

Representación Federal en el Estado de Quintana Roo

- I Unidad administrativa que clasifica:** Oficina de Representación de la SEMARNAT.
- II Identificación del documento:** Se elabora la versión pública de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular, con número de bitácora **23/MP-0106/02/23**.
- III Las partes o secciones clasificadas:** La parte concerniente a el RFC, el domicilio particular y el número de teléfono celular de persona física en página 8.
- IV Fundamento legal y razones:** La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia de Acceso a la Información Pública y 113, fracción I de la Ley Federal de Transparencia de Acceso a la Información Pública. Artículos séptimo fracción III y Trigésimo octavo de los Lineamientos Generales en Materia de clasificación y desclasificación de la Información, así como para la elaboración de versiones públicas. Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identifiable.
- V Fecha, número e hipervínculo al acta de la sesión de Comité donde se aprobó la versión pública.**

ACTA\_09\_2023\_SIPOT\_1T\_2023\_ART69, en la sesión celebrada el 21 de Abril del 2023.

[https://disiacosdev.semarnat.cob.mx/inaí/XXXIX/2023/SIPOACTA\\_09\\_2023\\_SIPOT\\_1T\\_2023\\_ART69.pdf](https://disiacosdev.semarnat.cob.mx/inaí/XXXIX/2023/SIPOACTA_09_2023_SIPOT_1T_2023_ART69.pdf)

**VI Firma de titular:**

Ing. Yolanda Medina Gámez.



"Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6, fracción XVI; 32, 33, 34, 35 Y 81 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia por ausencia definitiva del Titular de la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el Estado de Quintana Roo, previa designación, firma la C. Yolanda Medina Gámez, Subdelegada de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales".

\*Oficio 00239 de fecha 17 de abril de 2023.

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO  
AMBIENTAL MODALIDAD  
PARTICULAR DEL PROYECTO**

**“ZAZIL HA”**

**PROMOVIDO POR LA EMPRESA:  
INMOBILIARIA DEL ZAZIL HA SA DE  
CV**

**ELABORADO POR:  
BIOL. SERGIO RICARDO OLVERA  
GARCIA**

**FEBRERO DEL 2023**

## INDICE

<b>I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>1</b>
I.1. Datos generales del proyecto: .....	1
I.1.1 Nombre del proyecto.....	1
I.1.2 Ubicación del proyecto .....	1
I.1.3 Duración del proyecto.....	1
I.2 Datos generales del promovente .....	1
I.2.1 Nombre o razón social .....	1
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente .....	1
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal (Anexar copia certificada del poder correspondiente). .....	1
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones: .....	2
I.2.5 Nombre del responsable técnico del estudio Registro Federal de Contribuyentes o CURP. Número de Cédula Profesional.....	2
II.1 Información general del proyecto .....	2
II.1.-Naturaleza del proyecto .....	5
II.1.2 Ubicación y dimensiones del proyecto .....	5
II.1.3 Inversión requerida .....	7
II.1.4 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos .....	7
II.2 Características particulares del proyecto .....	8
II.2.1 Programa de trabajo.....	8
II.2.2 Etapa de operación y mantenimiento .....	9
II.2.3 Etapa de abandono del sitio .....	9
II.2.5 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.....	9
<b>III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO.....</b>	<b>10</b>
III.2.-Área Natural Protegida (ANP).....	38
III.3.- Planes y Programas de Desarrollo Urbano Municipales.....	39
III.4.- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.....	40
<b>IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....</b>	<b>41</b>
IV.1 INTRODUCCION .....	41
IV.1.1 Delimitación del sistema ambiental.....	41
IV.2.1 Criterios para la Delimitación del SA.....	42
IV.2.2 Delimitación del Sistema Ambiental Regional.....	42
IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA).....	44
IV.4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SA.....	45
Zona Acuática del SA.....	53
IV.5 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO ABIÓTICO DEL SA.....	55

<b>IV.5.1 Clima.</b> .....	55
a)    Temperatura y Precipitación.....	56
a)    Radiación o Incidencia Solar.....	60
b)    Fenómenos climatológicos.....	60
<b>IV.5.2 Geología y Geomorfología.</b> .....	61
<b>VI.5.3 Edafología.</b> .....	64
<b>IV.5.3 Hidroología.</b> .....	66
<b>IV.5.3.1 Hidroología Subterránea Regional.</b> .....	66
<b>IV.5.3.2 Hidroología Superficial Regional.</b> .....	69
a)    Batimetría del Sistema Lagunar Nichupté.....	72
d)    Hidrodinámica inducida por el viento .....	82
e)    Transporte de sedimentos.....	87
<b>Calidad del Agua del Sistema Lagunar Nichupté.</b> .....	88
f)    Transporte de Contaminantes (Carbajal, 2009).....	91
<b>IV.6 ASPECTOS BIÓTICOS.</b> .....	97
<b>IV.6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA EN EL SISTEMA AMBIENTAL.</b> .....	97
<b>IV.6.1.2 Descripción de la vegetación y coberturas del SA .....</b>	100
<b>IV.6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOTA DE LA PARTE ACUÁTICA DEL SA</b>	
109	
<b>IV.6.2.1 Vegetación .....</b>	109
<b>Herpetofauna:</b> .....	116
<b>Artrópodos y Cnidaria</b> .....	119
<b>IV.6.4 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.</b> .....	120
<b>IV.6.5 CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA TERRESTRE DENTRO DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO.</b> .....	122
<b>Metodología.</b> .....	122
<b>Resultados.</b> .....	122
<b>IV.6.6 CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA DE LA ZONA LAGUNAR.</b> 123	
<b>Metodología.</b> .....	123
<b>IV.6.6.1 Descripción de la vegetación acuática en el área de estudio.</b> .....	124
<b>IV.6.6.21 Descripción de la fauna acuática en el área de estudio .....</b>	126
<b>IV.7 PAISAJE.</b> .....	127
<b>IV.7.1 EVALUACIÓN DEL PAISAJE.</b> .....	132
<b>IV.8 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS.</b> .....	135
<b>IV.8.1DINÁMICA POBLACIONAL.....</b>	136
<b>IV.8.2 Migración.</b> .....	136
<b>IV.8.3 Población Económicamente Activa (PEA.)</b> .....	137
<b>IV.8.4 Vivienda.</b> .....	137
<b>IV.8.5 Aspectos urbanos.</b> .....	138
<b>IV.8.6 Equipamiento.</b> .....	140
<b>IV.8.6.1 Manejo de Residuos Sólidos.</b> .....	140
<b>IV.8.6.2 Manejo de Residuos Líquidos.</b> .....	140
<b>IV.8.7 Actividades productivas.</b> .....	141
<b>IV.8.8 Sector terciario: Turismo.</b> .....	142
<b>IV.8.9 Sector Primario: Agricultura.</b> .....	143
<b>IV.8.10 Sector Secundario: Industria.</b> .....	143

<b>IV.9 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA AMBIENTAL.....</b>	143
<b>V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....</b>	<b>146</b>
V.1.-Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales .....	147
V.1.1.-Descripción de los indicadores de impacto.....	148
V.2.-Identificación de los impactos ambientales .....	152
V.3.-Criterios de importancia para la evaluación.....	152
<b>V.4. Valoración de los impactos.....</b>	<b>154</b>
V.V.-Conclusión de la valoración de los impactos.....	163
<b>VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....</b>	<b>165</b>
VI.1.-Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental .....	165
VI.2.-Impactos residuales .....	169
<b>VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>169</b>
VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto. ....	169
VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto. ....	170
VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.....	170
VII.4. Pronóstico ambiental.....	171
VII.5. Evaluación de alternativas. ....	171
VII.3 Conclusiones.....	171
<b>VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>172</b>
VIII.1 Presentación de la información.....	172
VIII.2 Referencias Bibliográficas. ....	172
VIII.3.- Cartografía y mapas elaborados para este estudio. ....	177

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1.- Macro localización del sitio donde se ubica el proyecto ZAZIL HA.....	7
Ilustración 2.- Vinculación de las obras del proyecto ZAZIL HA con el programa de ordenamiento ecológico local del municipio de Benito Juárez Quintana Roo .....	11
Ilustración 3.- Imagen Satelital del año 1972, en la que se observa el sitio del proyecto dentro de las áreas de relleno para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún. ....	16
Ilustración 4.- Carta de vinculación del proyecto con las áreas Naturales protegidas .....	39
Ilustración 5.- Carta de PDU del Municipio de Benito Juárez Quintana Roo con las obras que componen el proyecto ZAZIL HA .....	40
Ilustración 6.- Se muestra el polígono del SA y la ubicación del proyecto .....	44

Ilustración 7.- Imagen Satelital del año 1972, en la que se observa el sitio del proyecto dentro de las áreas de relleno para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún. ....	46
Ilustración 8.- Imagen de la vegetación en Cancún entre los años 1970-1971. En el cuadro amarillo se señala la ubicación del área de estudio (Fuente: Pérez y Carrascal, 2000)....	47
Ilustración 9.- Imagen de la vegetación en Cancún entre los años 1990. El recuadro amarillo señala la ubicación del área de estudio (Fuente: Pérez y Carrascal, 2000).....	48
Ilustración 10.- En la imagen se observa la zona sureste del SA, en específico en área conocida como Punta Nizuc, en 1978.....	49
Ilustración 11.- En la imagen se observa la zona noreste del SA, en específico en área conocida como Punta Cancún, en 1970. ....	50
Ilustración 12.- En la imagen se observa el estado actual de la zona Este del SA. ....	51
Ilustración 13.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 1984 .....	52
Ilustración 14.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 1994 .....	52
Ilustración 15.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 2014 .....	53
Ilustración 16.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 2020 .....	53
Ilustración 17.- Zonificación de los subtipos climáticos registrados en el territorio del Municipio Benito Juárez, según la carta de climas. ....	56
Ilustración 18.-Climograma de la estación Cancún para el periodo 1991-2018.....	57
Ilustración 19.- Intensidad del viento en km/hr en la zona de Cancún, Quintana Roo durante el año 2004. Los valores representados son promedios diarios. ....	58
Ilustración 20.- Rosa de vientos en Cancún, Quintana Roo para el año 2004. ....	59
Ilustración 21.-Izq. Rosa de vientos. Der. Probabilidad conjunta de viento sostenido y dirección de incidencia. ....	59
Ilustración 22.- Se muestra el SA en relación en unidad fisiográficas del INEGI.....	62
Ilustración 23.- Se muestra la unidad geológica en la que se encuentra el SA y en predio del proyecto. ....	63
Ilustración 24.-Tipo de suelo presente en el SA. ....	65
Ilustración 25.- Se muestra la dirección del flujo de las aguas subterráneas en la Península de Yucatán.....	67
Ilustración 26.- Esquema de los escurrimientos subterráneos de la Península de Yucatán. ....	68
Ilustración 27.-Distribución espacial de las principales características y condiciones del acuífero subterráneo del SA y el predio del proyecto. ....	69
Ilustración 28.- Distribución espacial de las principales características y condiciones de la hidrología superficial del SA.....	70
Ilustración 29.-Batimetría del Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. Fuente: Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo. IMTA 2012. ....	71
Ilustración 30.- Sistema Lagunar Nichupté con la distribución de sus cuencas principales y lagunas.....	75
Ilustración 31.- Medición de Amonio en noviembre de 2006 por Carbajal (2009). Figura para ilustrar las dos áreas del SLN donde fueron detectados los mayores valores de contaminantes: 1) Laguna Bojórquez y 2) En la parte Noroeste a la altura de lo que es Malecón Tajamar, donde hay una importante cantidad de manantiales. Estos mismos	

patrones de distribución de contaminantes fueron obtenidos por Hernández- Terrones (2014).....	91
Ilustración 32.-. Dispersión de sustancias después de 8 días.....	92
Ilustración 33.- Dispersión de sustancias después de 45 días.....	93
Ilustración 34.- Se muestra los usos de suelo y vegetación del SA conforme a la carta del INEGI serie VI.....	98
Ilustración 35.- Carta de uso de suelo y vegetación elaborado a partir de la fotointerpretación de imágenes satélites obtenidas del software Sasplanet versión 150915. ....	99
Ilustración 36.- Se muestra de manera general la vegetación de matorral costero que se desarrolla al Este del SA. ....	100
Ilustración 37.- Se muestra de manera general el estado que guarda la vegetación de Tular. ....	101
Ilustración 38.- Vegetación asociada al Tular, en la imagen Izquierda se muestra el peten, asociado a <i>Rhizophora mangle</i> y en la imagen de la derecha se muestra mangle rojo disperso.....	102
Ilustración 39.- Se muestra de manera general las condiciones de la selva mediana. ....	104
Ilustración 40.- Se muestran parte de los elementos antrópicos, se observan los desarrollos hoteleros, vialidades y centros comerciales. Así como los muelles y atracaderos de servicios que se ubican en la parte Lagunar. ....	108
Ilustración 41.-En las imágenes se muestran algunas de las especies de algas presentes en el Sistema Lagunar Nichupté.....	113
Ilustración 42.-Se muestran algunas imágenes de las áreas ajardinadas del proyecto.....	121
Ilustración 43.- <i>Batophora oerstedii</i> . Observada en los sitios cercanos al borde del predio del proyecto. ....	125
Ilustración 44.- <i>Zona de arenales</i> .....	125
Ilustración 45.- <i>Lucania parva</i> . Observada en el punto 13 de muestreo del área de estudio. ....	126
Ilustración 46.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Norte y Este, mismo que corresponde a la zona hotelera de Cancún. ....	128
Ilustración 47.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Sur mismo que corresponde a la zona hotelera de Cancún y área lagunar Nichupté- .....	129
Ilustración 48.- En la imagen del paisaje del SA en su sección Oeste con el Ejido Alfredo V. Bonfil. ....	129
Ilustración 49.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Noreste con la zona urbana de Cancún. ....	130
Ilustración 50.- En la imagen de satélite en el que se observa de manera general los componentes del paisaje del SA. ....	131
Ilustración 51.- Se muestra una imagen panorámica del SA en dirección Oeste a Este... ..	132

## **I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **I.1. Datos generales del proyecto:**

#### **I.1.1 Nombre del proyecto**

ZAZIL HA

#### **I.1.2 Ubicación del proyecto**

El proyecto Zazil Ha se ubica en el Boulevard Kukulcán kilómetro 14 + 796 del sistema lagunar Nichupte de la Zona Hotelera de Cancún, Municipio de Benito Juárez en el Estado de Quintan Roo.

#### **I.1.3 Duración del proyecto**

El proyecto se encuentra totalmente construido por lo que fue sancionado por la Procuradura Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) emitiendo resolución número 0072/2020 (ANEXO 2) producto del procedimiento administrativo PFPA/29.3/2C.27.5/0030/2020, por lo que la duración del proyecto solo consiste en la operación y mantenimiento, requiriendo entonces la cantidad de 99 años para la operación del proyecto.

### **I.2 Datos generales del promovente**

#### **I.2.1 Nombre o razón social**

La empresa quien promueve el proyecto es la denominada INMOBILIARIA ZAZIL HA SA DE CV, constituida mediante escritura pública número Diez mil ciento diecisiete (10117) anexo 4.

#### **I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente**

IZH020419TU0 (Anexo 3)

#### **I.2.3 Nombre y cargo del representante legal (Anexar copia certificada del poder correspondiente).**

**C. Jorge Javier Sanguino Trejo**, apoderado legal de la razón social **INMOBILIARIA DEL ZAZIL HA SA DE CV** personalidad acreditada mediante la escritura Pública número Trecientos treinta y cuatro (334), ante el Licenciado Raúl Alberto Pino Navarrete, titular de la notaría pública número setenta y seis (76) de la Ciudad Mérida, Yucatán, de fecha 18 de Noviembre del 2020, se anexa escritura al presente (anexo 1).

**I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones:**

[REDACTED] Tel cel.

