos de aprovechamiento de materiales pétreos	27, La Milla de Oro
08, Corredor Cancún-Leona	17-B, Polígonos de aprovechamiento de materiales pétreos	28, Centro de Población de Puerto Morelos
09-A, Ruta de los Cenotes	18-A, Zona agropecuaria del Gobierno del Estado	Predio

Figura 41. 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.

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

Criterios generales

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 Sustancias 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 el proyecto Aqua Residencial II contempla el establecimiento de áreas verdes ajardinadas, el empleo de agroquímicos no será una actividad rutinaria ni mucho menos intensiva puesto que únicamente se emplean especies nativas con la capacidad de adaptarse y que resisten 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 (28.84 ha), sin embargo este contará con áreas verdes ajardinadas, 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.

El proyecto Aqua Residencial II 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,

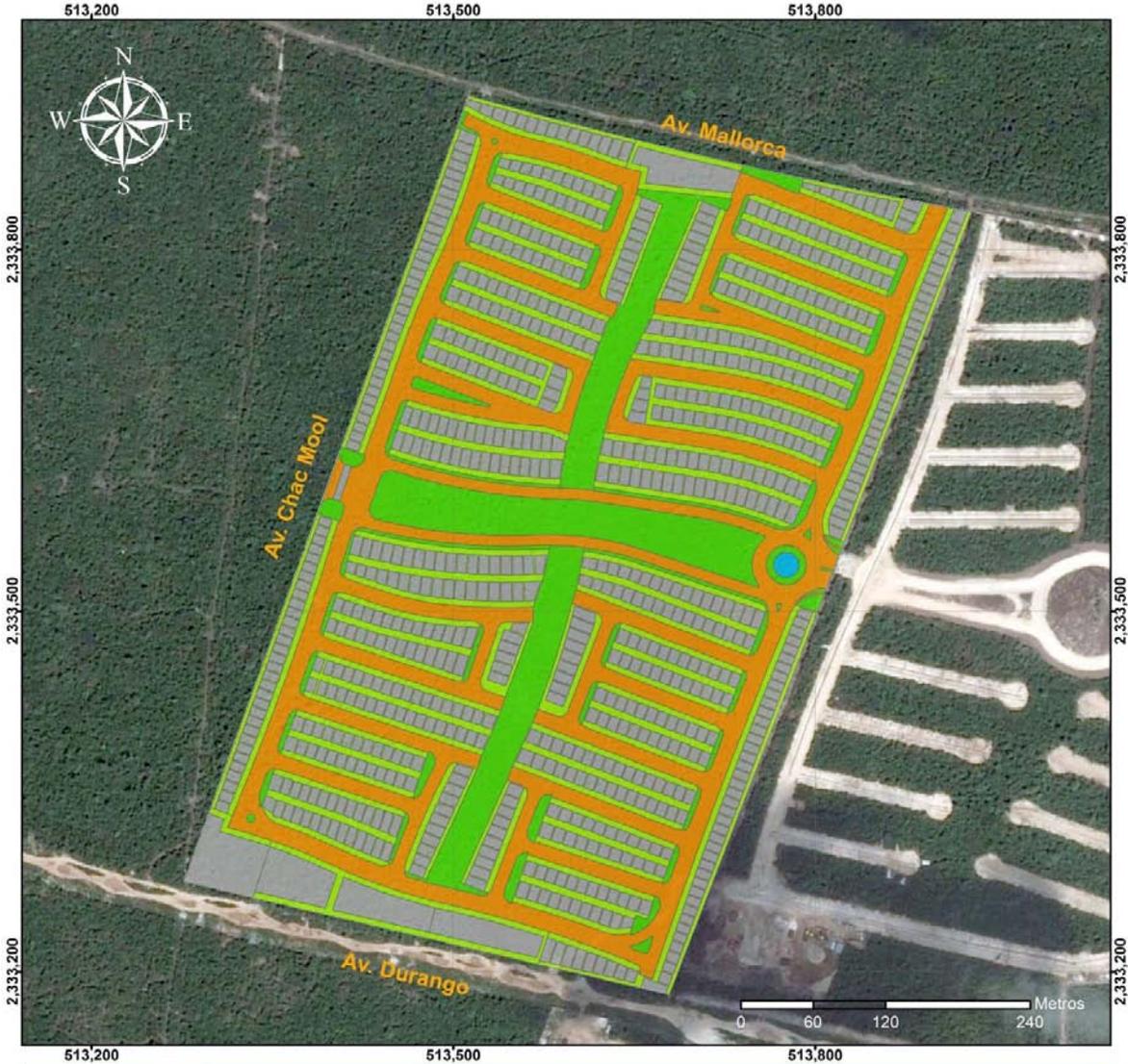
establece que para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la infiltración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje 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 de urbanización “Aqua Residencial II” cuenta con una superficie de 288,437 m², por lo cual, dada la condicionante del presente criterio, se debe mantener el 40% de esta superficie como área permeable (115,374.8 m²),

En el **Cuadro 50** se presenta la superficie que será permeable de acuerdo con el diseño del proyecto Aqua Residencial II, la cual en su totalidad ocupara una superficie de 119,130 m², equivalentes al 41.3% de la superficie total del predio, razón por la cual el proyecto cumple con lo indicado en este criterio. Asimismo en la **Figura 42** se muestra la distribución de la superficie permeable del proyecto.

Cuadro 50. Superficie de suelo permeable de acuerdo a la lotificación del predio para el proyecto Aqua Residencial II.

Permeabilidad	Uso	Superficie	%	%
Permeable	Permeable en lotes	81,041 m ²	28.10	41.30
	Permeable en área verde	38,089 m ²	13.21	
Impermeable	Impermeable en lotes	93,658 m ²	32.47	58.70
	Vialidad	75,303 m ²	26.11	
	Espejo de agua	346 m ²	0.12	
Total		288,437 m ²	100	100



Documento Técnico Unificado Modalidad A

Aqua Residencial II

Supermanzana 330, Mza 01, Lote 1-02
Avenida Villa Mallorca
Ciudad de Cancún, 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

Simbología

Áreas permeables

	Permeable área verde		Impermeable lotes
	Permeable lotes		Vialidad
	Espejo de agua		

Figura 42. Superficie permeable del proyecto Aqua Residencial II. Fuente: Elaboración propia a partir del diseño arquitectónico del proyecto.

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 achual.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II se encuentra inmerso en la zona urbana de la Ciudad de Cancún (**Figura 43**) 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.

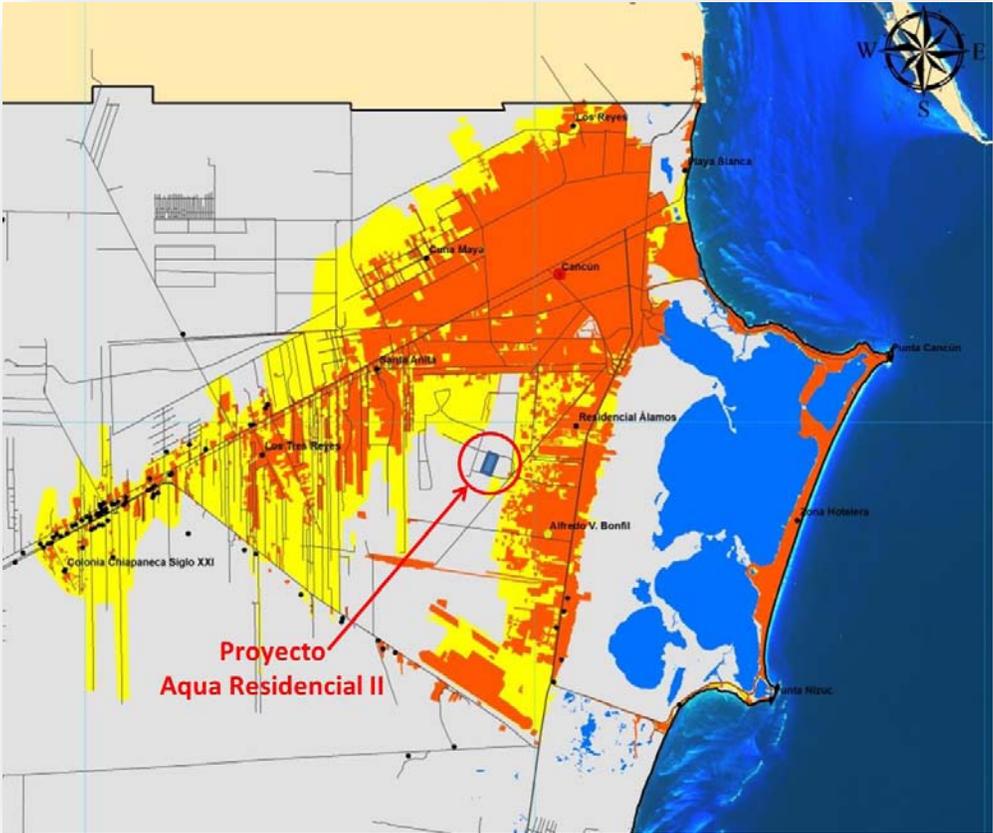


Figura 43. Mapa de la mancha urbana de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez. La superficie en color naranja representa la extensión de la zona urbana para el año 2006, mientras que la superficie en color amarillo representa su extensión para el año 2011. Fuente: Fase de Caracterización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

No obstante el proyecto contempla áreas verdes ajardinadas que funcionarán como corredor, puesto que éstas contarán las 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 el proyecto Aqua Residencial II 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 a razón de esto cumple con lo establecido en este criterio ecológico.