**I.2.5 Nombre del responsable técnico del estudio Registro Federal de Contribuyentes o CURP. Número de Cédula Profesional.**

Biol. Sergio Ricardo Olvera Garcia, con RFC: [REDACTED] y Cedula profesional: 6841007 (anexo 5)

Lic. Andres Figueroa Portela

**II.1 Información general del proyecto**

El proyecto ZAZIL HA se trata de la operación de 5 restaurantes, area de estacionamiento, areas de servicios y loby para los servicios turisticos, los cuales se distribuyen en una superficie lagunar de **10,616.4989 m2 y en una superficie terrestre de 2,669.1101** metros cuadrados de superficie terrestre, en donde se distribuyen las siguientes infraestructuras:

<b>Numero</b>	<b>Tipo de obra</b>	<b>Superficie en m2</b>
1	Edificio de servicios	<b>536</b>
2	Area del Lobby	<b>130</b>
3	Area de estacionamiento con muro de contencion	<b>428</b>
4	Andador a la laguna	<b>989</b>
5	Plataforma sobre la laguna	<b>4410</b>
6	Palapas de comensales (Restaurantes)	<b>2741</b>
7	Andador de servicios	<b>50</b>
<b>Totales</b>		<b>9284</b>

Es preciso señalar que las infraestructuras anteriormente descritas estan sancionadas por la Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente (PROFEPA) dentro de la resolucion 0072/2020 correspondiente al expediente administrativo PFPA/23.3/2C.27.2/0030-2020 (anexo 2).

A continuacion se describen de manera cualitativa las obras sancionadas por la procuraduria:

**1.-Edificios de servicios**

Ocupa un área de 536 metros cuadrados. Se encuentra construida de concreto, block y estructura de acero a doble altura.

**2.-Area de Lobby**

Deck de madera dura de la region de forma rectangular flanqueado por bardas de block y concreto en dos de sus lados con alturas de tres metros.

### **3.-Área de estacionamiento**

estacionamiento delimitada por un muro de contención de concreto y block, el cual tiene una longitud de 65 metros lineales y altura de 1.5metros.

### **4.-Andadores de la Laguna**

De madera dura de la región piloteados que conducen desde el deck de lobby hasta la laguna . Estos andadores tienen una superficie de aproximada de 989 metros cuadrados totales. Los cuales se distribuyen 275metros cuadrados dentro del área de Zona Federal, 29.00 metros cuadrados dentro del área de Terrenos Ganados a la Laguna y los 675metros cuadrados restantes sobre el área lagunar.

### **5.-Plataforma de madera en el área lagunar**

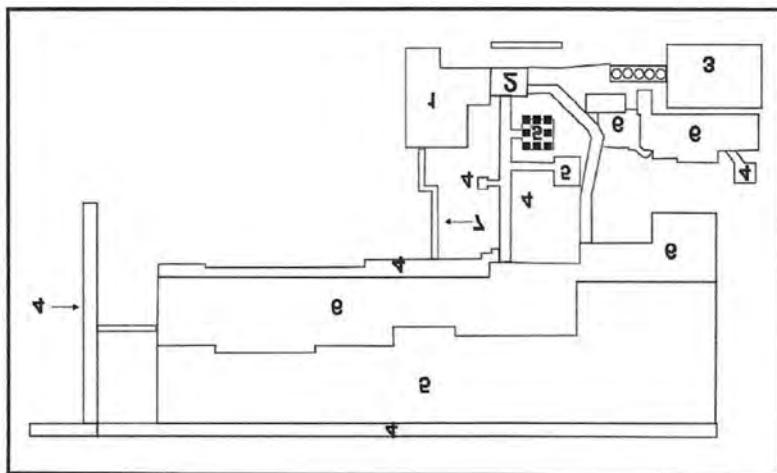
Construido con una plataforma de madera dura de la región 4,410 metros cuadrados soportada con postes de madera dura, unidos con vigas y tráves de acero. Esta plataforma de encuentra cubierta por deck de madera.

### **6.-Edificios de comensales**

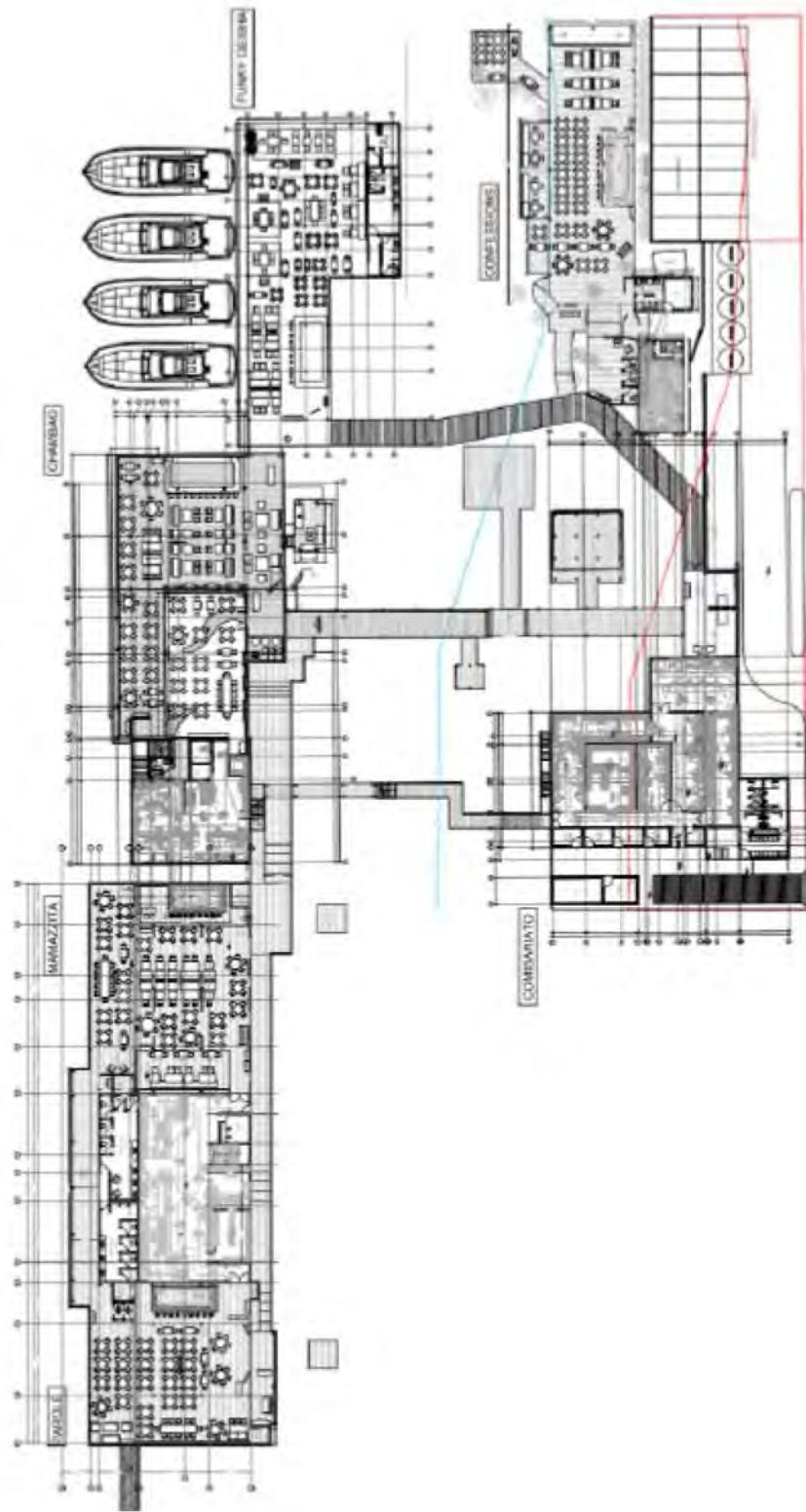
Estos edificios estan construid en su totalidad por madera dura de la region inyectando pilotes de madera dura de zapote de sección de 25 cm con una distancia máxima de 3 m entre ellos en el fondo lacustre con el opiso en forma de deck.

### **7.-Andador de servicio**

De madera dura de la región piloteado que conduce desde el edificio de servicios hacia el edificio de comensales en la laguna. Este andador tiene una longitud de aproximadamente 25 metros lineales y un ancho de aproximadamente 2 metros, con 50 metros cuadrados totales. Cabe aclarar que 15 metros cuadrados se ubican dentro del área de Zona Federal y los 37 metros cuadrados restantes sobre el área lagunar.



A continuacion se presentan un plano de la distribucion de las estructuras anteriormente descritas a efecto de que esta autoridad las dimensione.



## **II.1.-Naturaleza del proyecto**

El proyecto ZAZIL HA se trata de la operación de 5 restaurantes, área de estacionamiento, áreas de servicios y lobby para los servicios turísticos, los cuales se distribuyan en una superficie lagunar de **10,616.4989 m<sup>2</sup>** y en una superficie terrestre de 2,669.1101 metros cuadrados de superficie terrestre, en donde se distribuyen las siguientes infraestructuras:

<b>Numero</b>	<b>Tipo de obra</b>	<b>Superficie en m<sup>2</sup></b>
1	Edificio de servicios	<b>536</b>
2	Área del Lobby	<b>130</b>
3	Área de estacionamiento con muro de contención	<b>428</b>
4	Andador a la laguna	<b>989</b>
5	Plataforma sobre la laguna	<b>4410</b>
6	Palapas de comensales (Restaurantes)	<b>2741</b>
7	Andador de servicios	<b>50</b>
<b>Totales</b>		<b>9284</b>

Es preciso señalar que las infraestructuras anteriormente descritas están sancionadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) dentro de la resolución 0072/2020 correspondiente al expediente administrativo PFPA/23.3/2C.27.2/0030-2020 (anexo 2):

## **II.1.2 Ubicación y dimensiones del proyecto**

El proyecto ZAZIL HA se ubica en el Boulevard Kukulcán kilómetro 14 + 796 del sistema lagunar Nichupte de la Zona Hotelera de Cancún, Municipio de Benito Juárez en el Estado de Quintana Roo.

A continuación se presentan las coordenadas del polígono donde se ubican todas las obras que corresponden al proyecto ZAZIL HA:

Superficie total del área lagunar del proyecto: **10,616.4989 m<sup>2</sup>**

Cuadro 1. Coordenada UTM de la poligonal del proyecto en el área lagunar.

Vértices	X	Y
V1	523,490.15	2,331,791.29
V2	523,488.60	2,331,783.23
V3	523,487.49	2,331,780.57
V4	523,479.11	2,331,760.54
V5	523,458.41	2,331,733.23
V6	523,453.89	2,331,720.50

V7	523,453.13	2,331,718.35
V8	523,452.06	2,331,715.35
V9	523,449.25	2,331,707.43
V10	523,439.23	2,331,690.21
V11	523,431.86	2,331,660.51
V12	523,422.98	2,331,634.23
V13	523,395.00	2,331,646.00
V14	523,394.17	2,331,643.51
V15	523,392.00	2,331,644.00
V16	523,393.00	2,331,647.00
V17	523,372.00	2,331,655.00
V18	523,362.00	2,331,627.00
V19	523,359.00	2,331,628.00
V20	523,422.61	2,331,814.55
V21	523,490.15	2,331,791.29

Superficie total de la zona terrestre del proyecto: 2,669.1101 m<sup>2</sup>

Cuadro 2. Coordenada UTM de la poligonal del proyecto en el área terrestre

Vértices	X	Y
V1	523,453.89	2,331,720.50
V2	523,458.41	2,331,733.23
V3	523,479.11	2,331,760.54
V4	523,487.49	2,331,780.57
V5	523,488.60	2,331,783.23
V6	523,490.15	2,331,791.29
V7	523,490.39	2,331,792.57
V8	523,491.56	2,331,798.63
V9	523,510.67	2,331,792.08
V10	523,517.73	2,331,789.66
V11	523,489.97	2,331,707.01
V12	523,453.89	2,331,720.50

A continuación se presenta el plano de la ubicación espacial donde se ejecutó el proyecto:

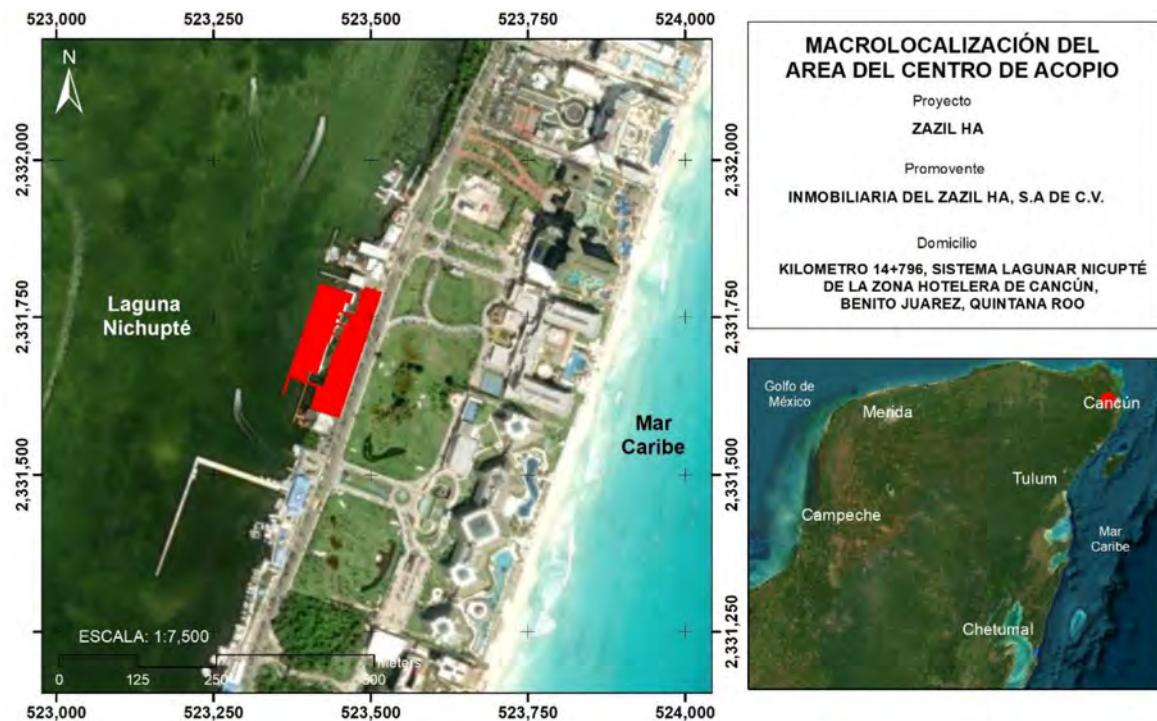


Ilustración 1.- Macro localización del sitio donde se ubica el proyecto ZAZIL HA

### **II.1.3 Inversión requerida**

Monto de inversión para la construcción de todas las obras descritas fue de 18,128,000.00 (dieciocho millones ciento veinte ocho mil pesos M/N) desde la preparación del sitio y construcción.

Monto de inversión para la operación y mantenimiento 250,000.00 (doscientos cincuenta mil pesos M/N) Mensuales.

### **II.1.4 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos**

Para el acceso al sitio donde se desarrolla el proyecto ZAZIL HA es por la avenida Kukulkan, el sitio cuenta con todos los servicios de agua potable y alcantarillado así como servicios de luz eléctrica.

El complejo se encuentra conectado a la red sanitaria municipal y los desechos producto del uso de sanitarios se bombean a través de cárcamos a un cárcamo colector general.

Las aguas servidas producto de cocinas se recolectarán en un cárcamo siendo previamente desgrasadas y bombeadas a la red de drenaje operada por la comisión de alcantarillado

Las instalaciones Hidrosanitarias se realizarán de acuerdo a las normas vigentes, llevando el agua potable de la red de CAPA a una cisterna, y de ahí enviándola al servicio.

La energía eléctrica se suministrará a través de la red de CFE, siendo esta en media tensión, se transformará en sitio a baja tensión mediante un transformador de pedestal de uso privado

## **II.2 Características particulares del proyecto**

El proyecto ZAZIL HA se trata de la operación de 5 restaurantes, area de estacionamiento, areas de servicios y loby para los servicios turísticos de la localidad de cancun, las cuales suman una superficie total de 9,284.00 metros cuadrados distribuidos de la siguiente manera; dentro de la Zona Federal Lagunar una superficie de 1287 metros cuadrados, en los Terrenos Ganados a la laguna una superficie de construccion de 705.00 metros cuadrados y en el area lagunar una superficie de 7,292.00 metros cuadrados, dentro de los metros cuadrados de construccion anteriormente descrito estos se distribuyen de la siguiente manera e acuerdo a la resolucion 0072/2020 emitida por la Procuraduria Federal de Protección al Ambiente notivo del expediente administrativo PFPA/23.3/2C.27.2/0030-2020 (anexo 2):

<b>Numero</b>	<b>Tipo de obra</b>	<b>Superficie en m2</b>
1	Edificio de servicios	<b>536</b>
2	Area del Lobby	<b>130</b>
3	Area de estacionamiento con muro de contencion	<b>428</b>
4	Andador a la laguna	<b>989</b>
5	Plataforma sobre la laguna	<b>4410</b>
6	Palapas de comensales (Restaurantes)	<b>2741</b>
7	Andador de servicios	<b>50</b>
<b>Totales</b>		<b>9284</b>

### **II.2.1 Programa de trabajo**

Tal y como se ha venido señalando el proyecto se somete a evaluacion para la operación del 5 restaurantes edificios de servicios loby area de estacionamiento entre otros los cuales fueron construidos previamente y sancionados por la Procuraduria Federal de Protección al Ambiente, por lo tanto el trabajo a realizar es de operación y mantenimiento, lo que se pretenden realizar durante un periodo de **50 años dentro de los cuales periódicamente se dará mantenimiento de limpieza**

**y en su caso sustitucion de tablas en el caso de las palapas de comensales de manera mensual, se anexa al presente el plan de manejo de residuos.**

#### **II.2.2 Etapa de operación y mantenimiento**

Durante la etapa de operación y mantenimiento se llevaran a cabo actividades de mantenimiento preventivo y correctivo como se describe a continuación:

Cada fin de mes se realizará recorrido visual a todas las áreas que componen el proyecto con la intención de detectar posibles descomposturas o averías a efecto de poder repararlas a la brevedad.

#### **II.2.3 Etapa de abandono del sitio**

El proyecto no contempla la etapa de abandono ya que se trata de 5 restaurantes dentro de la Zona Hotelera de Cancún para visitantes de la localidad y extranjeros, sin embargo en caso de abandono se presentará un programa correspondiente.

#### **II.2.4 Utilización de explosivos**

En ninguna etapa del proyecto se pretende la utilización de explosivos, ya que se trata de la operación de 5 restaurantes y infraestructuras para la operación de los mismos.

#### **II.2.5 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera**

##### Etapa de preparación y construcción:

###### **Residuos sólidos.**

Los residuos sólidos generados fueron clasificados de acuerdo con lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo, esta medida fue adoptada durante la preparación y construcción del proyecto.

Fueron almacenados en un área de acopio provisional, separados de manera reciclable y no reciclable, para posteriormente entregarlos al relleno sanitario del Municipio de Benito Juárez.

###### **Residuos Líquidos no Peligrosos.**

El manejo de las aguas residuales en la etapa de preparación del sitio y construcción fueron confinadas en baños portátiles rentados a empresas con los permisos correspondientes ante la autoridad que así lo requiera, los baños fueron a razón de uno por cada diez trabajadores.

A dichos baños se les realizaron mantenimiento periódicamente, a efecto de mantenerlos en buen estado. Estas aguas fueron retiradas del sitio por una empresa especializada que las confinará en una planta de tratamiento para su manejo y disposición final. Con esto se evitó la micción y defecación al aire libre.

Ya en la etapa de operación del proyecto, las aguas residuales son canalizadas a la red sanitaria de la localidad de cancun, en el Municipio de Benito Juarez.

### **Emisiones a la atmosfera**

Durante la operación del proyecto no se pretende generación de emisiones a la atmósfera a gran escala, pues solo serán del gas natural que se utilizara para la cocinar los alimentos que se venderán en los restaurantes.

## **III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO**

### **III.1.- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez**

De acuerdo con el Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (POEL-BJ), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014; el predio del proyecto, se ubica dentro de la UGA 21 “Zona urbana de Cancún” (Ilustración 2).

Lo descrito anteriormente se evidencia en el siguiente plano representativo;

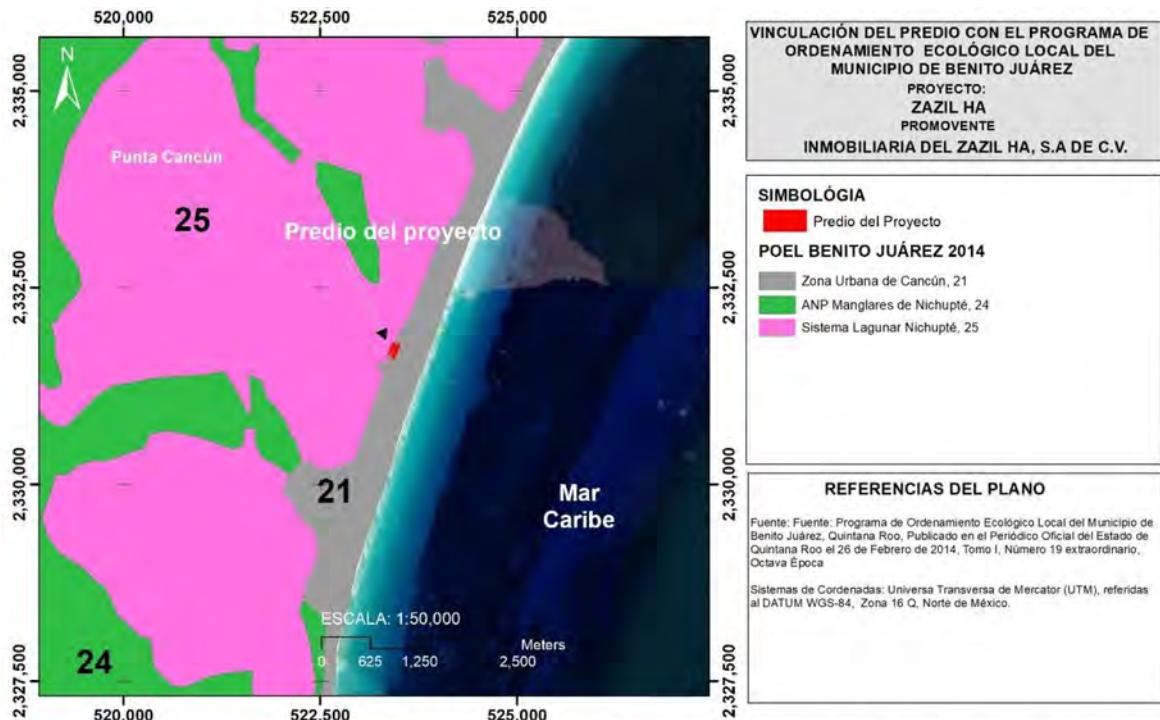
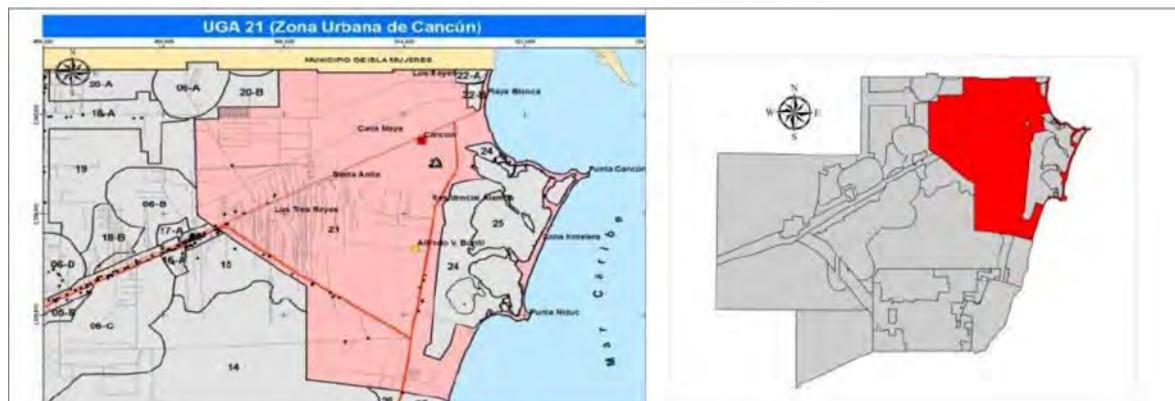


Ilustración 2.- Vinculación de las obras del proyecto ZAZIL HA con el programa de ordenamiento ecológico local del municipio de Benito Juárez Quintana Roo

La UGA 21 cuenta con los siguientes lineamientos:



#### Criterios de Delimitación:

Esta UGA se delimitó con base en la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez (PMDUSBJ), el cual ha sido aprobado por el H. Cabildo Municipal y publicado en la Gaceta Municipal el 26 de diciembre de 2012 y en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 8 de marzo de 2013.

#### Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo:

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%		
ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.40		
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,666.56	27.67		
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,241.10	15.00		
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.58		
SV	Sin Vegetación Aparente	2,302.20	6.59		
AH	Asentamiento Humano	2,108.27	6.03		
Ma	Manglar	1,023.16	2.93		
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	693.00	1.98		
GR	Mangle Chaparro y graminoides	363.84	1.04		
CA	Cuerpo de Agua	156.52	0.45		
TU	Tular	76.68	0.22		
MT	Matorral Costero	36.18	0.10		
<b>TOTAL</b>		<b>34,937.17</b>	<b>100.00</b>		
<b>% de UGA que posee vegetación en buen estado de conservación:</b> 10.92 %		<b>Superficie de la UGA con importancia para la recarga de acuíferos:</b> 56.54 %			
<p><b>Objetivo de la UGA:</b>            Regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro.</p>					
<p><b>Problemática General:</b>            Presión de los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; Expansión de la mancha urbana fuera de los centros de población; Presión y riesgo de contaminación al acuífero por la expansión urbana y falta de servicios básicos; Incremento en la incidencia y de Incendios Forestales; Carencia de servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos; Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental; Necesidades de infraestructura en zonas urbanas de Cancún; Cambios de Uso de Suelo no autorizados.</p>					
<p><b>Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes):</b>            Según INEGI (2010), esta UGA cuenta con 29 localidades, siendo las dos principales Cancún y Alfredo V. Bonfil. La población total de la UGA es de 643,577 habitantes, aunque fuentes paralelas indican que la población total de la ciudad es de poco más de 800,000 habitantes.</p>					
<p>La red carretera abarca un total de 462.52 km, en su mayoría de caminos pavimentados.</p>					
<p><b>Lineamientos Ecológicos:</b>            Se contiene el crecimiento urbano dentro de los límites del centro de población, propiciando una ocupación compacta y eficiente del suelo urbano de tal manera</p>					

que las reservas de crecimiento se ocupen hasta obtener niveles de saturación mayores al 70% de acuerdo a los plazos establecidos en el programa de desarrollo urbano de la ciudad de Cancún, para disminuir la tasa de deterioro de los recursos naturales.

Las autoridades competentes deben propiciar que el crecimiento urbano sea ordenado y compacto y estableciendo al menos 12 m<sup>2</sup> de áreas verdes accesibles por habitante, acorde a la normatividad vigente en la materia.

Las autoridades competentes deben propiciar el tratamiento del 100 % de las aguas residuales domésticas, así como la gestión integral de la totalidad de los residuos sólidos generados en esta localidad.

**Recursos y Procesos Prioritarios:** Suelo, Cobertura vegetal

**Parámetros de aprovechamiento:**

Sujeto a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano vigente.

**Usos Compatibles:**

Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.

**Usos Incompatibles:** Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.

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

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

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

#### **Vinculación con los criterios generales:**

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

**Análisis:** Dada la naturaleza del proyecto, no se contempla el uso de plantas de cultivos, ya que se trata de la operación de los 5 restaurantes, en el caso que se requiera aplicar tratamientos de plagas y enfermedades, se dará cumplimiento a lo establecido en el presente criterio y sólo se utilizarán productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes preferentemente orgánicos que estén publicados en el catálogo de la CICOPLAFEST.

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

**Análisis:** El proyecto no contempla el uso de agroquímicos de manera rutinaria ni intensiva; por lo tanto, no es aplicable este criterio.

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

**Análisis:** Gran parte del proyecto se ubica dentro de la laguna por lo que la vegetación que se ubica en la zona terrestre permanecerá tal y como se encuentra actualmente, cuidando en todo momento no afectar más de lo que ya está construido

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

**Análisis:** El proyecto cuenta con el drenaje sanitario que estará construido de manera independiente al drenaje pluvial; por lo que el drenaje sanitario, está conectado a la red hidráulica del Municipio de Benito Juárez, ya que se ubica dentro de la Zona Hotelera de la localidad de Cancún.

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

**Análisis:**

El Artículo 132 de la LEEPAQROO, establece lo siguiente:

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

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

La mayor parte del proyecto se ubica dentro del area lagunar por lo que no se incumple con dicho criterio pues el agua pluvial cae dentro del area laguna que de por si ya es permeable.

CG-06	<i>Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en “áreas sin vegetación aparente” y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</i>
-------	---

**Análisis:** El proyecto se desarollo dentro de una zona urbana denominada zona hotelera de cancun la cual ha estado fragmentada desde hace mas de años por actividades antropogenidas, para el establecimeitno de hoteles, vialidades y demás actividades turísticas a efecto de acreditar lo desxrito anteriormente se presentan fotografias antiguas de lo señalado anteriormente:

En la Figura siguiente del año de 1972, se puede apreciar con claridad en la parte norte del SA e inclusive en el sitio del proyecto, se aprecian el relleno con material pétreo para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún. En esta área misma que corresponde a la zona conocida como Punta Cancún, no se aprecia vegetación densa en grandes extensiones de acuerdo con la tonalidad de grises de la imagen.

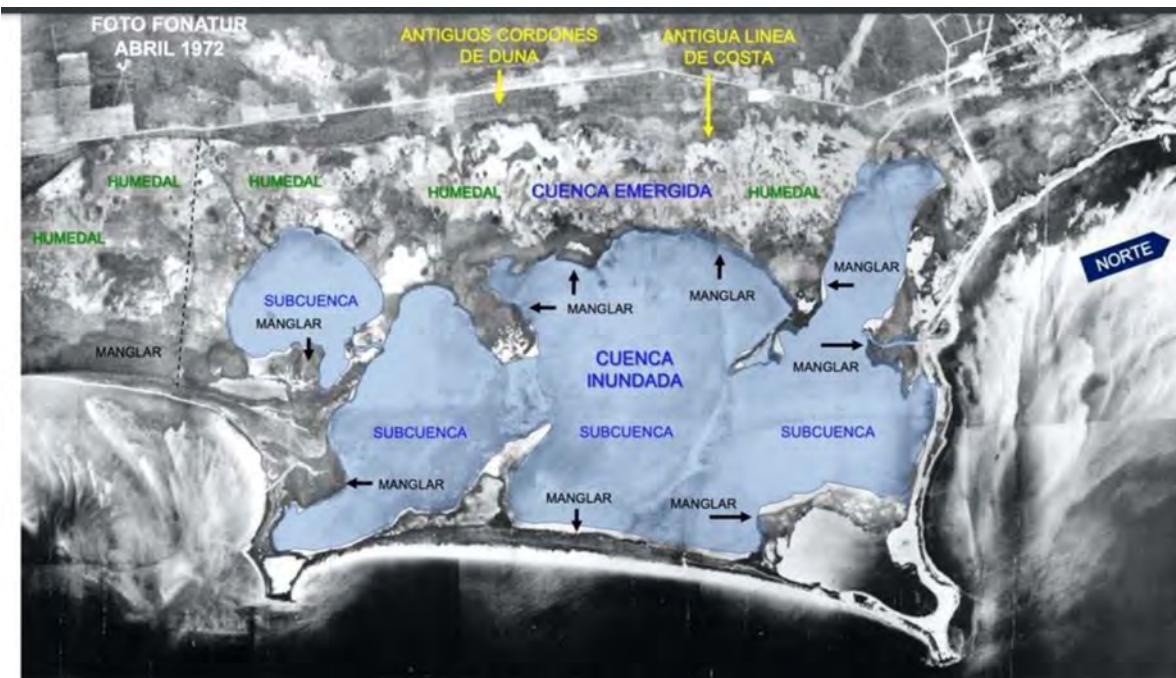


Ilustración 3.- Imagen Satelital del año 1972, en la que se observa el sitio del proyecto dentro de las áreas de relleno para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún.