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 Aqua Residencia II se ubica en la UGA 21 Zona Urbana Cancún, se encuentra sujeto los porcentajes de aprovechamiento o desmote establecido 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 establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.

Todas las vialidades contempladas por el proyecto Aqua Residencial II son para el acceso a las zonas destinadas a los usos habitacional unifamiliar, habitacional multifamiliar y comercial, todos ellos usos urbanos contemplados en el PDU para la zona de crecimiento denominada “Complejo Urbano Sur” (**Figura 44**), razón por la cual todas las vialidades y caminos contemplados son compatibles con el uso propuesto y por consiguiente cumplen con el criterio.

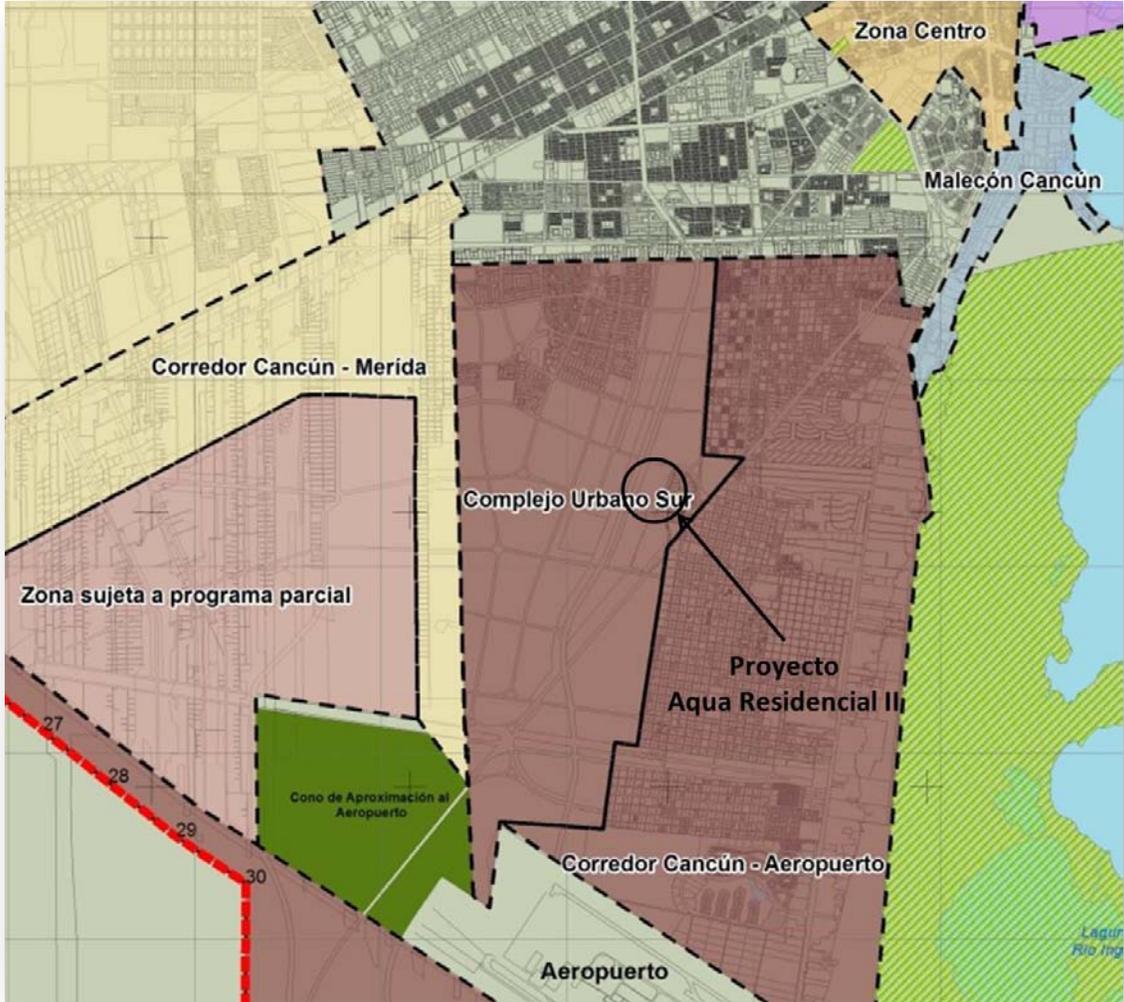


Figura 44. Polígonos de Actuación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún. Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030.

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, Aqua Residencia II 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, 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 Aqua Residencial II es totalmente urbano y se encuentra en concordancia con los usos permitidos por el PDU (habitacional unifamiliar, 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.

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.

	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
--	--

El proyecto Aqua Residencial II, 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.

Si bien el proyecto contempla el establecimiento de un espejo de agua artificial, en este no se llevarán a cabo actividades acuícolas, por lo cual el proyecto 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 predio.

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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II 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 apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.

El predio donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II, se encuentra a una distancia aproximada de 450 metros de las líneas de los tendidos eléctricos más cercanos, por lo el derecho de vía de los mismo no se verá afecto por el proyecto y por lo tanto se cumple con este criterio

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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial, 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. Por otra parte al ser Aqua Residencial II un proyecto cuyo propósito es el cambio de uso de suelo para la urbanización de lotes para vivienda particular, las obras y actividades del mismo no contemplan estructuras 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 Aqua Residencial II 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, por el contrario se trata de un proyecto de urbanización.

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 despilme, 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, al considerarse residuos sólidos de manejo especial, serán almacenados temporalmente en contenedores de polietileno de alta densidad de 200 litros, para después ser dispuestos tal y como lo indique la autoridad competente.

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 Aqua Residencial II 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 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, 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.

Dado que el predio en el que se llevará a cabo el proyecto no se encuentra dentro de algún centro de población, actualmente no cuenta con los servicios de colecta de residuos sólidos urbanos por parte del servicio de limpia municipal de Benito Juárez, por lo que se llevará a cabo un convenio con este organismo para la colecta de los residuos y su posterior disposición en el relleno sanitario correspondiente.

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 Program 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.

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.

El ninguna de las etapas del proyecto Aqua Residencial II se llevarán a cabo actividades agrícolas, pecuarias o forestales, sin embargo, derivado de las actividades de desmonte en el área sujeta a cambio de uso de suelo, se obtendrá material vegetal el cual será separado del material pétreo que lo acompañe y posteriormente será triturado para su composteo, el producto final de dicho proceso será utilizado en las áreas verdes ajardinadas que contemple el diseño del proyecto, así como en las superficies en que la autoridad competente lo indique.

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, los parámetros de aprovechamiento aplicables al predio, como la densidad, estarán sujetos a los establecidos 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 con una densidad bruta de 60 viviendas por hectárea. El diseño del proyecto busca en todo momento apegarse a esta regulación, de tal manera que no existirá transferencia de densidades de ningún tipo, razón por la cual 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.

El Proyecto Aqua Residencial II, 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 28.84 ha, lo que representa el total del predio, considerando que la superficie de aprovechamiento para la UGA es la establecida en el Programa de Desarrollo Urbano, este no presenta limitantes en cuanto a la superficie aprovechable del predio.