**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.*

**Análisis:** El proyecto se desarrolló dentro de la zona urbana considerada por el municipio de Benito Jarez, denominada zona hotelera de cancun.

**CG-08**

*Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.*

**Análisis:** No se pretenden realizar actividades de construcción si no la operación de las obras ya existentes y sancionadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

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

**Análisis:** El proyecto se ubica dentro de la UGA 21 “Zona urbana de Cancún”, la cual se distingue por ser una unidad de gestión ambiental urbana; por lo tanto, el proyecto queda exceptuado de la aplicación del presente criterio.

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

**Análisis:** El proyecto no pretende la apertura de nuevos caminos, por lo que no es aplicable el presente criterio

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

**Análisis:** El proyecto no pretende el desmonte de vegetación sin embargo la UGA 21 en la que se circumscribe el proyecto, no tiene asignado un porcentaje de desmonte máximo.

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

**Análisis:** El proyecto no pretende el desmonte de vegetación sin embargo tanto en el POEL de Benito Juárez, como en el PDU de Cancún, no se indican porcentajes de desmonte para los usos de suelo aplicables al predio del proyecto, por lo que este criterio no es aplicable.

**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.*

**Análisis:** El proyecto no pretende el desmonte de ningun tipo de vegetacion por lo que no afectara a la flora existente en las areas aledañas por lo que no es factible realizar ningun tipo de rescate.

**CG-14**

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

**Análisis:** El proyecto no pretende el desmonte de ningun tipo de vegetacion por lo que no afectara a la flora existente en las areas aledañas, sin embargo tanto en el POEL de Benito Juárez, como en el PDU de Cancún, no se indican porcentajes de desmonte para los usos de suelo aplicables al predio del proyecto, por lo que este criterio no es aplicable.

**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 procedimiento que no permitan su regeneración y/o propagación.*

**Análisis:** De acuerdo con el inventario florístico realizado al interior del predio del proyecto, no se registraron especies consideradas como exóticas según la CONABIO y de acuerdo a la señalado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

**CG-16**

*La introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero”.*

**Análisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con la introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*); por lo que este criterio sólo se considera de carácter informativo.

CG-17	<p><i>Sólo se permite el manejo de especies exóticas cuando:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA.</i></li> <li>2. <i>La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua,</i></li> <li>3. <i>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.</i></li> <li>4. <i>Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural.</i></li> <li>5. <i>Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.</i></li> </ol>
-------	--

**Ánálisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con el manejo de especies exóticas, por lo que este criterio no es aplicable.

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

**Ánálisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con la acuicultura, por lo que este criterio no es aplicable.

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

**Ánálisis:** El proyecto se ubica a la orilla de la avenida Kukulkan por lo que no requiere con acceso controlado.

CG-20	<p><i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i></p>
-------	--

**Ánálisis:** No se pretenden realizar actividades de construcción si no la operación de las obras ya existentes y sancionadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, por lo que las obras dentro de la zona lagunar no se verán afectadas.

CG-21	<p><i>Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.</i></p>
-------	---

**Análisis:** En la superficie de aprovechamiento proyectada, no se registró la existencia de vestigios arqueológicos, por lo que este criterio no es aplicable.

**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.*

**Análisis:** El proyecto no se llevará a cabo sobre derechos de vía de tendidos de energía eléctrica de ningún tipo, por lo que este criterio no es aplicable.

**CG-23**

*La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos externos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.*

**Análisis:** Toda la instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación es subterránea y es porporcionada por la Comision Federal de Electricidad.

**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.*

**Análisis:** El proyecto no implica la construcción de caminos ni carreteras, por lo que este criterio no es aplicable.

**CG-25**

*En ningún caso la estructura o cimentación deberán interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.*

**Análisis:** El proyecto se encuentra acentado en un lugar previamente impactado desde los años de 1972 de acuerdo a las imágenes satelitales encontradas, por lo que no se afecto la hidrodinamica.

**CG-26**

*De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben:*

*A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores.*

*B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros).*

	<p>C. Establecer las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte disposición final de los residuos sólidos generados.</p> <p>D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.</p>
--	--

**Análisis:** El proyecto no requiere la instalación de campamentos de construcción o de apoyo, pues sólo se contrata a gente con residencia en la ciudad de Cancún, y en ese sentido no se requiere la pernocta dentro de la obra.

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

**Análisis:** El proyecto no implica la construcción de sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos, por lo que este criterio no es aplicable.

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

**Análisis:** El proyecto para la operación no generará derivados de obra por lo que actualmente no es aplicable el presente criterio al proyecto.

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

**Análisis:** Durante la operación del proyecto los residuos sólidos urbanos generados serán entregados al servicio público del Municipio de Benito Juárez, pues este proyecto se ubica dentro de la zona urbana de la localidad de Cancún.

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

**Análisis:** No serán generados desechos biológico-infecciosos, por lo que este criterio no es aplicable.

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

**Ánalisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no se trata de alguna actividad relacionada con sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos.

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

**Ánalisis:** No se tiene contemplada la quema de basura, su entierro o disposición, sea temporal o final, a cielo abierto; los residuos sólidos urbanos que se generen, serán entregados al servicio de recolección de basura Municipal, o en su caso, serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún.

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

**Ánalisis:** El proyecto cuenta con un area de acopio de residuos solidos urbanos para posteriormente el area de recoleccion del Municipio de Benito Juarez recolectarlos y llevarlos al relleno sanitario.

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

**Ánalisis:** Para la operación del proyecto no se requerira de ningun tipo de material señalado en el criterio anterior, sin embargo en caso de que se requiera cualquiera de los materiales enlistados, serán adquiridos en establecimientos o bancos de materiales autorizados para tal efecto; situación que podrá comprobarse con la factura que al respecto se emita.

CG-35	<i>En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e</i>
-------	--

	<i>infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.</i>
--	--

**Ánálisis:** En ninguna etapa del proyecto se pretende realizar actividades de remoción de vegetación.

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

**Ánálisis:** La naturaleza del proyecto no es congruente con alguna actividad relacionada con actividades agrícolas, pecuarias o forestales.

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

**Ánálisis:** El proyecto que se propone es para la operación de restaurantes y amenidades, actividades que no contemplan actividades de remoción de vegetación.

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

**Ánálisis:** Este criterio no es aplicable, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto.

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

**Ánálisis:** La UGA 21 no tiene asignado un porcentaje de desmonte máximo, por lo que este criterio no es aplicable, aunado a que las actividades que se someten a

consideración de esta autoridad son para operación no para realizar actividades de desmonte.

#### **Vinculación con los criterios de regulación ecológica de carácter específico:**

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

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

URB-01	<i>En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promotores de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.</i>
URB-02	<i>A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a personas físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias.</i>
URB-03	<i>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.</i>

**Análisis:** Se cuenta con el servicio de drenaje sanitario en la zona, por lo que el proyecto se conectará a dicha red municipal; y en ese sentido no requiere la construcción u operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

URB-04	<i>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.</i>
--------	--

**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no tiene relación con sistemas de producción agrícola.

URB-05	<i>En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran 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.</i>
--------	--

**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no tiene relación con campos de golf.

URB-06	<i>Los proyectos de campos deportivos y/o de 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.</i>
--------	--

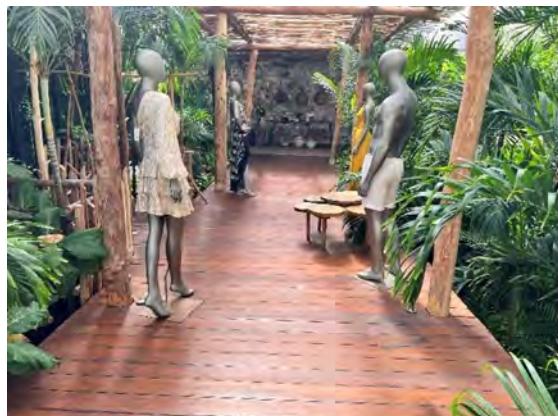
**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no tiene relación con campos de golf, ni desarrollos turísticos.

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

**Análisis:** El proyecto contará con el servicio de conexión a la red municipal de drenaje, por lo que no se dispondrán las aguas residuales hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o subsuelo.

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

**Análisis:** El proyecto contempla el establecimiento de áreas verdes de uso común y áreas ajardinadas tal y como se aprecian en las siguientes fotografías:



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 y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.*

**Análisis:** El proyecto se encuentra colindante a la laguna y sobre de ella por lo que existen vegetación característica del sitio colindante al proyecto así como camellones que dividen la avenida kukulcan.

**URB-10**

*Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, augurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.*

**Análisis:** Una parte se ubica dentro del área lagunar, sin embargo no se desmontó ninguna especie para la colocación de las infraestructuras por lo que la vegetación que existe en la laguna sigue en pie.

**URB-11**

*Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.*

**Análisis:** A continuación, se indican las tecnologías a emplear para el ahorro y uso eficiente del agua.

- Se instalaron inodoros con cisternas de doble pulsador, los cuales permiten dos niveles de descarga de agua. Cada uno de los pulsadores descarga un volumen determinado de agua, siendo las combinaciones más comunes las de 3 y 6 litros. Si necesita evacuar residuos líquidos puede descargar 3 litros de agua y si son sólidos, 6 litros.
- Se instalaron fluxómetros de sensor que descargan máximo 4,8 litros.
- Se instalaron regaderas con reducción del caudal a 10 litros por minuto (a 3 bar de presión). Este caudal garantiza un servicio adecuado y se aleja bastante de los 20 litros que, a esta misma presión, ofrecen muchos cabezales de regaderas tradicionales.
- Revisión anual de aljibes para verificar inexistencia de grietas y sellado de válvulas.
- Instalación de boyas de nivel y electroválvula para control de llenado de aljibes.
- Revisión anual de acumuladores de agua.
- Control de lecturas diarias de diferentes contadores.
- Revisión frecuentes de instalaciones y suprimir existencia de fugas.
- Programa de riego nocturno por medio de la instalación de sistemas de aspersión para riego en áreas ajardinadas.

**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.*

**Análisis:** No se instalarán plantas de tratamiento, por lo que este criterio no es aplicable.

**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.*

**Análisis:** El drenaje pluvial del proyecto estará dispuesto en las azoteas de las infraestructuras, desde donde será captada el agua de lluvia. El desagüe de las azoteas contará con un sistema de rejillas para filtrar el agua y separar los sólidos no disueltos. Dado que el drenaje pluvial es de azotea, no se prevé la presencia de grasas, pues no existen fuentes generadoras de estos residuos en dichos espacios.

**URB-14**

*Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.*

**Análisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no se trata de un crematorio.

**URB-15**

*Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y pisos de las fosas, con el fin de evitar contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.*

**Análisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no se trata de un cementerio.

**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 menor de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe.*

**Análisis:** Se tomara en consideracion el presente criterio sin embargo el proyecto colinda con una vialidad y el area lagunar por lo que en caso de huracanes solo se prevee el desalojo del mismo con la intencion de no afectar mas la zona.

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

**Ánálisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no contempla el aprovechamiento de recursos biológicos forestales, generados por árboles urbanos.

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

**Ánálisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no se contempla la explotación de bancos de materiales.

URB-20	<i>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.</i>
--------	---

**Ánálisis:** No se registraron cenotes, rejolladas, cuevas ni cavernas al interior del predio del proyecto.

URB-21	<i>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.</i>
--------	--

**Ánálisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no tiene relación alguna con bancos de materiales.

URB-22	<i>Para evitar la contaminación del suelo y subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.</i>
URB-23	<i>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.</i>

**Ánálisis:** Ambos criterios no son congruentes con las características del proyecto, toda vez que no tiene relación alguna con actividades de extracción de materiales pétreos.

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

**Ánálisis:** Se ejecutará un plan de manejo de residuos sólidos y líquidos, mismo que incluye acciones para el manejo, almacenamiento temporal y disposición final de los distintos residuos que se generen durante el desarrollo del proyecto.

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

**Ánálisis:** El proyecto no se trata de un fraccionamiento habitacional si no de la operación de 5 restaurantes.

URB-26	<i>En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar de 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.</i>
--------	--

**Análisis:** El proyecto completo se encuentra pilotado por lo que el área de desplante es menor y se evita la sensación térmica, lo descrito anteriormente se evidencia con las siguientes fotografías:



**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.*

**Análisis:** No se prevé la construcción de obras de equipamiento dentro de las áreas verdes del proyecto, por lo que este criterio no es aplicable.

**URB-28**

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

**Análisis:** El proyecto no se pretende realizar en espacios excavados de sascaberas en desuso.

**URB-29**

*En la construcción de fraccionamientos dentro de áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados, deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia.*

**Análisis:** El proyecto no se trata de la construcción de fraccionamientos si no de la operación de restaurantes y amenidades.

**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*

	<i>promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.</i>
--	--

**Análisis:** Gran parte del proyecto se ubica dentro del área lagunar sin embargo se conserva la vegetación colindante a las estructuras por lo que el proyecto se construye donde previamente estaba impactado.

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

**Análisis:** El predio no colinda con áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua.

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

**Análisis:** Las áreas que se destinen a espacios públicos ajardinados, respetarán este criterio preservando el 50% de su superficie con vegetación natural y manteniendo todos los árboles nativos con DAP mayores a 15 cm, en caso de que estos existan.

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

**Análisis:** El presente criterio no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que este no colinda con zonas industriales y centrales de abasto.

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

**Análisis:** El proyecto no contempla la eliminación de cobertura vegetal por lo que el presente criterio no le es aplicable.

**URB-35**

*No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.*

**ANÁLISIS:** El proyecto no contempla introducir o liberar fauna exótica, por lo tanto, este criterio no es aplicable.

**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.*

**ANÁLISIS:** El proyecto colinda con especies de manglar las cuales permaneceran en pie y no se maltrataran en ningun momento

**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.*

**ANÁLISIS:** En el predio del proyecto no se ubica dentro de reservas territoriales para el desarrollo urbano, por lo que este criterio no es aplicable.

**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.*

**ANÁLISIS:** El proyecto colinda con una vialidad denominada kukulkan la cual cuenta con un camello en cual permanecera tal y como se encuentra a la fecha.

	<p><i>Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación.</i></p>
URB-39	<p><i>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.</i></p>
URB-40	<p><i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i></p>
URB-41	<p><i>Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp</i>, entre otros.</i></p>

**Análisis:** El predio no colinda con Areas naturales protegidas, sin embargo colinda con algunos arboles de manglar los cuales permaneceran tal y como se encuentran.

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

**Análisis:** El proyecto se ubica dentro de la zona hotelera de cancun y las areas ajardinadas con als que cuenta estan a la luz publica y siempre estan vigiladas para evitar en todo momento la contaminacion por *residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismos al aire libre*.

URB-44	<p><i>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.</i></p>
--------	--

**Análisis:** El proyecto que se ejecuto es congruente con el tipo de usos de suelo del sitio, asi como de la zona federal maritimo terrestre, con la cual se cuneta concesion.

**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.*

**Análisis:** Se dará cumplimiento al presente criterio en caso de que las autoridades competentes designen la realización de actividades de reforestación como parte del desarrollo del proyecto, utilizando de manera prioritaria especies nativas acorde al ambiente donde se desarrollará el proyecto.

**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.*

**Análisis:** El proyecto no consiste en una actividad relacionada con la industria concretera o similar, por lo que este criterio no es aplicable.

**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.*

**Análisis:** Dentro del predio colinda y se ubica dentro de zona federal marítimo terrestre por lo que se tiene libre acceso a las instalaciones que comprenden el proyecto

**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.*

**Análisis:** Las áreas del proyecto que se destinarán a áreas verdes y jardines, mantendrán en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original (en caso de que esta exista), a fin de dar cumplimiento a lo requerido en este criterio.

URB-49	<i>Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colindan con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías.</i>
--------	---

**Ánálisis:** La ubicación del proyecto no se encuentra en un predio colindante con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, por lo que este criterio no es aplicable.

URB-50	<i>Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: plantas rastreras: <i>Ipomea pes-caprae</i>, <i>Sesuvium portulacastrum</i>, herbáceas: <i>Ageratum littorale</i>, <i>Erythalis fruticosa</i> y arbustos: <i>Tournefortia gnaphalodes</i>, <i>Suriana maritima</i> y <i>Coccoloba uvifera</i> y Palmas <i>Thrinax radiata</i>, <i>Coccothrinax readii</i>.</i>
URB-51	<i>La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años.</li> <li>• Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a las dunas.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas.</li> </ul>

**Ánálisis:** La ubicación del proyecto, no se encuentra en una zona de dunas ni se pretende la reforestación de estos ecosistemas, por lo que estos criterios no son aplicables.

URB-52	<i>En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.</li> <li>• Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.</li> <li>• Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto móvil que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.</li> </ul>
--------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.</i></li> <li>• <i>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:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.</i></li> <li><i>b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.</i></li> <li><i>c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión.</i></li> </ol> </li> <li>• <i>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.</i></li> </ul>
--	---

**Análisis:** La ubicación del proyecto no se encuentra en un predio colindante con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, por lo que este criterio no es aplicable.

URB-53	<p><i>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.</i></p>
URB-54	<p><i>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.</i></p>
URB-55	<p><i>La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).</i></p>
URB-56	<p><i>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.</i></p> <p><i>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</i></p>

**URB-56** *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.*

**Análisis:** La ubicación del proyecto no se encuentra en una zona de dunas, por lo que estos criterios no son aplicables.

**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 llenar. 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 material se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.*

**Análisis:** El proyecto no contempla actividades de restauración de playas por lo que el presente criterio no le es aplicable.

**URB-58**

*Se prohíbe la extracción de arena en predio ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.*

**Análisis:** En ninguna etapa de proyecto se pretende la extracción de arena, motivo por el cual se cumple con el presente criterio

**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.*

**Análisis:** En ninguna etapa del proyecto se repite la remoción de vegetación por lo tanto no se generan residuos vegetales, sin embargo el proyecto cuenta con vegetación del lugar como áreas ajardinadas.

### **III.2.-Área Natural Protegida (ANP)**

La superficie donde se ubica el proyecto ZAZIL HA no se ubica dentro de ninguna Área Natural Protegida de competencia Federal o Estatal, lo descrito anteriormente se puede evidenciar en la siguiente representación gráfica de la ubicación del proyecto con las áreas naturales protegidas vigentes:

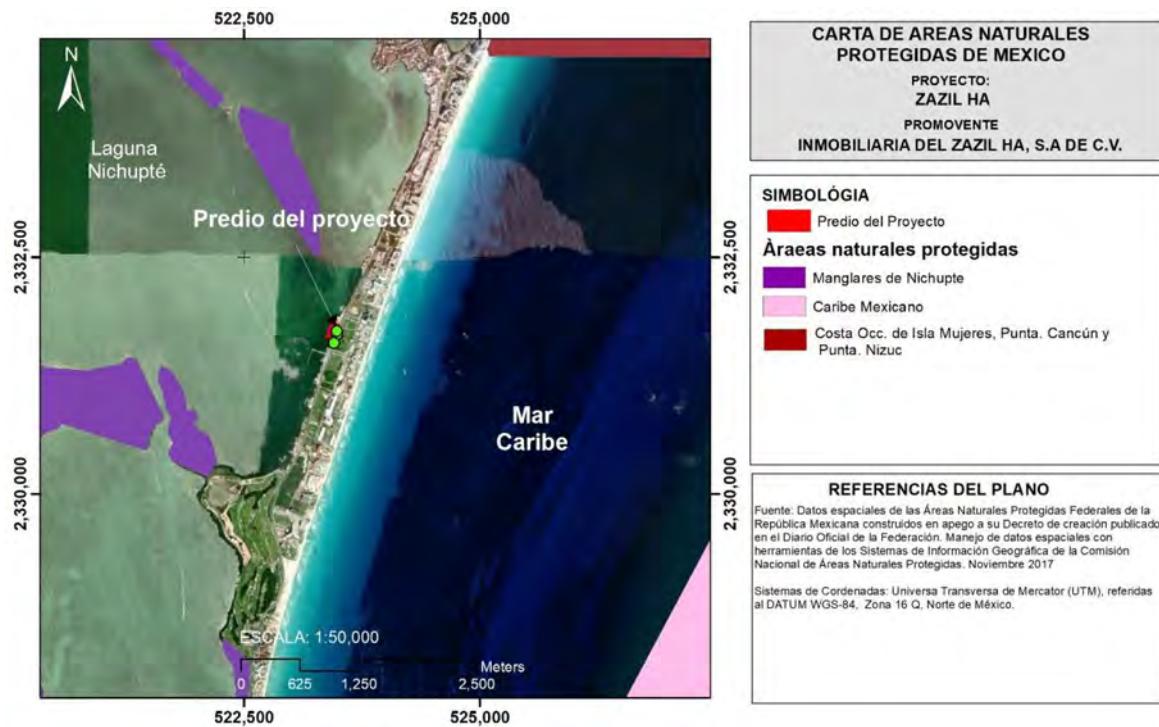


Ilustración 4.- Carta de vinculación del proyecto con las áreas Naturales protegidas

### III.3.- Planes y Programas de Desarrollo Urbano Municipales.

De acuerdo a la ubicación de las obras correspondientes al proyecto ZAZIL HA le aplica el programa de desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juarez Quintana Roo 2018-2030 publicado en el periodico oficial del gobierono del Estado el dia 17 de abril del 2019. De acuerdo a su ubicación le aplican dos usos de suelo los cuales son Serviciios Turisiticos y Recreativos del sistema lagunar y equipamiento tal y como se observa en la siguiente imagen representativa:

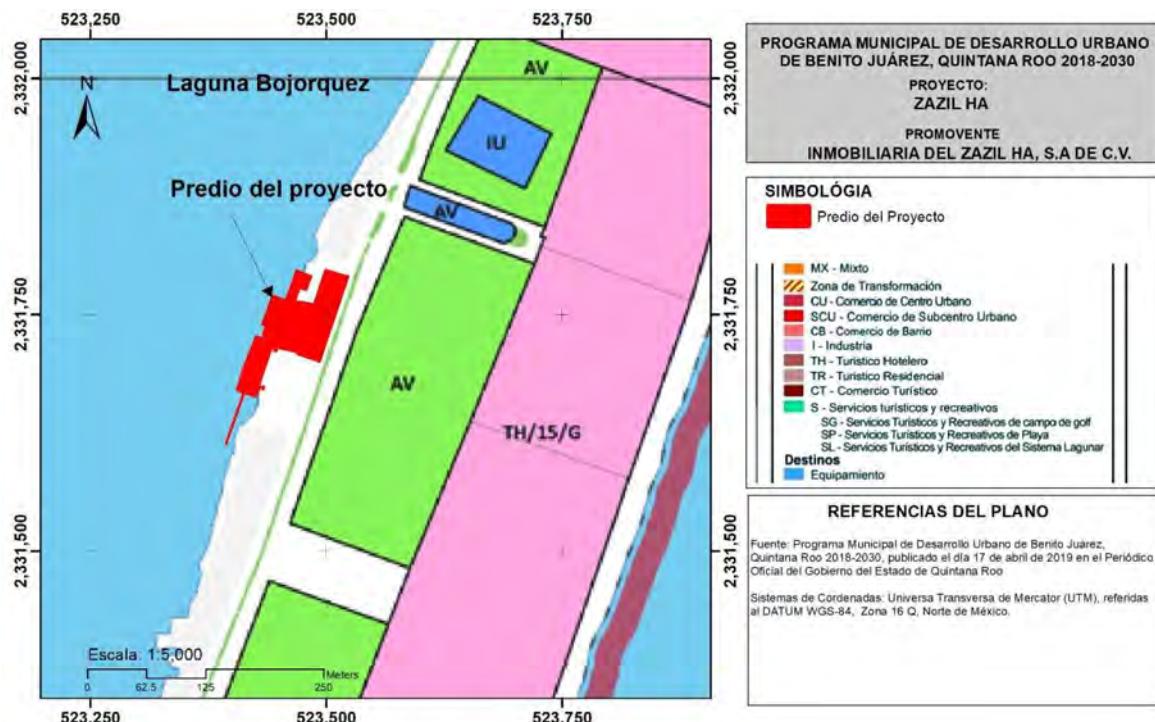


Ilustración 5.- Carta de PDU del Municipio de Benito Juárez Quintana Roo con las obras que componen el proyecto ZAZIL HA

De acuerdo al usos de suelo señalado por el pdu en cuestion el uso de suelo es compatible con la actividad que se desempeña en el sitio esto de acuerdo a lo señalado por la Secretaria Municipal de Ecología y Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juarez en el Estado de Quintana Roo, mediante expediente DIUP-1846/2022 de fecha 21 de enero del 2022 (anexo 12)

### III.4.- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

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

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

## **IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

### **IV.1 INTRODUCCION**

En este capítulo se describirá y se analizará el Sistema Ambiental (SA) delimitado para el Proyecto “**Zazil Ha**”. La información que se presenta en este apartado, es el resultado de una prospección de campo, aplicando técnicas y métodos de muestreos implementados el sitio del proyecto para conocer y obtener registros de la flora y fauna presentes en el SA. También se realizaron consultas de los estudios ambientales que se han realizado en la zona, principalmente de Manifestación de Impacto Ambiental presentadas ante la SEMARNAT de proyecto como la *MIA-R. Puente Vehicular Nichupté*<sup>1</sup>, *MIA-P. Zazil Ha*<sup>2</sup>, *MIA-R. Construcción de un Puente en la Laguna Bojórquez de Cancún, Quintana Roo*<sup>3</sup>, *por citar alguno*, los cuales han estudiado desde diferentes perspectivas parte o la totalidad del Sistema Ambiental (SA), en el que se encuentra inmerso el Proyecto “Zazil-Ha”.

Como parte de lo señalado en este capítulo, se presenta la integración del Sistema de Información Geográfica para la delimitación del SA, el cual implicó técnicas de análisis espacial, fotointerpretación de imágenes aéreas, e imágenes satelitales, con el cual se realizó la caracterización ambiental del Sistema Ambiental del proyecto. Además, se realizó la vinculación del SA con los instrumentos de planeación y sitios prioritarios de la CONABIO y Cartas Temáticas del INEGI y la CONANP.

#### **IV.1.1 Delimitación del sistema ambiental**

La delimitación del SA tiene como objeto, tener un espacio finito y concordante con las dimensiones del proyecto que se somete a evaluación, sobre el cual se realizó una descripción clara y precisa de los elementos naturales del sistema ambiental incluyendo los componentes antrópicos y los aspectos socioeconómicos del área, bajo el entendido de que estos últimos, son relevantes en los procesos de trasformación del medio natural en una escala de tiempo ecológico. Adicionalmente, el SA nos permite identificar y enunciar las problemáticas ambientales y sociales asociadas a la evaluación del proyecto, así como determinar tendencias de territorio

---

<sup>1</sup> Bitácora: 223QR2022V0008

<sup>2</sup> Bitácora: 23QR2019TD061

<sup>3</sup> Bitácora: 23QR2006V0044

regional, que no necesariamente se ligan a las interacciones que se analizan en este documento.

#### **IV.2.1 Criterios para la Delimitación del SA.**

El Sistema Ambiental (SA) del proyecto se refiere al área en torno a éste que puede influenciar al proyecto y ser influenciada por el mismo de manera indirecta. Conforme a lo anterior, se describen los criterios considerados para el establecimiento de los límites del SA para el proyecto:

- **Localización del proyecto:** El proyecto se localiza en la localidad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, en la Zona Hotelera de esa ciudad, también en el área marina de la Laguna Nichupté.
- **Instrumentos de planeación:** Para la porción terrestre del polígono del SA, se consideraron los límites establecidos por las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) de lo Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, así como los trazos urbanos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cancún 2010-2030.
- **Componentes del paisaje:** A partir de la fotointerpretación de imágenes áreas y satelitales, se construyó el mapa de vegetación y uso de suelo, el cual permitió construir los límites para el componente ambiental terrestre. La asignación de los atributos o la clasificación de los elementos, se llevó a cabo a partir de los resultados obtenidos de la prospección de campo, los cuales coinciden con otros estudios que se han realizado en la zona del proyecto.

#### **IV.2.2 Delimitación del Sistema Ambiental Regional.**

A través del análisis digital de fotografías aéreas e imágenes satelitales obtenidas del programa Google Earth pro, Sasplanet versión 150915, procesados en el Programa Arcgis versión 10.5, se realizó la delimitación del Sistema Ambiental del proyecto “Zazil Ha”, en el cual se consideraron las unidades del paisaje a través del proceso de fotointerpretación. Cabe señalar que para la definición de los atributos ambientales que permitieron la caracterización y diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental se llevaron a cabo análisis mediante el uso de diversas herramientas cuya factibilidad técnica y científica ha sido comprobada en gran número de

estudios, mostrando los mejores resultados en cuanto a precisión y fidelidad de datos.

Conforme a lo anterior, se construyó el Sistema Ambiental del proyecto el cual cuenta con una superficie de 9,754.85 hectáreas y presenta los siguientes límites:

- Este: con Zona Federal Marítimo Terrestre y Mar Caribe
- Oeste: La Carretera Federal 307 Chetumal – Reforma Agraria y Boulevard Luis Donald Colosio.
- Norte: Boulevard Kukulcán y Mar Caribe.
- Sur: Boulevard Kukulcán y Mar Caribe.

La parte terrestre del SA ocupa 5,003.26 ha y la parte acuática 5,767.50 ha. De la parte terrestre, el 40.88% (3,987.35 ha) están cubiertos por vegetación y el 10.41% (1,015.91 ha) carecen de ella y presentan infraestructura. La parte acuática corresponde a una parte de la Laguna Nichupté que incluye la Laguna Bojórquez y la Laguna Ingresa.

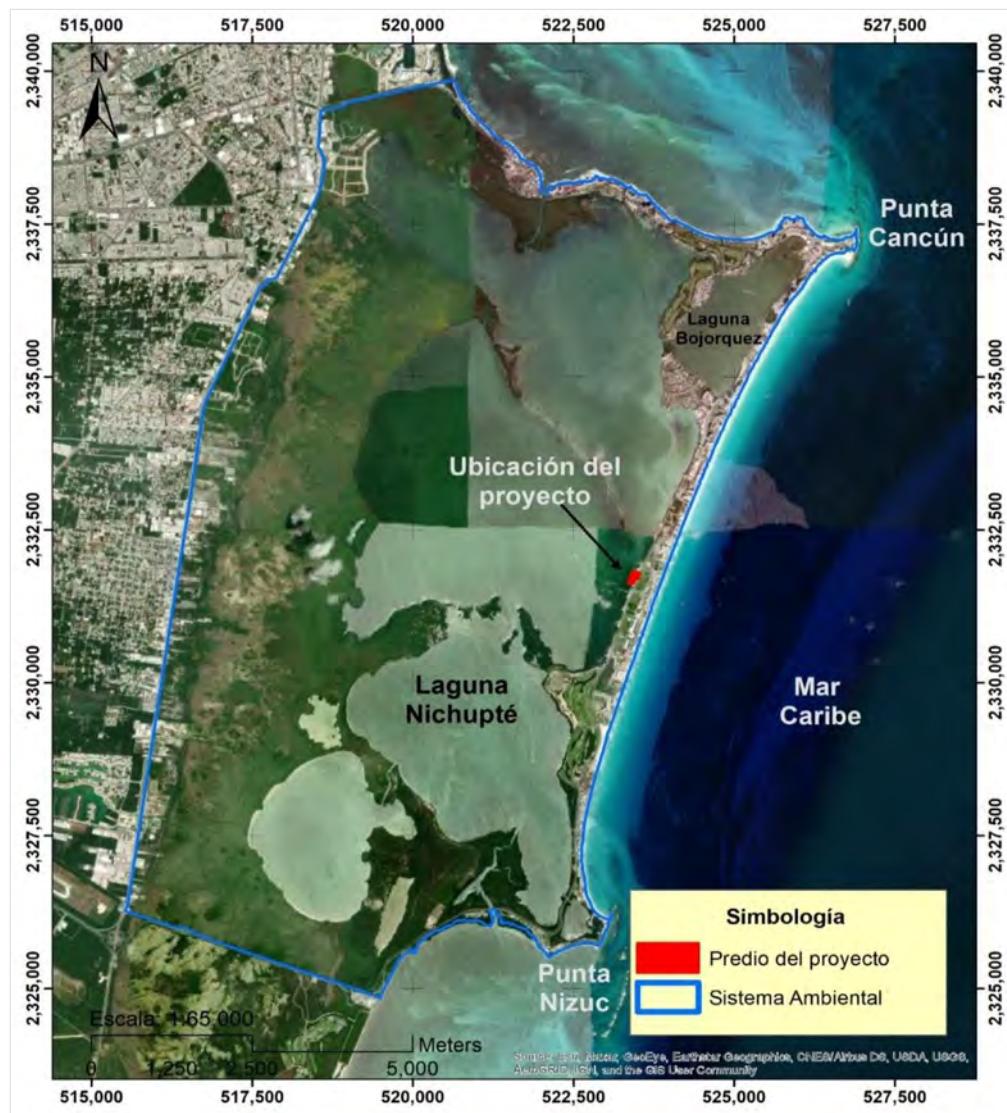


Ilustración 6.- Se muestra el polígono del SA y la ubicación del proyecto

#### IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA).

En esta sección se integra la información necesaria basada en los componentes descritos en los apartados de medio biótico, medio abiótico y medio social que convergen en el SA, con la finalidad de que esta información permita a la autoridad considerar las disposiciones específicas señaladas en el artículo 44 de Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, las cuales son:

*I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;*

*II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y*

*III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.*

Es importante señalar que para la caracterización y análisis de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del SA del proyecto “**Zazil-Ha**”, se realizó a partir del análisis de información bibliográfica y recursos electrónicos de artículos científicos, informes, estudios realizados para la zona y literatura publicada por fuentes oficiales como el INEGI, CONABIO, CONANP, CONAFOR, SEMARNAT, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), así como los estudios emitidos por las autoridad Local y Estatal, entre otros, así como de los datos obtenidos en el trabajo de campo.