Criterios específicos

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 promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.

El predio donde se instalará el proyecto 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.

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 biodigestores o algún otro sistema de tratamiento el drenaje sanitario no serán utilizados en el proyecto 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 Aqua Residencial II estará conectado al sistema de drenaje municipal, 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 Aqua Residencial II no contempla el establecimiento de ningún tipo de sistema de producción agrícola intensivo, por lo cual este criterio no le es aplicable.

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 Aqua Residencial II no contempla el establecimiento de campo de golf, por lo que este criterio no le es aplicable.

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 Aqua Residencial II no contempla el establecimiento de campo de golf pero si el establecimiento 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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II cuenta con áreas verdes con función recreativa, las cuales equivalen a una superficie de 29,082 m² (área de donación), 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 45**), por lo que se cumple con este criterio.

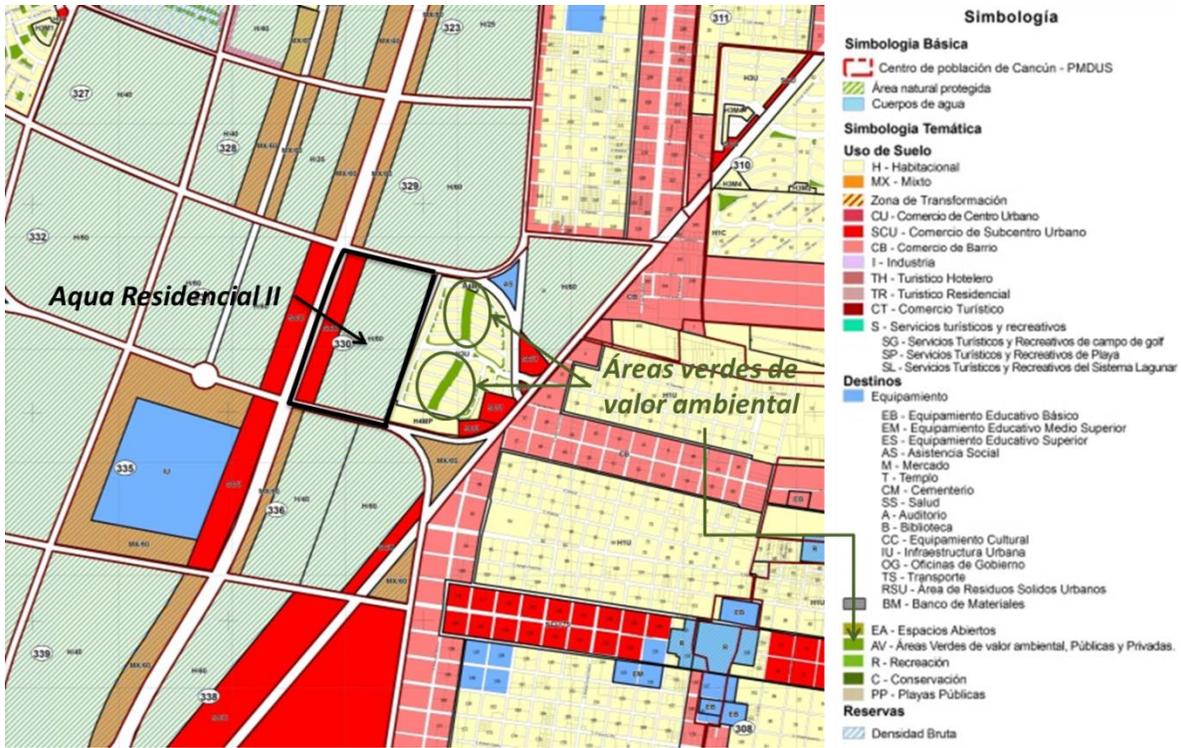


Figura 45. Áreas verdes recreativas colindantes al proyecto. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población, Cancún 2014-2030.

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 estructuras kársticas como las mencionadas en este criterio por lo cual 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 Aqua Residencial II, no contempla construcciones, ya que únicamente serán ejecutadas obras correspondientes a la remoción de la vegetación, preparación del sitio y urbanización del predio.

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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II 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 le es aplicable.

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 Aqua Residencial II no es de interés el aprovechamiento de los recursos biológicos por lo que este criterio no es aplicable.

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 Aqua Residencial 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 estructuras kársticas como las mencionadas en este criterio por lo cual 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.

Dado que el proyecto Aqua Residencial II 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-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 Aqua Residencial 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-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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II 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 le proyecto Aqua Residencial II está diseñado para el establecimiento de un total de 1040 viviendas, le corresponden un total de 5,200 m² de parques recreativos con áreas verdes jardinadas y arboladas, sin embargo dicho proyecto contempla una superficie de 29,082 m² con áreas verdes con función recreativa, las cuales conforman el área de donación. 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.

Como se señala para el criterio anterior el proyecto Aqua Residencial II cuenta con áreas verdes ajardinadas en una superficie de 29,082 m² 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 contempladas en el proyecto no contemplan obras de equipamiento, 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 cascaberas 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 Aqua Residencial II no se encuentra sobre una cascabera y nunca ha tenido algún uso relacionado con la extracción de materiales pétreos. De igual forma se encuentra fuera de las zonas inundables pues como se muestra en modelo digital de elevación, el predio se ubica fuera de las zonas más bajas del municipio de Cancún.

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.

Crterios 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 Aqua Residencial II 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 colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.

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 le contrario las especies de fauna rescatas serán introducidas en un ecosistema similar al del predio en un área aledaña la 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 del proyecto Aqua Residencial II 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 50m 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.
--	------------------------------------

Aqua Residencial II, al ser un proyecto de urbanización no contempla el establecimiento de zonas industriales o centrales de abasto, por lo cual este criterio no le 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 ajardinadas del proyecto Aqua Residencial II serán de especies nativas, por lo cual se cumple con este criterio.

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 Aqua Residencial II no se encuentran ecosistemas de manglar, por lo cual este criterio no le es aplicable.

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 Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030, a diferencia del instrumento que el antecedido, no contempla etapas de desarrollo dentro de la poligonal que regula. No obstante como se puede apreciar en la zonificación primaria de dicho instrumento (**Figura 46**), las áreas circundantes al proyecto ya han sido ocupadas razón por la cual no se incumple con este criterio.