Los parámetros seleccionados para la caracterización y análisis del SAR, responden a las características geográficas y geológicas de la zona en la que se ubicará la infraestructura propuesta para el proyecto.

#### **IV.4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SA.**

##### **a) Zona terrestre del SA**

El SA del proyecto “**Zazil-Ha**”, se localiza en una zona de constante cambio y crecimiento, el cual ha ejercido una enorme presión en los últimos 45 años, puesto que desde los años 70 se inició con la construcción de la zona turística de Cancún la cual en promedio ha ido demandado espacios a razón de 20.12 hectáreas por año para la construcción de desarrollos turísticos costeros y otras infraestructuras de apoyo.

En los inicios del Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún, en los años setenta, lo que hoy se conoce como Sistema Lagunar Nichupté presentaba una conformación distinta en su vegetación, la cual, con el paso del tiempo fue reduciéndose a la par del aumento en la infraestructura turística y de servicios y de una población igualmente en expansión, con necesidades de vivienda y demanda de servicios, llegando al punto en que este sistema de cuerpos de agua y vegetación que interactuaban entre sí, perdieron en mayor medida su capacidad de interacción y su resiliencia.

En la Figura siguiente del año de 1972, se puede apreciar con claridad en la parte norte del SA e inclusive en el sitio del proyecto, se aprecian el relleno con material pétreo para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas

Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún. En esta área misma que corresponde a la zona conocida como Punta Cancún, no se aprecia vegetación densa en grandes extensiones de acuerdo con la tonalidad de grises de la imagen.

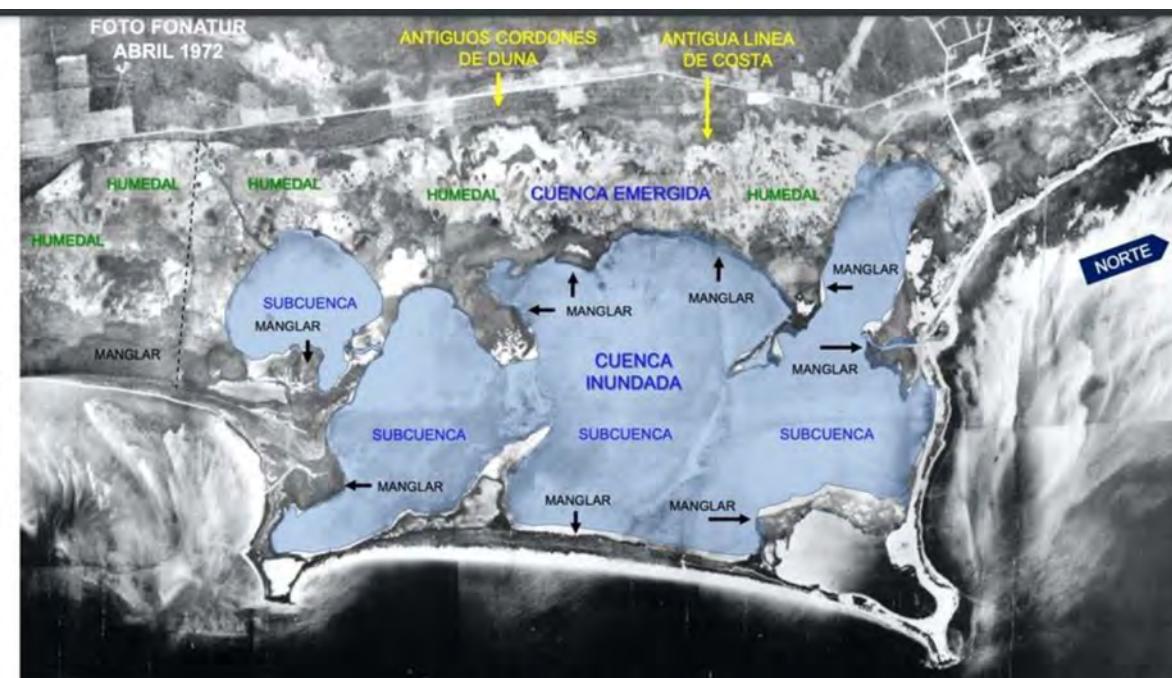


Ilustración 7.- Imagen Satelital del año 1972, en la que se observa el sitio del proyecto dentro de las áreas de relleno para la conformación de los nuevos espacios para la infraestructura turísticas Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún.

Actualmente la infraestructura turística y de apoyo que presenta el SA se estima en poco más de 904.23 ha. Sin embargo, en el SA aún queda poco más de 2,393.86 Ha de vegetación de manglar que en términos generales se encuentra en buen estado de conservación, ya que al formar parte de Área Natural Protegida “Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté” las políticas establecidas en los programas de manejo, así como la normatividad, limitan el aprovechamiento de este tipo de vegetación y otras coberturas naturales que se encuentran dentro del ANP.

La vegetación natural que se distingue en el SA corresponde al manglar que está dominada por la especie de mangle rojo o mangle chaparro (*Rhizophora mangle*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), también de desarrollan vegetación de Tular y de Selva. Considerando que la vegetación marginal de este sistema fue una de las secciones que se ha transformado desde los inicios del megadesarrollo de Cancún como polo turístico, resulta lógico reconocer el grado de perturbación que actualmente presenta.

Conforme a lo anterior, estudios y reportes retrospectivos de Pérez y Carrascal (2000), señalan que entre los años 1970 y 1971, el Sistema Lagunar Nichupté se

encontraba rodeado de vegetación de manglar y Tular, y al oeste del manglar solo se encontraba selva mediana subperennifolia.

Al iniciarse el proyecto turístico integralmente planificado, la construcción de la ciudad de Cancún se habilitó entre 1974 y 1975, y se desmontó paulatinamente la selva mediana subperennifolia en una superficie de 734 ha que ocupó la ciudad en 1980, además de las 256 ha destinadas al aeropuerto internacional. También se eliminaron 370 ha de manglar en la porción seleccionada para la habilitación de la zona hotelera, disminuyendo con ello, el área de la cubierta vegetal ante la expansión del desarrollo turístico que avanzó 13 km a lo largo de la isla, aproximadamente hasta la playa Ballenas. Con base en la figura siguiente se observa que la vegetación primaria del área de estudio es el manglar ubicado al oeste de la planicie de inundación marginal del Sistema Lagunar Nichupté.



Ilustración 8.- Imagen de la vegetación en Cancún entre los años 1970-1971. En el cuadro amarillo se señala la ubicación del área de estudio (Fuente: Pérez y Carrascal, 2000).

Pérez y Carrascal (2000), señalan que en los primeros 5 años del nacimiento del centro turístico Cancún, se perdieron aproximadamente 2,973 ha de Selva mediana subperennifolia y se perdió la vegetación de manglares marginales de la porción norte del Sistema Lagunar Nichupté. Este ritmo de deforestación continuó y para los años 90's, la franja de manglares de la Isla Cancún se había perdido prácticamente en su totalidad. Para estos años la cubierta vegetal del margen oeste del Sistema Lagunar Nichupté se había transformado radicalmente de Selva mediana subperennifolia y manglar a vegetación secundaria.

En esta imagen se observa que para el inicio de la década de los 90's no solo una buena sección de la selva mediana subperennifolia se había transformado en vegetación secundaria, sino también una importante sección de la vegetación de la planicie de inundación marginal al oeste del Sistema Lagunar Nichupté como el

manglar y el Tular que fueron afectados por el crecimiento de la zona urbana, quedando en el margen de la planicie de inundación con la zona urbana el Tular.

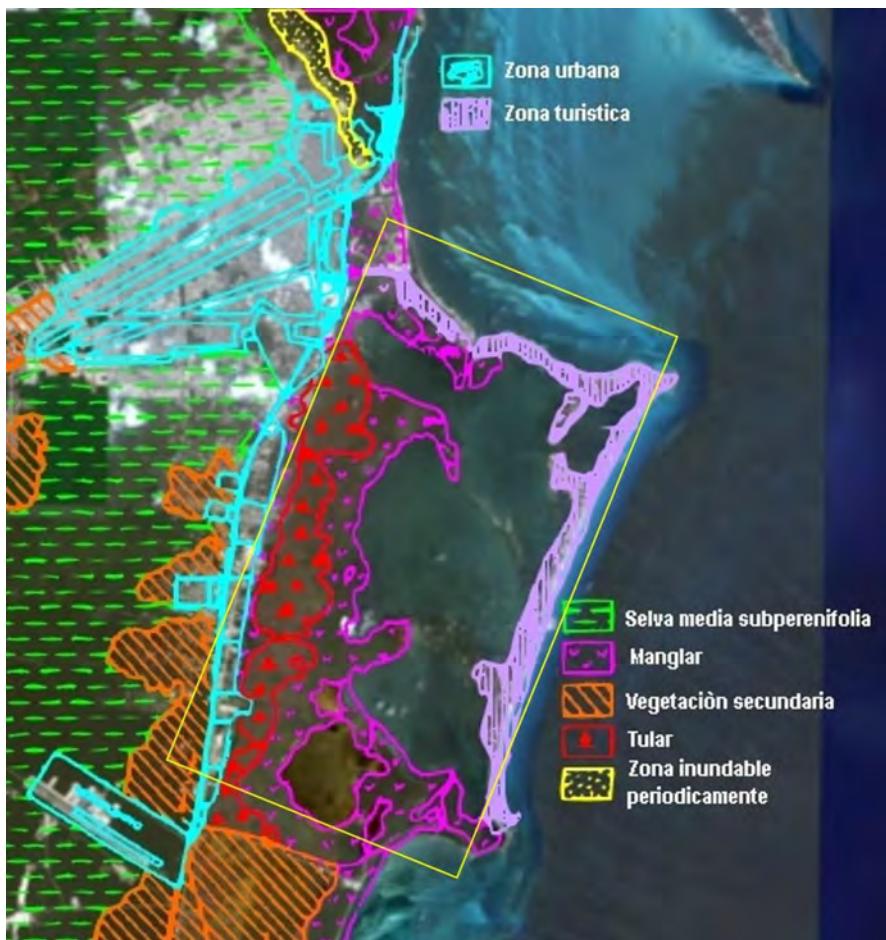


Ilustración 9.- Imagen de la vegetación en Cancún entre los años 1990. El recuadro amarillo señala la ubicación del área de estudio (Fuente: Pérez y Carrascal, 2000).

En este contexto y con base en la información de Pérez y Carrascal (2000), se hace evidente que la vegetación primaria de la zona centro de lo que hoy es el centro de la Ciudad de Cancún y del polígono que conforma el área de estudio, correspondió a la planicie de inundación marginal a la zona oeste del Sistema Lagunar Nichupté, tal y como se muestra en las figuras previas.

El desmonte y fraccionamiento masivo de los sistemas ha ocasionado una transformación total por la urbanización de la ciudad de Cancún. Sin embargo, tras todos estos cambios se han generado pequeñas islas de vegetación propia de la planicie de inundación periódica rodeadas por vegetación secundaria. Por ello es posible observar en varias secciones de la Avenida Bonampak e incluso de la Avenida Tulum terrenos aún no urbanizados que presentan una topografía baja y donde aún pueden verse algunos tulares y manchones de mangle.

Si bien la urbanización es la principal causa de cambios en la cubierta vegetal. Los fenómenos naturales también han generado cambios. Para esta zona en particular los huracanes de gran intensidad también han mermado la cubierta vegetal marginal del Sistema Lagunar Nichupté de forma importante. Entre los huracanes más “recientes” e intensos se encuentra el huracán Gilberto (septiembre-1988) y el Huracán Wilma (octubre-2005). Ambos tuvieron efectos negativos muy importantes sobre la vegetación de la Península y en particular sobre la zona norte del estado. Sin embargo, el más reciente de efectos aún visibles fue Wilma que afectó gran parte del territorio del estado de Quintana Roo y Yucatán, con mayor intensidad al Municipio de Benito Juárez (entre Cancún y Puerto Morelos) así como Cozumel.

A continuación, se presenta una serie de imágenes en el que se muestra los cambios de ha sufrido la zona este del SA, en el que actualmente se encuentran la zona hotelera de Cancún.



Ilustración 10.- En la imagen se observa la zona sureste del SA, en específico en área conocida como Punta Nizuc, en 1978.



**Ilustración 11.-** En la imagen se observa la zona noreste del SA, en específico en área conocida como Punta Cancún, en 1970.

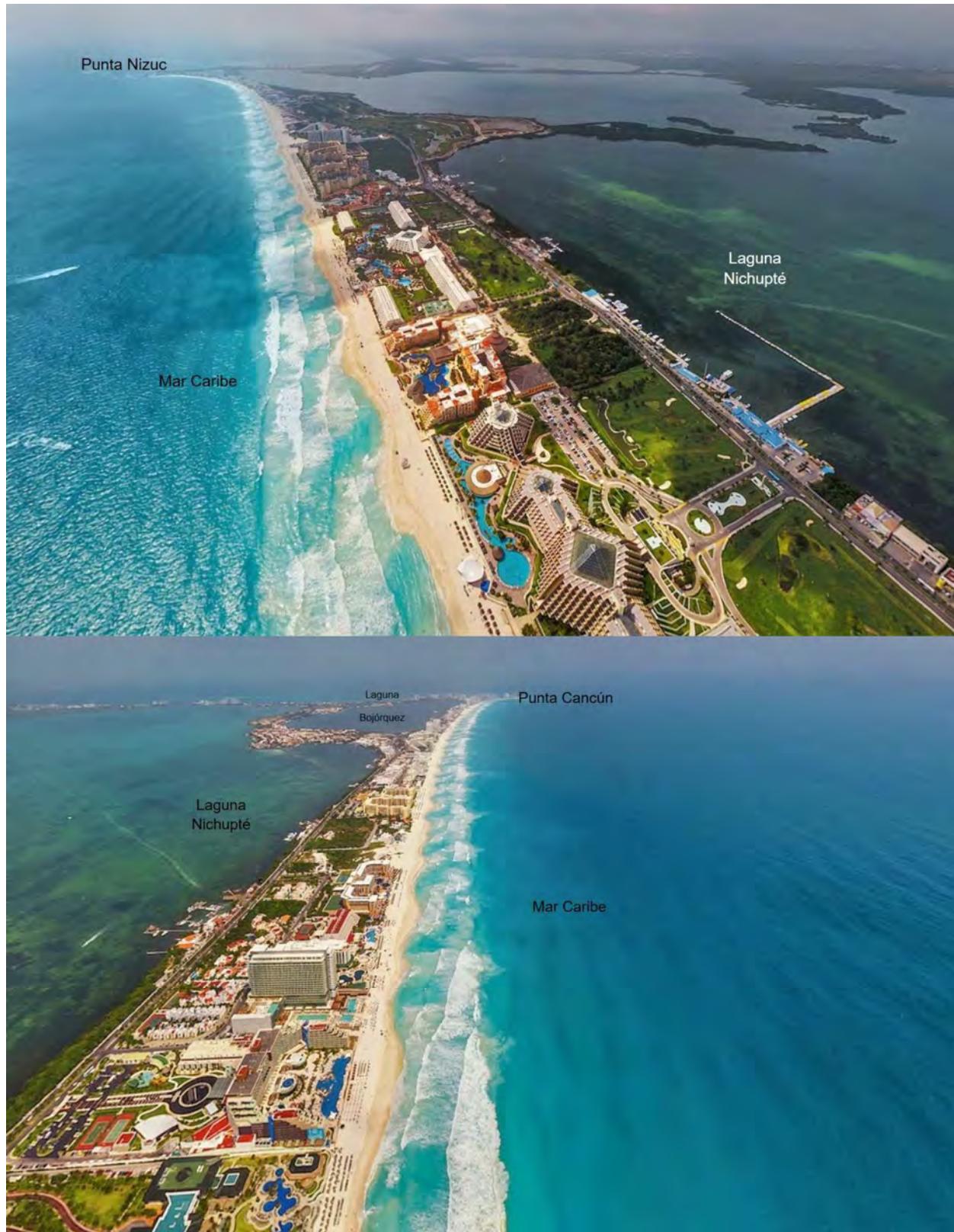


Ilustración 12.- En la imagen se observa el estado actual de la zona Este del SA.