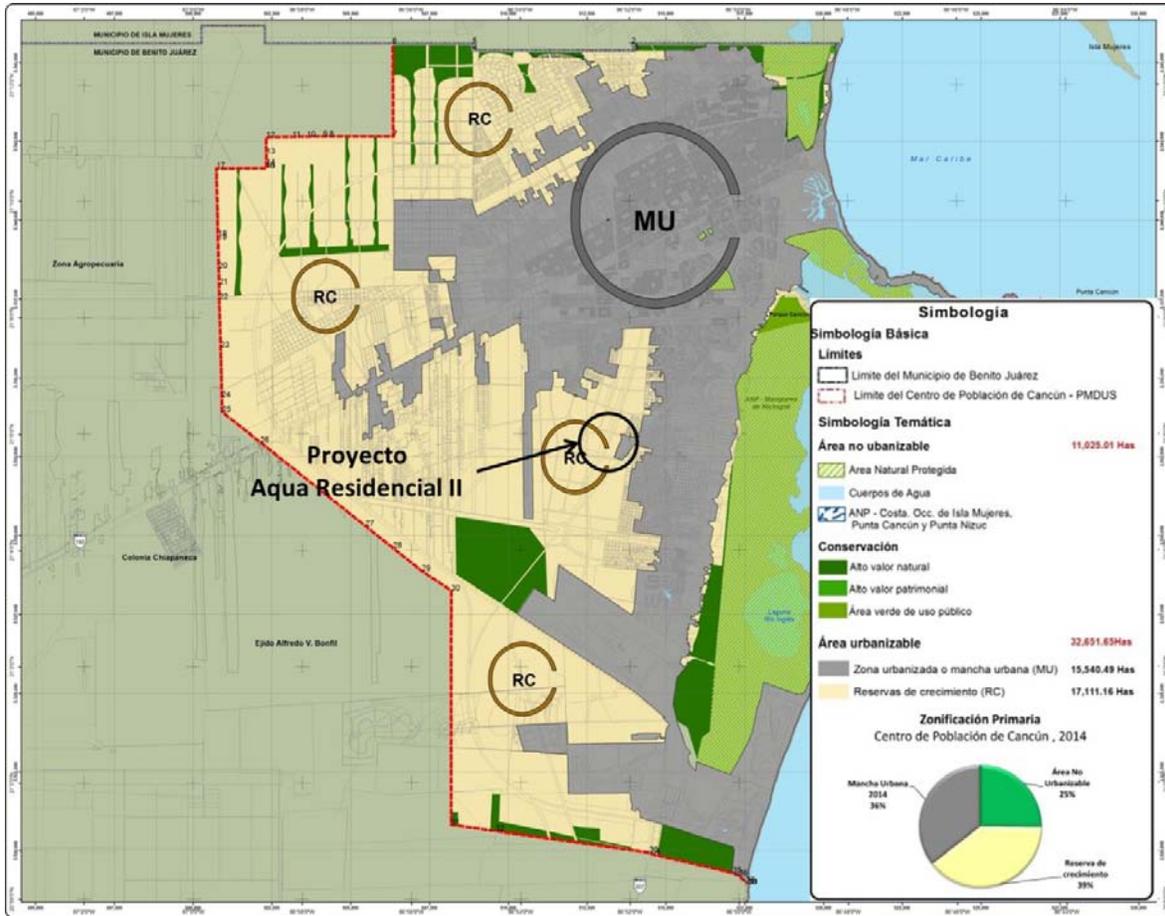


Figura 46. Zonificación primaria del PDU del Centro de Población Cancún. Fuente: Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población, Cancún 2014-2030.

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 los lotes 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 Aqua Residencial II no se encuentra ubicado a en zonas de manglar ni al Sur del Área Natural Protegida “Manglares de Nichuté” 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 Aqua Residencial II, no se encuentra colindante con ningún ANP, por lo cual este criterio no es aplicable al proyecto.

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 Aqua Residencial II 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*, *Talisia olivaeriformis* y *Ficus spp.*, ya que, de acuerdo con el trabajo de campo, son especies que se encuentran en el listado de vegetación del predio.

Crterios 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.

El uso de las áreas comunes, incluyendo las áreas verdes contempladas por el proyecto estará sujeto a las disposiciones del reglamento interno, el cual contempla 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 Aqua Residencial II no se encuentra colindante con la Zona Federal Marítimo-Terrestre (ZFMT), por lo cual las disposiciones de este criterio no le son aplicables.

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 Aqua Residencial II es un proyecto de urbanización cuyo objetivo no tiene relación alguna con la instalación u operación de industria concretera, razón por la cual este criterio no le es aplicable.

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 anteriormente el predio donde se pretende establecer el proyecto no colinda con la ZFMT, por lo cual las disposiciones establecidas en este criterio ecológico no son aplicables al proyecto.

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 colinden 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 le es aplicable.

CRITERIO	Recurso Paisaje
URB-50	Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: Plantas rastreras: Ipomea pes-caprae, Sesuvium portulacastrum, herbáceas: Ageratum littorale, Erythalis fruticosa y arbustos: tournefortia gnaphalodes, suriana marítima y Coccoloba uvifera y palmas Thrinax radiata, Coccothrinax readii.

En el predio donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II no se presenta vegetación de duna, por lo cual este criterio es aplicable al mismo.

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 (embrionarias) 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
URB-52	En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias: Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación. Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de

	<p>anidación.</p> <p>Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable 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> <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 Aqua Residencial II 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 Aqua Residencial II 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-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 Aqua Residencial II 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-55	La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).

El predio donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II 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-56	<p>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.</p> <p>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.</p>

El predio donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II 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 el materia se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.

El proyecto Aqua Residencial II no se encuentra cercano a la zona de 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 donde se pretende establecer el proyecto Aqua Residencial II 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 le es aplicable.

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.

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 cuenta con usos de suelo H/60 y SCU (**Figura 47**).

- H/60 Habitacional/60 viviendas por hectárea
- SCU Subcentro Urbano Zonificación mixta destinada a satisfacer la demanda de 250 mil habitantes. Podrá construirse vivienda multifamiliar

Esto lo confirma la Constancia de Uso de Suelo expedida el día 19 de noviembre de 2014 por la Secretaría Municipal de Ecología y Desarrollo Urbano, mediante el oficio SMEYDU/2137/2014, y a favor de la empresa Banca MIFEL S.A. Fideicomiso 642/2005 y en relación al predio ubicado en el Supermanzana 330, Manzana 01, Lote 1-02, Cancún, Quintana Roo.



Figura 47. Ubicación del predio dentro del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030. Fuente: Elaboración propia a partir PDUCCP

Por otro lado, con base en los usos de suelo permitidos establecidos por el mismo PDUCP de Cancún 2014-2030, se solicitó a la Secretaría Municipal de Ecología y Desarrollo Urbano la Licencia de Fraccionamiento del predio en cuestión, la cual fue resuelta de forma favorable mediante el Oficio No. SMEYDU/01918/2014 y en favor de la empresa Banca MIFEL S.A. Fideicomiso 642/2005. En dicho documento, se aprueba de forma definitiva la Licencia de Fraccionamiento No. 04/2014 para el desarrollo del proyecto Aqua Residencial II, la cual contempla los usos y superficies indicadas en el **Cuadro 51**.

Cuadro 51. Usos de suelo y superficies para el desarrollo Aqua Residencial II.

USO DE FRACCIONAMIENTO	LOTES	SUPERFICIE	%
Uso Habitacional Multifamiliar (H3M4)	4	159,744	55.38%
Uso Habitacional Unifamiliar (H3U)	854	11,597	4.02%
Uso Comercial (C2A)	2	3,358	1.16%
Espejo de Agua	1	346	0.12%
Área verde de donación	7	29,082	10.08%
Área verde	47	9,007	3.12%
Vialidad	1	75,303	26.11%
SUPERFICIE TOTAL DEL PREDIO		288,437	100.00%
Total de viviendas		1,040	
Densidad bruta (viv/ha)		36.05	

Para los usos de suelo propuestos por el desarrollo Aqua Residencial II, el Programa de Desarrollo Urbano del Centro Población Cancún 2014-2030, establece ciertas restricciones a las cuales está sujeto el proyecto. A continuación, se realizará un comparativo entre las restricciones establecidas por el instrumento normativo citado y lo proyectado por el desarrollo Aqua Residencial II.

En principio, para los lotes definidos con uso de suelo Habitacional Unifamiliar (H3U) el PDUCP de Cancún (2014-2030) establece una densidad de 60 viviendas por hectárea. Sin embargo, el proyecto contempla una superficie de 159,743.98 ha destinadas al uso H3U y ha proyectado un total de 854 lotes en los que se desarrollará una vivienda en cada uno de ellos, por lo que la densidad es de 53.46 viviendas/hectárea, dando cumplimiento con esta restricción.

Por otro lado, respecto a las restricciones a las que estarán sujetos los adquirentes de cada uno de los lotes unifamiliares, en el **Cuadro 52** se indican las restricciones establecidas por el PDUCP de Cancún (2014-2030) y las que establecerá el promovente del proyecto en el Reglamento Interno del Fraccionamiento.

Cuadro 52. Restricciones aplicables a los lotes de vivienda unifamiliar según Programa de Desarrollo Urbano.

Zona	Rangos Superficie		Densidad neta	Restricciones mínimas (m)					Máximo de niveles		Rango CUS		COS	Clave
				Frente lote	Frente		Fondo	Laterales	Niveles	Altura	Mín	Máx		
					Planta baja	Otros niveles								
Densidad baja	Min	300	1 Viv/Lote	12	6*	5	5	10% del frente por cada lado o el 20% de un solo lado	3	11.3	0.2	1	45%	H1U
	Max	600		>12 a <20	6*	5	5							
Densidad media	Min	200	1 Viv/Lote	10	6*	5	3	10% del frente un solo lado o 5% de cada lado	3	11.3	0.25	1	50%	H2U
	Max	500		>10 a <20	6*	5	3	10% del frente por cada lado						
Densidad alta	Min	128	1 Viv/Lote	De 8 a <10	5	5	3	10% del frente un solo lado o 5% de cada lado	3	10.5	0.4	1	60%	H3U
	Max	240		>10 a <20	5	5	3							
Densidad alta popular	Min	110	1 Viv/Lote	7.2	5	3	3**	Ninguna	3	10.5	0.5	1	70%	H4UP
	Max	160		>8										

Respecto a los lotes multifamiliares, en el **Cuadro 53** 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 Interno del Fraccionamiento.

Cuadro 53. Restricciones aplicables a los lotes de vivienda unifamiliar 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	Min	600	C	20	5	5	1/3 de altura o 3m mínimo de un lado	4	0.6	1.2	30%	H1M
	Max	800										
	Min	5,000	I	50				4	0.6	1.5	50%	H1M2
	Max											
	Min	2,000	G	40				4	0.6	1.5	50%	H1M3
	Max											
Densidad	Min	450	D	15	4	0.8	1.6	40%	H2M1			

Zona	Rangos de superficie		Densidad neta	Restricciones mínimas (m)				Máximo de niveles	CUS		COS	Clave
				Frente lote	Frente	Fondo	Laterales		Mín	Máx		
media	Máx	600	G	15				4*	0.8	*1.6	60%	H2M2
	Mín	600										
	Máx	3,500										
Densidad alta	Mín	375	F	12.5				4	1	2	50%	H3M1
	Máx	800										
	Mín	800	J	12.5				4	1	2	65%	H3M2
	Máx											
	Mín	600	L	12.5				4	1	2	65%	H3M3
	Máx											
	Mín	400	N	12.5				8	1	2	50%	H3M4
Máx	>400											
Densidad popular	Mín	280	M	16				4	1	2	70%	H4MP
	Máx											

De forma general, el proyecto Aqua Residencial II advierte el cumplimiento de lo establecido por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo 2014-2030, asimismo, mediante su reglamento interno asegurará que los adquirentes de los lotes, desarrollen proyectos que den cumplimiento con las restricciones establecidas por este mismo instrumento.

Decretos y programas de conservación y manejo de 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 Natural Protegida, con categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como 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 48**).

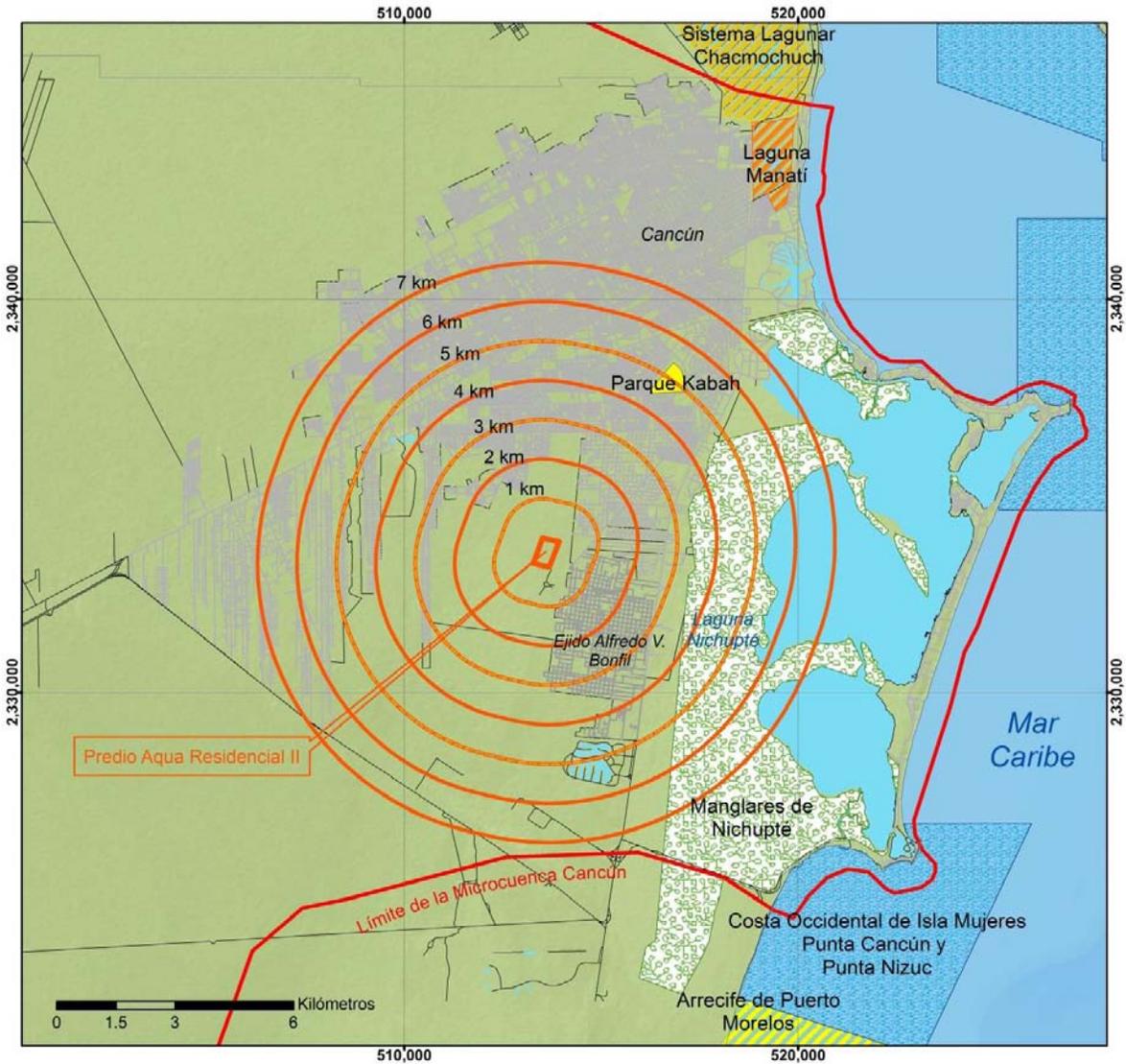


Figura 48. Distancia del predio a las Áreas Naturales Protegidas colindantes. Fuente: Elaboración propia a partir de CONANP (Op. Cit.).

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)⁷⁶, en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Por su parte, el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)⁷⁷, 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.

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 Hidráulicos, 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 49**).

⁷⁶ 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.

⁷⁷ 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 49. Región hidrológica prioritaria 105. Fuente: Elaboración propia a partir de Arriaga et al, (1998), disponible en la cartografía en línea www.conabio.gob.mx.

Región terrestre prioritaria 146 Dzilam – Ría Lagartos – Yum Balam

Esta 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. Dentro de esta RTP se incluyen 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 50**).



Figura 50. Región terrestre prioritaria 105

Region marina prioritaria Dzilam - Contoy

El proyecto Aqua Residencial II se encuentra inmerso en la Región Marina Prioritaria Dzilam- Contoy, que 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 (**Figura 51**). De acuerdo con las valoraciones realizadas por la CONABIO, la Región Marina Prioritaria Dzilam- Contoy, está compuesta por playas, dunas, marismas, petenes y arrecifes de gran importancia biológica, está considerada como zona de transición entre la biota del Golfo de México y la del 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*, *Coccoltrinx readii*, *Echites yucatenensis*, *Hylacereus undatus*, *Krugiodendrum jeneum*, *Nopalía 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 destaca: Modificación del entorno por fractura de arrecifes, remoción de pastos marinos y dragado, Contaminación: en los muelles y puertos, por petróleo, 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 contra los cuales pueda ser contrastado el proyecto propuesto para determinar su factibilidad ambiental.