En las imágenes siguientes se muestra un análisis retrospectivo del Sistema Ambiental, misma que se ha elaborado a partir de imágenes satelitales obtenidas del programa Google Earth versión libre, dichas imágenes nos muestra a detalla el deterioro ambiental que ha sufrido la zona en el que se encuentra inmerso el proyecto, la imagen más antigua obtenida del programa Google Earth pro versión libre corresponde una imagen del año 1984 y por último del año 2020.



Ilustración 13.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 1984

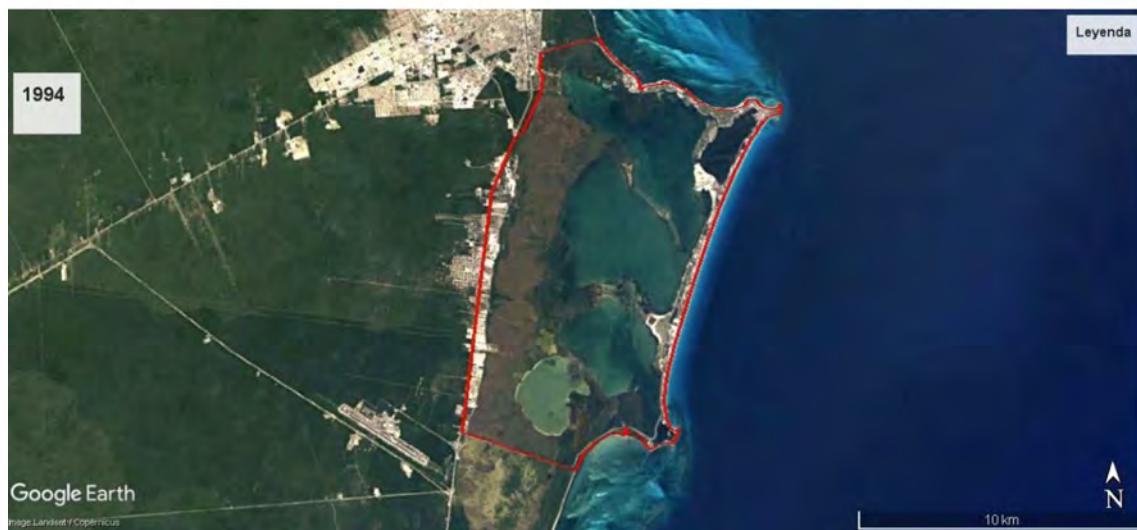


Ilustración 14.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 1994



Ilustración 15.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 2014

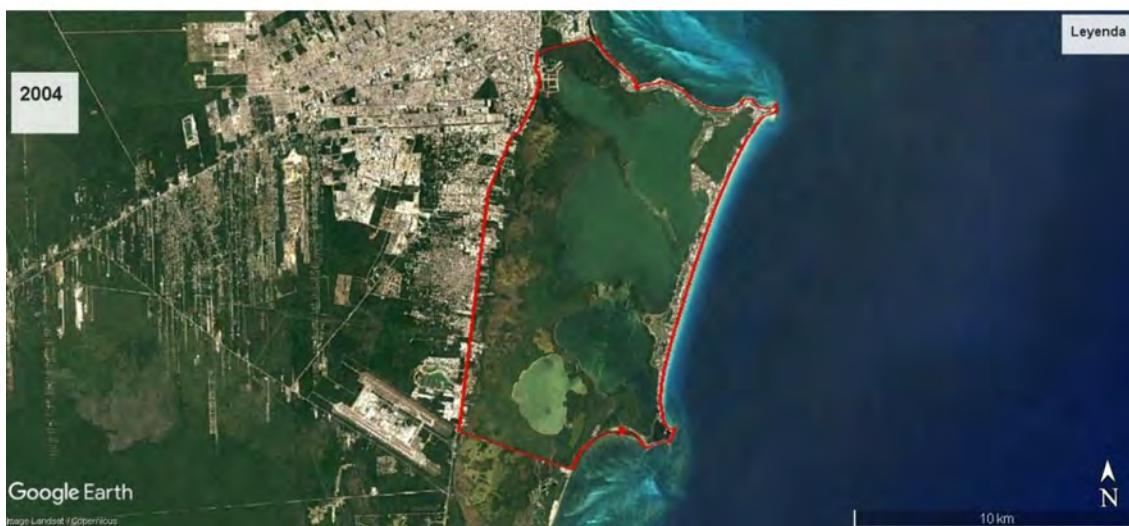


Ilustración 16.-Imagen del Sistema Ambiental en el año de 2020

**En las imágenes anteriores se muestra la retrospectiva del Sistema Ambiental desde 1984 al 2020.**

### **Zona Acuática del SA**

El Sistema Lagunar Nichupté (se localiza al noreste de la Península de Yucatán en el estado de Quintana Roo, en las coordenadas 21°06'N y 86°47' O. Su litoral corresponde al Mar Caribe. Tiene aproximadamente una superficie de poco más de 4,700 Ha y representa en el SAR definido para el proyecto el 48.85% de la superficie total del mismo.

Con base en Collado - Vides y González-González (1995), el Sistema Lagunar Nichupté, se localiza dentro de los límites del Municipio Benito Juárez. El Sistema Lagunar Nichupté está separado del Mar Caribe por una barrera conocida como

“tóbola arenosa”, la cual se comunica por dos canales dragados para facilitar la navegación: el canal Cancún al norte y el canal Nizuc al sur. Nichupté tiene aproximadamente 12 km de ancho por 21 km de largo. La profundidad en general es somera, desde bajos de 10 a 30 cm hasta las zonas centrales de las cuencas de 1 a 2m y canales de hasta 4 m. El agua en la mayor parte del Sistema Lagunar Nichupté es de origen marino. La zona oriental recibe aportes dulceacuícolas subterráneos resultado de la captura de agua de lluvia, en la planicie de inundación adyacente, por lo que se pueden encontrar ciertas áreas salobres, sin embargo, su influencia no alcanza a modificar la salinidad global de la laguna por lo que su efecto es local.

El Sistema Lagunar Nichupté es un sistema costero compuesto por siete cuerpos de agua (Laguna de Bojórquez, Cuenca Norte, Cuenca Central, Cuenca Sur, Río Inglés, Laguna de Somosaya y Laguneta del Mediterráneo). Tiene aguas prácticamente marinas, de sedimentos arenosos cubiertos por manchones de pastos y las orillas presentan crecimientos de manglares. El Sistema Lagunar Nichupté es uno de los atractivos importantes del corredor turístico Cancún-Tulum y se encuentra sujeto a todas las presiones ambientales propias del desarrollo turístico y urbano que lo rodea. Entre las lagunas que componen el SLN destaca en importancia la Laguna Bojórquez debido a que en sus márgenes se han construido una parte importante de la infraestructura hotelera que ha dado fama a Cancún. Esta laguna posee una longitud máxima de 2.8 km, un área de 2.47 km<sup>2</sup> y una profundidad de 1.7 m. y se conecta con la Laguna Nichupté por medio de dos canales dragados a una profundidad de 3.5 m (Reyes y Merino, 1991).

El Sistema Lagunar Nichupté se ha descrito como un sistema de baja energía en el que ocurre poco intercambio de agua con el mar abierto, siendo el rango de marea muy pequeño (<16 cm), traduciéndose únicamente en 3 cm dentro del Sistema Lagunar Nichupté (Merino *et al.*, 1990). En cuanto a los aportes de agua dulce, si bien no recibe descarga de ríos, la cantidad de agua subterránea proveniente de los surgimientos localizados en la parte occidental es elevada.

El Sistema Lagunar Nichupté y en especial la Laguna Bojórquez presentan un notable deterioro de su calidad de agua en los últimos años, evidenciados por estudios en los cuales se han detectado procesos de contaminación, eutrofización, acumulación de sedimentos, así como afectaciones a los humedales. Entre las causas de impacto se encuentran el efecto de los huracanes, el desarrollo turístico, y el crecimiento de la ciudad, que colateralmente han originado el relleno de manglar, tratamiento inadecuado de las aguas residuales, descargas directas del sistema de canalización pluvial, instalación inadecuada de rellenos sanitarios, y falta de regulación náutica. Estas acciones se ven reflejadas en el deterioro de la calidad del agua, la disminución de la transparencia, la acumulación de algas en la superficie, la emisión de malos olores, y la reducida circulación del agua en el sistema lagunar, que conllevan a la degradación del ecosistema y la disminución del valor mismo del sistema como atractivo turístico (Caracterización del POEL BJ, 2011).

El manglar que se desarrolla al margen de la Laguna Bojórquez es del tipo franja o borde, tiene influencia directa del agua del cuerpo de agua que rodea, y dependiendo de su nivel de inundación son las especies dominantes que pueden ser mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) o mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

#### **IV.5 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO ABIÓTICO DEL SA**

Partiendo del sistema de información geográfica integrado para el SA, se realizó la vinculación del proyecto con las diferentes cartas temáticas publicadas por el INEGI, CONANP y la CONABIO, además de otros sistemas cartográficos elaborados por instituciones gubernamentales y privadas.

##### **IV.5.1 Clima.**

La región Norte de Quintana Roo, presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y parte del invierno, isotermal y con presencia de canícula (estación meteorológica Puerto Morelos). El Municipio Benito Juárez está localizado en el Trópico de Cáncer, por debajo de los 23° de Latitud Norte, en la zona térmica denominada Zona Tropical Norte. Debido al mayor calentamiento que ocurre en el Ecuador por la incidencia de los rayos solares, la superficie donde se localiza el municipio tiene elevada temperatura y baja presión atmosférica. En cuanto a la altitud, el municipio se encuentra al nivel del mar, y está situado en la costa oriental del continente, por lo que recibe la influencia de corrientes marinas calientes, principalmente la Corriente del Golfo de México que propicia un clima cálido y lluvioso.

El municipio de Benito Juárez, se sitúa dentro de la franja de circulación de los vientos alisios del Norte, los cuales atraviesan el mar y por ello están cargados de humedad. Este tipo de vientos tiene su origen en el aire que llega a la superficie terrestre traído por las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial. La circulación del aire no encuentra barreras físicas a causa del relieve plano que presenta la Península de Yucatán.

El clima predominante del municipio Benito Juárez se incluye dentro del Grupo A, del tipo Aw, que es cálido subhúmedo, con lluvias todo el año, aunque más abundantes en verano. Una característica que sirve como referencia para la clasificación en este grupo climático, es que la temperatura media del mes más frío es mayor de 18 °C. Por otra parte, las isoyetas se encuentran cercanas a los 1,500 mm y el cociente precipitación/temperatura es mayor que 55.3, estando los valores medios de humedad relativa en un rango del 80 al 90% como consecuencia del régimen de lluvias prevaleciente. El balance de escurrimiento medio anual es de 0-20 mm, mientras que el déficit por evapotranspiración para la zona es de 600 a 700mm, anuales.

Según la carta de climas Mérida escala 1:1'000,000 en el territorio que comprende el Municipio Benito Juárez se presentan dos subtipos climáticos, Aw0 y Aw1, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García. La diferencia entre estos subtipos climáticos radica en la variación del cociente precipitación/temperatura (P/T) cuyos intervalos se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Variación en el coeficiente de precipitación/Temperatura (P/T) para los subtipos de climas, según la clasificación de Köppen.

Símbolo	Cociente P/T	Designación
Aw0	menor que 43.2	El más seco de los subhúmedos
Aw1	entre 43.2 y 55.3	Intermedio entre Aw0 y Aw2
Aw2	mayor que 55.3	El más húmedo de los subhúmedos

Por otra parte, conforme a la carta de Unidades climáticas del INEGI, el SA presenta un tipo de clima Aw0 (x') el cual corresponde a cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura de 18°C en el mes más frío, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm. La clasificación climática Aw0(x') corresponde a un clima cálido subhúmedo que es el más seco de los cálidos subhúmedos, presenta regímenes de lluvias en verano y una precipitación medio anual de 1,012.87 mm. La temperatura media anual es de 26.6 °C, con una variación de temperatura media mensual entre el mes más frío y el más caliente menor a 5°C, por lo que se considera isotermal.