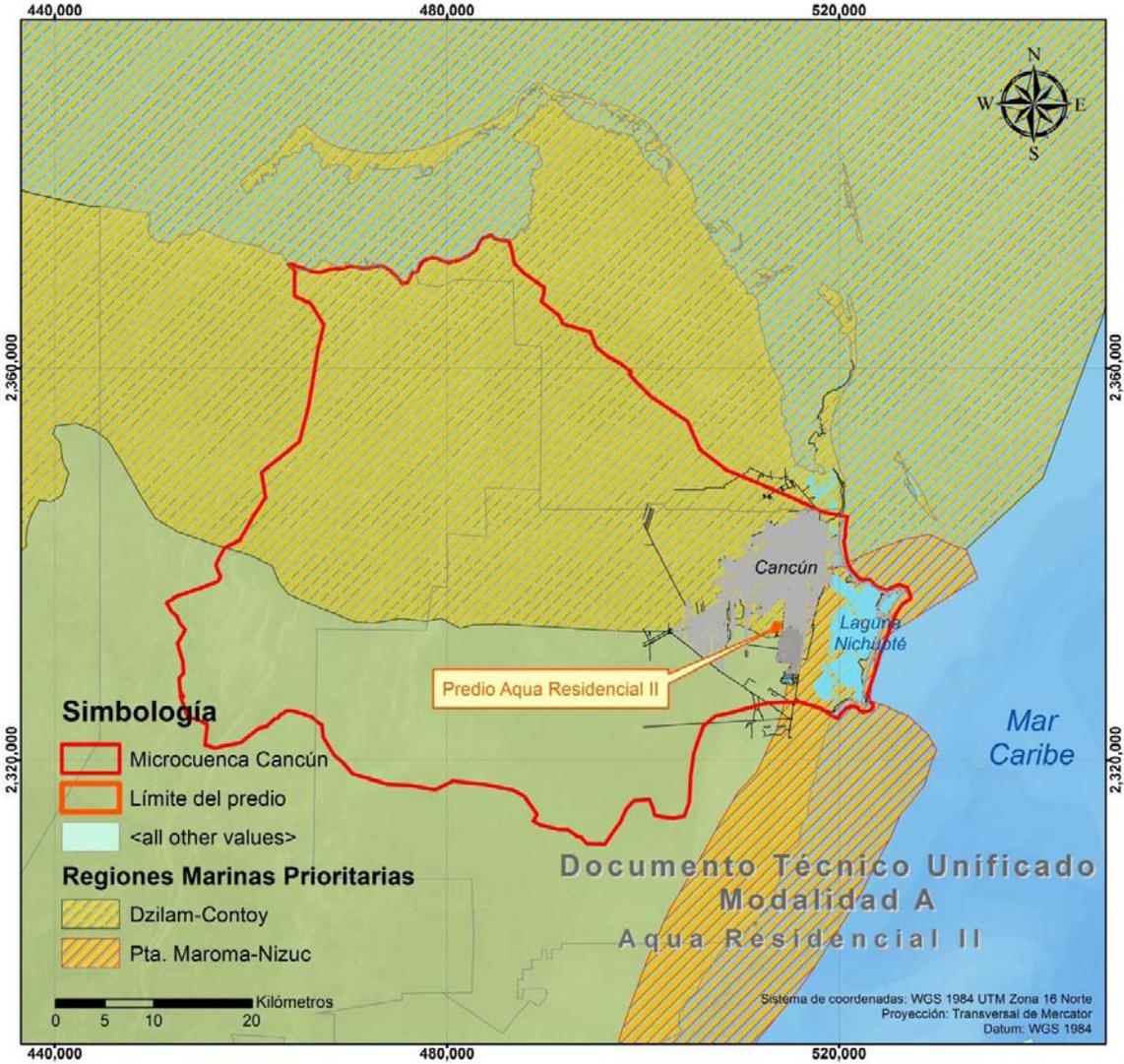


Figura 51. Regiones marinas prioritarias. Fuente: Elaboración propia a partir de Arriaga et al, (1998), disponible en la cartografía en línea www.conabio.gob.mx

En cuanto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Áves, el proyecto Aqua Residencial II no se encuentra inmerso en ninguna de estas.

ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO

Para determinar el valor económico de los recursos forestales de la superficie de cambio de uso de suelo en terreno forestal (CUSTF) para el desplante del proyecto Residencial Mayakoba, se recurrió en primera instancia, a la valoración de los servicios ambientales que ofrece la vegetación a remover, esto con base 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”, 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 54**.

Cuadro 54. Clasificación de los valores asociados con los recursos forestales.

VALORES DE USO		VALORES DE NO USO		
Directo	Indirecto	De opinión	De herencia	De existencia
Productos de consumo o servicios directos. Usos extractivos: <ul style="list-style-type: none"> • Materia prima (maderables no maderables) • Alimentos • Biomasa • Medicinales • Energéticos • Pastoreo • Colecta de especímenes y material genético • Conversión a otro usos • Hábitat humano • Caza y pesca Usos no extractivos <ul style="list-style-type: none"> • Salud • Recreación (ecoturismo y deporte) • Actividades culturales y religiosas • Producción audiovisual 	Beneficios funcionales Ecosistémicos: <ul style="list-style-type: none"> • Autopreservación y evolución del sistema • Ciclaje de nutrientes • Conocimiento e investigación científica actual Ambientales: <ul style="list-style-type: none"> • Protección y regeneración de suelos • Captación de agua • Control de plagas • Control de inundaciones • Protección contra tormentas • Retención de carbono • Regulación climática 	Uso directo o indirecto futuro <ul style="list-style-type: none"> • Continuidad del sistema • Obtención de nueva materia prima • Nuevos conocimientos 	Legado de valores <ul style="list-style-type: none"> • Protección de hábitat • Evitar cambios irreversibles 	Valores éticos <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de la existencia • Protección del hábitat • Evitar cambios irreversibles • Culturales, estéticos y religiosos

Asimismo, la CONABIO presenta algunos indicadores económicos de los servicios ambientales ofrecidos por diferentes tipos de ecosistemas forestales, y en algunos caso, estos indicadores están referidos a zonas específicas, como es el caso de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, cuyos datos sirvieron de base para la valuación del capital natural del predio. En específico, se muestran valores económicos respecto al servicio de ecoturismo, depósito de carbono, valor farmacéutico de las especies, y por su propia existencia; en el **Cuadro 55** se muestra el valor económico de dichos servicios ambientales en el predio en el que se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo.

Cuadro 55. Capital natural de la superficie de CUSTF respecto de los recursos biológicos forestales con los que cuenta.

CONCEPTO DE VALORACIÓN	VALOR POR HECTÁRA (USD)	HECTÁREAS DEL CUSTF	VALOR TOTAL (USD)*	VALOR TOTAL (MXN)
Valor del depósito de carbono por hectárea	\$ 3,600.00		\$ 103,824.00	\$ 1,559,436.48
Costos de restauración por la conversión de áreas de cambio de uso de suelo a pastizales	\$ 3,633.00	28.84	\$ 104,775.72	\$ 1,573,731.31
Valor ecoturístico anual	\$ 88.40		\$ 2,549.46	\$ 38,292.83
Valor farmacéutico anual	\$ 90.00		\$ 2,595.60	\$ 38,985.91
Valor por existencia propia	\$ 10.00		\$ 288.40	\$ 4,331.77
CAPITAL NATURAL DEL PREDIO				\$ 3,214,778.30

*Costo de dólar estimado en \$ 15.02 14/100 M.N. FUENTE: <http://www.preciodolar.com/dolar-hoy> Consultada el 02 de Marzo de 2015.

Por otro lado, respecto a los recursos forestales como materia prima, se determinó que de la vegetación presente en la superficie de CUSTF, es posible extraer un volumen total de 283.89 m³ de productos forestales primarios, esto es madera en rollo para postes, morillos o aserrío; mientras que de productos secundarios como carbón vegetal o leña, se puede obtener un total de 644.55 m³, y un volumen similar de desperdicios.

El valor económico de estos productos se estima en \$ 1,700.00 00/100 M.N. por metro cúbico de productos primarios, y en \$ 1,200.00 00/100M.N. por metro cúbico de productos secundarios. Por tanto, se estima un valor económico total de las materias primas forestales en la superficie de CUSTF de \$ 1,256,062.72 72/100 M.N., en el **Cuadro 56** se desglosa la obtención de este valor económico.

Cuadro 56. Valoración económica de las materias primas forestales en la superficie de CUSTF.

PRODUCTO	VOLUMEN EXISTENTE (m ³)	VALOR ECONÓMICO (MXN/m ³)	VALOR ECONÓMICO TOTAL POR PRODUCTO (MXN)
PRIMARIO	283.89	\$ 1,700.00	\$ 482,608.24

PRODUCTO	VOLUMEN EXISTENTE (m ³)	VALOR ECONÓMICO (MXN/m ³)	VALOR ECONÓMICO TOTAL POR PRODUCTO (MXN)
SECUNDARIO	644.55	\$ 1,200.00	\$ 773,454.48
DESPERDICIO	644.55	\$ 0.00	\$ 0.00
TOTAL	1,572.99		\$ 1,256,062.72

Es así, que los recursos forestales presentes en la superficie de CUSTF (28.84 ha) del predio Aqua Residencial II, adquieren un valor económico total de **\$4,470,841.02 M.N.**

Por otra parte con el fin de estimar el valor económico de la fauna silvestre que actualmente habita el predio en el que se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terreno forestal, se han tomado como referencia las cuotas establecidas en el Artículo 238 de la Ley Federal de Derechos (LFD última reforma el 11 de agosto de 2014), 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 (\$ 23,352.56 56/100M.N.) 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 \$ 93.41 41/100 M.N.

En el caso de los mamíferos no listados expresamente 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 00/100 M.N. basada en los costos promedio de estos ejemplares en comercios y UMAS autorizadas.

De las anteriores consideraciones, y con base en el listado de fauna generado a partir de los estudios de campo en el predio, se obtiene que el valor económico del predio respecto a su diversidad faunística es de \$ 95,927.06 06/100 M.N. (**Cuadro 57**).

Cuadro 57. Valuación económica de la fauna silvestre que habita en el predio.

Especie	Nombre Común	NOM-059-SEMARNAT	Abundancia absoluta	Valor unitario	Valor total
<i>Smilisca baudinii</i>	Rana de árbol mexicana		5	500.00	2,500.00
<i>Leptodactylus fragilis</i>	Rana de bigotes		2	500.00	1,000.00
TOTAL ANFIBIOS			7		3,500.00
<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado		7	500.00	3,500.00
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija escamosa pintas amarillas		4	500.00	2,000.00

Espece	Nombre Común	NOM-059-SEMARNAT	Abundancia absoluta	Valor unitario	Valor total
<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo		5	500.00	2,500.00
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	A	10	500.00	5,000.00
TOTAL REPTILES			26		13,000.00
<i>Saltator atriceps</i>	Picurero cabeza negra		10	93.41	934.10
<i>Saltator coerulescens</i>	Picurero grisáceo		12	93.41	1,120.92
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común		8	93.41	747.28
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortola rojiza		20	93.41	1,868.20
<i>Psilorhinus morio</i>	Chara papán		5	93.41	467.05
<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde		2	93.41	186.82
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca		5	93.41	467.05
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula		12	93.41	1,120.92
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos bigotudo		2	93.41	186.82
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor		15	93.41	1,401.15
<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco		5	93.41	467.05
<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira		1	93.41	93.41
<i>Icterus prothemelas</i>	Bolsero capucha negra		2	93.41	186.82
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano		18	93.41	1,681.38
<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical		16	93.41	1,494.56
TOTAL AVES			133		12,423.53
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño		1	4,760.00	4,760.00
<i>Peromyscus mexicanus</i>	Ratón mexicano		2	4,760.00	9,520.00
<i>Nasua narica</i>	Coatí norteño		5	4,760.00	23,800.00
TOTAL MAMÍFEROS			8		38,080.00
TOTAL TOTAL			174		95,927.06

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

Dado que la restauración del predio donde pretende llevarse a cabo el cambio de uso de suelo implicaría el establecimiento de acciones para regresar a las condiciones previas a la remoción de la cobertura forestal se deben tener en cuenta diversas etapas y consideraciones:

- Consideraciones preliminares (punto inicial-meta)

Como parte de las consideraciones previas a cualquier proyecto de restauración es de suma importancia definir o identificar dos puntos, el punto de inicio y el punto meta ya que en muchas ocasiones el último puede ser dependiente del primero. El punto de inicio refiere a las condiciones en las que se encuentra el sitio a restaurar, mientras que el punto meta es el conjunto de condiciones ambientales a las cuales queremos llevar dicho sitio.

Para el caso que nos ocupa, el predio presenta un estado inicial deteriorado (VSa/SMQ) y bajo un esquema de restauración el punto de inicio derivado de un cambio de uso de suelo hipotético, debe dejar condiciones ambientales mínimas que aseguren la viabilidad del trabajo (Arriaga et al. 1994)⁷⁸. En otras palabras, para lograr una restauración exitosa es necesario que en el predio existan características ambientales como: formas de erosión que estén dentro de lo permisible, presencia de suelos con profundidad igual al punto de inicio, existencia de un estrato herbáceo, entre otras.

Considerando lo anterior, se plantearon las actividades de restauración partiendo un cambio de uso de suelo en que el predio es desmontado y despalmado, de modo que una capa superficial de suelo es removida, y la meta es establecer características semejantes a una selva mediana subperennifolia en buen estado o en un estado mejor al que presenta actualmente el predio.

- Fases y actividades consideradas

Las fases a considerar en la restauración son: preparación del sitio, producción de plantas, plantación, mantenimiento, las cuales se describen en el **Cuadro 58**.

⁷⁸ Arriaga V., M. Cervantes y Vargas A. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL-INE, UNAM. México D.F.

Cuadro 58. Fases consideradas en las acciones de restauración

FASE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Preparación del sitio	Compra de tierra vegetal, acarreo y tendido	Esta actividad es necesaria ya que el terreno es despalmado. Se realiza con la instrucción de tierra vegetal a través de camiones de volteo y esparcimiento mecánico.
	Terrazas Individuales	Consiste en el establecimiento de una pequeña terraza alrededor de donde serán sembradas cada una de las plantas, el objetivo es lograr una mayor retención de agua y favorecer la conservación del suelo.
Producción	Colecta de germoplasma	Se colectara germoplasma de las especies seleccionadas para la restauración, ya sea semillas o varetas.
	Establecimiento del vivero	Consiste en la instalación de un vivero en el predio para evitar costos de flete
Plantación	Transporte de plantas	Las plantas serán transportadas del vivero al sitio de restauración evitando el daño de las mismas.
	Apertura de cepa común	Consiste en hacer una apertura de suelo de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 cm (es la tierra más fértil) y del otro lado, la tierra de los 20 cm más profundos.
	Siembra o plantación	Posterior a la apertura de la cepa, se lleva a cabo el sembrado el cual consiste en la introducción de la planta en la sepa sin y a una profundidad adecuada, considerando poner la tierra fértil a la altura del sistema radicular.
Mantenimiento	Deshierbe manual en terrazas individuales	Como su nombre lo indica consiste en eliminar las plantas consideradas como maleza
	Fertilización de hojosas	Una se realiza al inicio de la plantación y cuatro aplicaciones posteriores distribuidas equitativamente durante los primeros 2 años.

FASE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	Brechas corta fuego	Consiste en abrir líneas o franjas de dos a tres metros de ancho eliminando todo el material combustible que se encuentre en zonas críticas de la plantación.
	Cercado con postes de madera	Consiste en el cercado del predio para proteger la plantación, principalmente en las etapas juveniles, se utilizará un cerco vivo con especies de Bursera
	Mantenimiento Brecha corta fuego	Consiste en mantener abiertas las brechas corta fuego, rehabilitándolas cada año, a través de la eliminación del material combustible

- Consideraciones ecológicas

Es necesario tomar en cuenta que el predio presenta un grado de degradación que influye en su estructura y funcionalidad de la comunidad vegetal, ya que existe una diferencia considerable entre la distribución del número de individuos por especie en las arboles dominantes y los dominados, lo cual es resultado de la intervención humana. Esto también influye en el proceso de restauración, ya que la densidad de individuos a sembrar por especie depende de la densidad de individuos de las especies presentes actualmente, las cuales son diferentes al estado meta planteado en un inicio (SMQ en buen estado).

Generalmente se plantea que la densidad de individuos a sembrar debe ser de por lo menos el doble a la esperada en la etapa adulta o para este caso el doble de la presente actualmente. Sin embargo, considerando la densidad de los individuos adultos presentes en el predio (178 ind/ha estrato arbóreo) se tiene que esta es muy baja, pues con ésta, la densidad de siembra sería de 608 ind/ha. Dado que la meta es establecer características semejantes a una SMQ en buen estado la densidad de individuos considerada para la siembra fue de 1,100 ind/ha, esperando con ello tener una densidad de individuos adultos de 600 ind/ha.

Por otra parte, se ha detectado que en el predio existe un balance equilibrado entre la presencia de especies tolerantes e intolerantes a la sombra, por lo cual se buscará que los 1,100 individuos por hectárea a sembrar sean de todas las especies propuestas en una distribución equitativa, lo cual permitirá que los procesos de sucesión ecológica se lleven a cabo en igualdad de condiciones para especies tolerantes e intolerantes, sobre todo si en el establecimiento de la plantación se siembran primero las especies intolerantes. En el **Cuadro 59** se presentan los costos de restauración considerando los aspectos señalados

anteriormente un periodo de ejecución de 15 años, con el objeto de asegurar el éxito de la restauración.

Cuadro 59. Estimación de los costos de restauración.

TIPO DE ACTIVIDAD, OBRA O PRÁCTICA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD /HA (META)	HA	CANTIDAD TOTAL	COSTO PARCIAL	Total en 15 años	COSTO TOTAL
Terrazas Individuales	Pieza	5	1100	28.84	31,724	154,000	2	308,000
Apertura de cepa común	Pieza	4	1100	28.84	31,724	123,200	1	123,200
Compra de tierra vegetal, acarreo y tendido	m ³	500	550	28.84	15,400	7,700,000	1	7,700,000
Plantación	Planta	3.5	1100	28.84	30,800	107,800	1	107,800
Producción de planta de ciclo largo	Planta	8	1100	28.84	30,800	246,400	1	246,400
Transporte de planta	Planta	1	1100	28.84	30,800	30,800	1	30,800
Deshierbe manual en terrazas individuales	Planta	12	1100	28.84	30,800	369,600	1	369,600
Fertilización de hojosas	Planta	12	1100	28.84	30,800	369,600	1	369,600
Brechas corta fuego	km	4,500	0.105	28.84	2.94	13,230	1	13,230
Cercado con postes de madera	km	35,000	0.105	28.84	2.94	102,900	1	102,900
Apertura de cepa común	Pieza	4	440	28.84	12,320	49,280	3	147,840
Plantación	Planta	3	440	28.84	12,320	36,960	3	110,880
Transporte de planta	Planta	1.5	440	28.84	12,320	18,480	3	55,440
Producción de planta de ciclo largo	Planta	8	440	28.84	12,320	86,240	3	258,720
Mantenimiento Brecha corta fuego	km	4,500	0.105	28.84	2.94	13,230	15	198,450
Sub-Total						9,421,720		10,142,860
Asistencia técnica	Supervisión	1,000	1	28.84	28.84	28,840	15	432,600
TOTAL GENERAL								10,575,460

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

Bibliografía

- 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.
- 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.
- Arriaga V., M. Cervantes y Vargas A. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL-INE, UNAM. México D.F.
- 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.
- Beck (ed). 1993. Applied Karst Geology, 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.
- Berger J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhino as an umbrella species for desert herbivores. Cons. Biol. 11: 69-78.
- 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
- Caro T, O'Doherty G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. Cons. Biol. 13: 805-814.

- 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.
- Caro T (2003) Umbrella species: critique and lessons from East Africa. *Anim. Cons.* 6: 171-181.
- Caufield, C. 1982. Tropical Rainforest. Nottingham, Earthcan, 75 p. Citado en: Quevedo, 1986. La disponibilidad de oxígeno terrestre y la influencia del hombre sobre él. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, CR. 21 p.
- 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, 2012. Inventario Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Anexo VII. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volúmenes. Zapopan, Jalisco.
- CONAGUA, 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cerros y Valles, Estado de Quintana Roo, Comisión Nacional del Agua, Subgerencia Técnica.
- Conesa Fernández. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental Ediciones Mundi-Prensa.
- 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: 4° 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., McIntosh R.P. (1951) An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. *Ecology*, Vol. 32, N° 3, (Jul., 1951): 476-496. Ecological Society of America.
- 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
- 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.
- Díaz, S; Lavorel, S; Stuart Chapin, F; Tecco, PA; Gurvich, DE; Grigulist, K. 2007. Functional Diversity – at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters. In: Canadell, JG; Pataki, DE; Pitelka, LF. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Springer-Verlag, Nueva York. P. 81-91.
- 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.
- Fragoso, L. P. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Grande” municipio de Tancitaro, 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.
- 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 E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas (Mx)* [en línea] abril de 2003.
- Gómez Orea. 1999. *Evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa. 700 pp.
- 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*.
- INEGI, 2005. *Guía para la interpretación de Cartografía Geológica*.
- INEGI. 2005. *Guía para la interpretación cartográfica de uso del suelo y vegetación*. Serie III. 54-59, 70-73. INEGI, México.
- INIFAP. 2010. *Propuesta de ordenamiento productivo de las regiones áridas y semiáridas del estado de Coahuila*. INIFAP-SAGARPA. Centro de Investigación Regional Noreste.
- 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.
- Krebs, C. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers, New York.
- Li Fengli (2012) On forests’ role in protecting ecological environment. *Priv Technol* (07):2–3

- 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.
- Masera O. R., A. D. Cerón and A. Ordóñez. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. 2001. *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.
- Miranda, F. 1959. La vegetación de la Península de Yucatán, En Beltrán, E. (Editor). *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México. pp. 215-271.
- Miranda F. y Hernández X. E., 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. UNAM-ENA.
- Moncada J., P. 2007. Evaluación y perspectivas del crecimiento turístico en el caribe mexicano (Quintana Roo, México). Tesis de Doctorado. Universidad Antonio de Nebrija.
- Moreno E. C., 2000. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, México. 49 p.
- 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
- Morgan R. P. C., 1996. Erosión y conservación del suelo. Editorial Mundi-Prensa. España 341 pp.
- Navarro A. J. 2004. Introducción al diseño y análisis del muestreo de poblaciones finitas. Citado en: Bautista Z. F., H. Delfín, J. L. Palacio y M. del C. Delgado (Eds.). 2004. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Instituto Nacional de Ecología, UNAM, UADY, CONACYT. México, D.F.
- 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., A. López, R. Durán, 1983. Vegetación de Sian Ka'an. 63-83p. En: CIQROO, 1983. *Sian Ka'an, estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como Reserva de la Biosfera*. Centro de Investigaciones Científicas de Quintana Roo A.C. 215 pp.

- Orellana R. 1992. Síndromes morfológicos y funcionales de las palmas de la Península de Yucatán. Bull. Inst. fr. Études andines, 1992, Vol. 21 (2): 651-667.
- Ortiz E. y F. Carrera. 2002. Muestreo en inventarios forestales. En: Orozco L. y Brumér C. (Eds.), 2002. Inventarios forestales para los bosques latifoliados de América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 264 p.
- 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. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.
- Pope, K. O., A. C. Ocampo, G. L. Kinsland, and R. Smith. 1996. Surface expression of the Chicxulub Crater. *Geology* 24:527-530.
- 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.
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030
- Roberger y Angelstam, 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Cons. Biol.* 18: 76-85.
- Sánchez O. S., L. Mendizábal, S. Calmé. Recuperación foliar en un acahual después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica del Eden, Quintana Roo. *Foresta Veracruzana*, Vol. 8, Núm. 1. 2006, pp. 37-42. Recursos Genéticos Forestales, México.
- Sarabia, A. 1985. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. IICA. Serie Desarrollo Institucional. San José, Costa Rica. 265 p.
- SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Campeche. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México D.F. 92 p.
- 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 Yucatan Peninsula, México. Proceedings of the first multidisciplinary Conference on Sinkholes/Orlando, Florida.15-17 oct 1984.
- Tulczyk, M. S., E. Perry, Ch. E. Duller y M. Villasuso, 1993. Influence of the Holbox fracture on the karst geomorphology and hydrogeology of northern Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico.
- 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.
- Wang, T., & Li, F. 2014. Forest Indicator: Forest Area (% of Land Area). In Human Green Development Report 2014 (pp. 171-187). Springer Berlin Heidelberg.
- Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agricultural Handbook N° 537. USDA. Washington, D.C. 55 pp.
- World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p
- Yeomans W. C. (1986) Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.
- Zarco E. V. M., J.I. Valdéz, G. Ángeles, O. Castillo. Estructura y vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia, Vol 26 (1), Pag. 1-17. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Referencias electrónicas:

<http://www.spatial ecology.com>

www2.jpl.nasa.gov/srtm

<http://www.semarnat.gob.mx/sigeia>

Información cartográfica

Bezaury-Creel J.E., J. Fco. Torres, L. M. Ochoa 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

CONANP, 2014. Datos espaciales de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México contruidos 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.

Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos D15, Escala 1:1,000,000, Serie I.

Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos F1608 Escala 1: 250,000, Serie I

Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos F16011 Escala 1: 250,000, Serie I

Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación del INEGI Serie IV, escala 1:250,000.

García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1998. Climas (Clasificación de Koppen modificada por García). Escala 1:1,000,000. México.