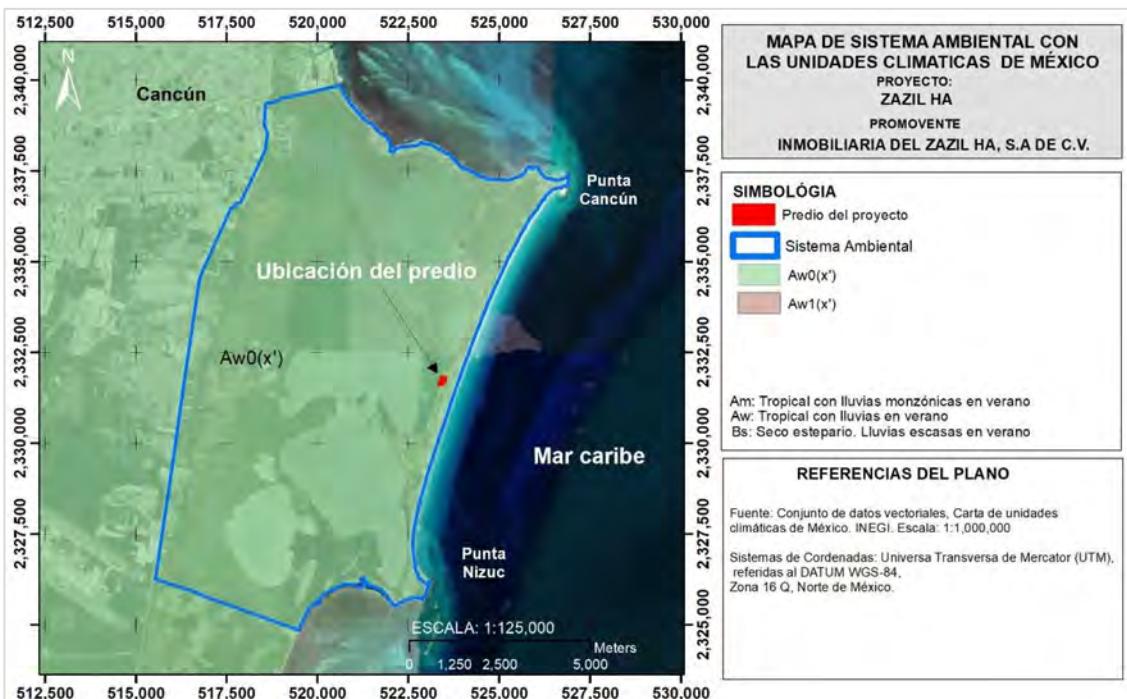


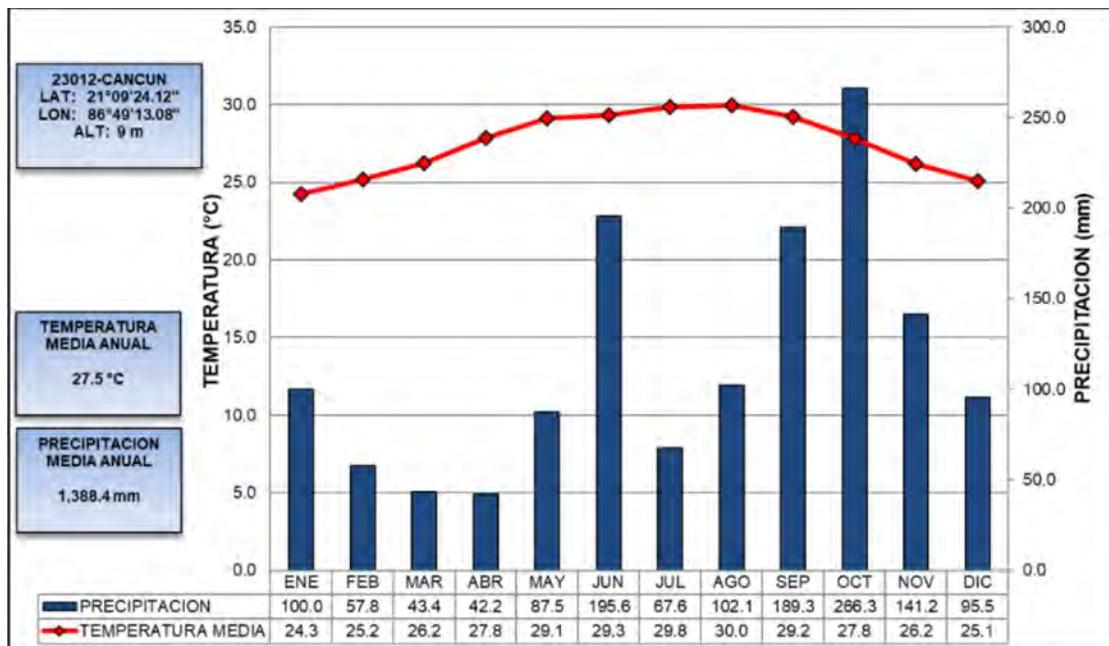
Ilustración 17.- Zonificación de los subtipos climáticos registrados en el territorio del Municipio Benito Juárez, según la carta de climas.

### a) Temperatura y Precipitación

De acuerdo con el servicio meteorológico nacional y la estación meteorológica 23155 de la ciudad de Cancún. La temperatura media anual es de 27.5°C, y los meses más cálidos ocurren en el período de mayo a septiembre, cuando se superan los 29°C; la temperatura media máxima se registra en agosto con 30.0°C, mientras que la mínima se registra en enero, con 24.3°C

En cuanto a la precipitación, de acuerdo con los datos de la Comisión Nacional del Agua, en esta estación climatológica se registra una precipitación media anual de 1,388.4 mm en el período de 1991 a 2018; la precipitación en la región se encuentra distribuida en todo el año, pero con mayor lámina de lluvia en verano, presentándose las cantidades máximas en los meses de junio, septiembre y octubre, siendo éste último el mes más lluvioso con 266.3 mm; existe un período de lluvias de invierno durante los meses de noviembre, diciembre y enero, con el 24.2% del promedio anual. El estiaje se presenta en los meses de febrero, marzo y abril, con el 10.3% de la lluvia anual.

Por otra parte, la oscilación mensual de la precipitación, permite dividir el año en dos temporadas: la primera es la estación de secas, misma que abarca los meses de noviembre a mayo, en la cual el promedio mensual más bajo llegó a los 40.8mm en el mes de abril. La segunda temporada es la estación de lluvias, que abarca de junio a octubre con precipitaciones promedio mensuales superiores a los 272 mm, destacándose octubre como el mes con mayor precipitación.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Ilustración 18.-Climograma de la estación Cancún para el período 1991-2018

## b) Vientos dominantes y eventos climáticos extremos.

Por otra parte, los valores medios de la humedad relativa están en un rango del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias prevaleciente en la zona, siendo la humedad relativa promedio anual de 84%.

Los vientos dominantes en el SA son los denominados “alisios” que se presentan en dirección constante del este al oeste o suroeste, durante los meses de febrero a julio. A esta temporada le sigue un periodo de transición entre Julio y Septiembre, en los que se presenta una alta variabilidad en la dirección de los vientos, que oscila entre el sureste y el norte, con velocidades variables, lo cual determina en buena medida si se trata de vientos cálidos o húmedos. De septiembre a noviembre es la temporada de ciclones que eventualmente llegan a las costas. En el invierno se presentan vientos del norte con lluvias moderadas y baja temperatura.

Para dar una idea de la gran variabilidad del viento en el transcurso de un año en la zona del SA, se muestra en la figura siguiente, la intensidad del viento a lo largo del año 2004 en la zona de Cancún (medidos en el aeropuerto). Los valores representados en la figura corresponden a valores promedio diarios. Los valores máximos observados principalmente en la época de invierno corresponden al paso de frentes fríos. Los máximos observados en verano corresponden al paso de ondas tropicales, tormentas y eventualmente la influencia o incidencia de huracanes. La velocidad del viento alcanza valores máximos entre 25 y 30 km/hr en los meses de invierno. En los meses de verano los máximos varían entre 15 y 20 km/hr. Finalmente, en la figura siguiente se describe la rosa de vientos para el año 2004. La frecuencia de los vientos provenientes entre el Este y Noreste domina fuertemente sobre otras direcciones. Esta rosa de vientos refleja la influencia de los vientos alisios. El hecho de haber vientos provenientes del suroeste indica que la presencia de las brisas es también relativamente importante en esta zona de la Península de Yucatán.

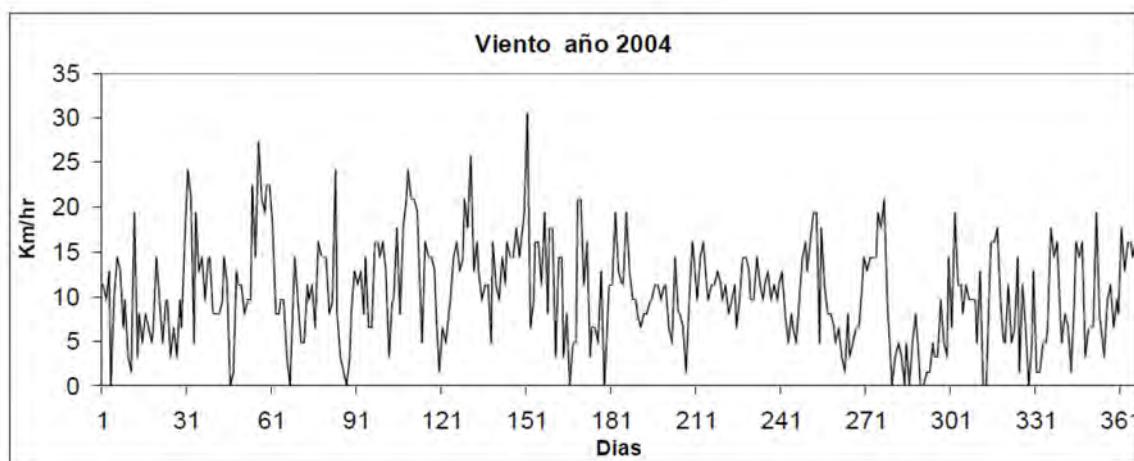


Ilustración 19.- Intensidad del viento en km/hr en la zona de Cancún, Quintana Roo durante el año 2004. Los valores representados son promedios diarios.

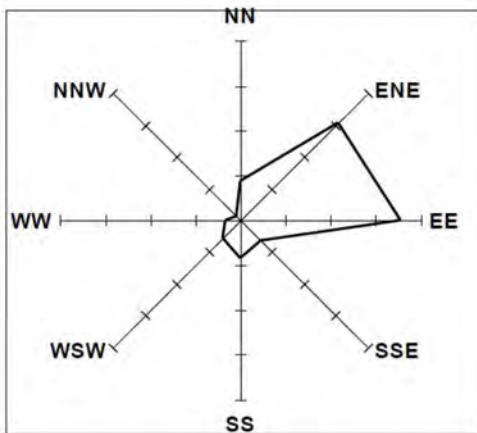


Ilustración 20.- Rosa de vientos en Cancún, Quintana Roo para el año 2004.

Para caracterizar de una manera más precisa y puntual el viento que actúa sobre el SLN, Pedrozo (2008) hizo un análisis con base en el Atlas Oceanográfico de la vertiente Atlántica Mexicana desarrollado por Silva *et. al.* en 2008. En dicho atlas se realiza un análisis estadístico de las características de viento y oleaje en toda la vertiente atlántica de la República Mexicana. Así, para el caso de Cancún, se consultó la información correspondiente a la celda 455, la cual corresponde a la ubicación de la zona de estudio de este trabajo. La información recabada fue: rosa de viento, probabilidad conjunta de viento y dirección de incidencia, y probabilidad de excedencia de viento. En las Figuras siguientes:

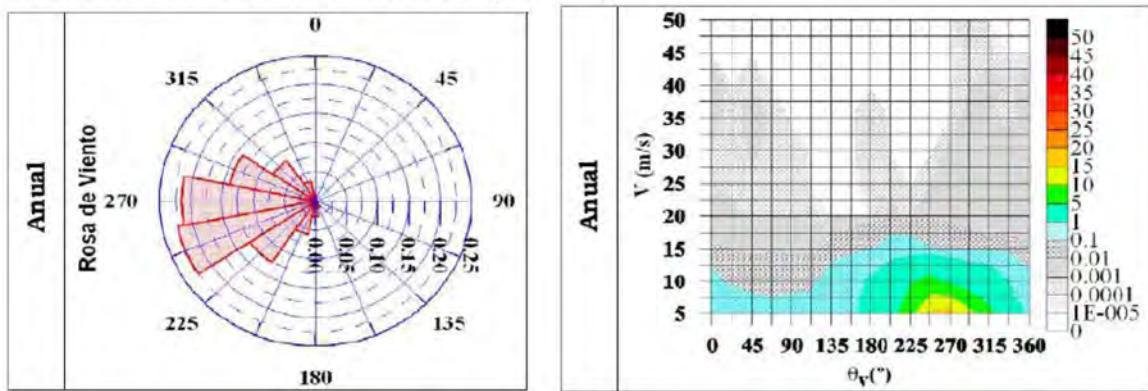


Ilustración 21.-Izq. Rosa de vientos. Der. Probabilidad conjunta de viento sostenido y dirección de incidencia.

Las direcciones de viento predominantes en la zona del SLN son: 247.5, 270, 292.5 y 225 grados, y las magnitudes máximas para dichas direcciones son 15, 15, 10 y 5 m/s respectivamente.

Cabe señalar que el viento es el agente hidrodinámico principal dentro del sistema lagunar, ya que el rango en que las mareas se presentan es muy bajo, y debido a la poca comunicación que hay entre el mar y el SLN la influencia de éstas es mucho menos que la que ejerce el viento.

La zona se encuentra constantemente expuesta a fenómenos meteorológicos debido a su posición geográfica, que la hace vulnerable a huracanes y tormentas tropicales, así como a “nortes” y suradas o “surestes”. Entre los Huracanes que se distinguen por su efecto en la zona del proyecto pueden citarse a los denominados Hallie ocurrido en 1966, Dorothy, en 1970, Eloise en 1975, Gilberto en 1988, Roxana en 1995, Emily y Wilma en 2005 y Dean en 2007.

### **a) Radiación o Incidencia Solar.**

Los valores más altos de radiación solar total para la Península de Yucatán se presentan en los meses de abril a julio, con 525 ly/día, donde ly = Langley = constante solar = 1.4, Cal/gr/cm<sup>2</sup>/min. En cuanto a los valores mínimos absolutos de radiación solar total, existe una diferencia entre el Norte y Sur de la región; para la Porción Norte los valores mínimos se presentan en diciembre y enero, con 375 ly/día; para la Porción Sur, se trata de los mismos meses y la variación es de 400 ly/día o sea que los valores registrados para la Porción Norte son ligeramente más bajos que los de la Porción Sur, debido a la nubosidad provocada por los nortes que llegan al territorio. También para el Norte se han registrado un número menor de días despejados (de 50 a 100 días al año).

En el invierno la radiación solar promedio en el Norte es de 400 ly/día y en el Sur es un poco mayor de 425 ly/día, los registros para las demás estaciones son iguales en toda la región, así tenemos que la mayor intensidad se presenta durante el verano, con 525 ly/día, en el otoño es de 450 ly/día y en la primavera de 500 ly/día. Por todo lo anterior, se deduce que la distribución de la radiación total en la región durante el año, depende tanto de la posición del Sol como de la distribución de la nubosidad en las diferentes estaciones. Los máximos de energía que se reciben en los meses de abril a julio, coincidentes con el desplazamiento aparente del Sol hacia el norte, lo que se traduce en días más largos, de creciente energía, distribuida en forma homogénea cuando no existe orografía importante en la región (Ilizaliturri, 1999), como ocurre en la Península de Yucatán.

Con relación a la calidad del aire en la zona no existen estudios o datos sobre este tema, sin embargo, puede decirse que debido a la condición costera de la región, las características de los vientos dominantes y la carencia de fuentes significativas de contaminación atmosférica (fábricas, industrias de transformación, etc.), la calidad del aire para la región es en general muy buena y libre de contaminantes.

### **b) Fenómenos climatológicos.**

Debido a las condiciones climáticas que imperan en la zona en donde se construirá el proyecto, al igual que en el resto de la entidad e incluso de la Península de Yucatán, existe la posibilidad de que se manifiesten alteraciones climatológicas extraordinarias. Estos fenómenos atmosféricos se generan anualmente, entre los meses de mayo a noviembre y arrastran consigo grandes volúmenes de humedad, misma que se precipita por medio de ráfagas y fuertes chubascos.

En la actualidad estos fenómenos naturales pueden ser pronosticados, debido a la interpretación de las condiciones climáticas que imperan día a día en la zona. Además, las modificaciones climáticas pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar.

**Cuadro 2.** Registro de Huracanes en el estado de Quintana Roo (INEGI 2021, CENAPRED).

Año	Huracán	Lugar de entrada	Categoría	Vientos Máximos (Km/hr)
1995	Roxana	Tulum	3	185
1996	Dolly	Felipe Carrillo Puerto	1	125
2000	Keith	La Unión	1	140
2005	Wilma	Cozumel y Puerto Morelos	5	324
2007	Dean	Mahahual	5	270
2008	Arthur	Cozumel y Cancún	Tormenta tropical	65
2010	Karl	Norte de calderitas	3	195
2011	Rina	Cozumel y Chetumal	3	175
2012	Ernesto	Mahahual	1	140
2016	Earl	Sur de Chetumal	Tormenta tropical	63
2020	Delta	Puerto Morelos	2	175

#### IV.5.2 Geología y Geomorfología.

Por su ubicación el SA se localiza en la zona eco geográfica del trópico húmedo y forma parte de la subprovincia ecológica del Carst o Carso Yucateco. Esta se define como una planicie ligeramente ondulada sobre una losa calcárea. Su topografía cárstica se distingue por una amplia red de oquedades y depresiones como cenotes, los cuales tienen un papel importante en la dinámica hidrogeológica de la región. El SA forma parte de la provincia “Zona Costera”. Dicha provincia contiene playas rocosas y angostas, costas abruptas, playas semicirculares, caletas y manantiales submarinos.

Una de las principales características de esta subprovincia es el carso o karst, uno de relieves más representativos del territorio nacional, el cual se origina por la disolución de las rocas por la acción del agua. Las formas resultantes son superficiales y subterráneas y se distinguen especialmente en la roca caliza, muy resistente a los procesos de erosión. Es a lo largo y profundo de las grietas donde, debido al escurrimiento superficial y la infiltración del agua, se va produciendo una destrucción gradual de la roca. Entre dichas grietas se forman montículos, torres y crestas; las grietas se convierten en canales, valles estrechos, cañones profundos, cavernas de desarrollo horizontal o vertical, etc.

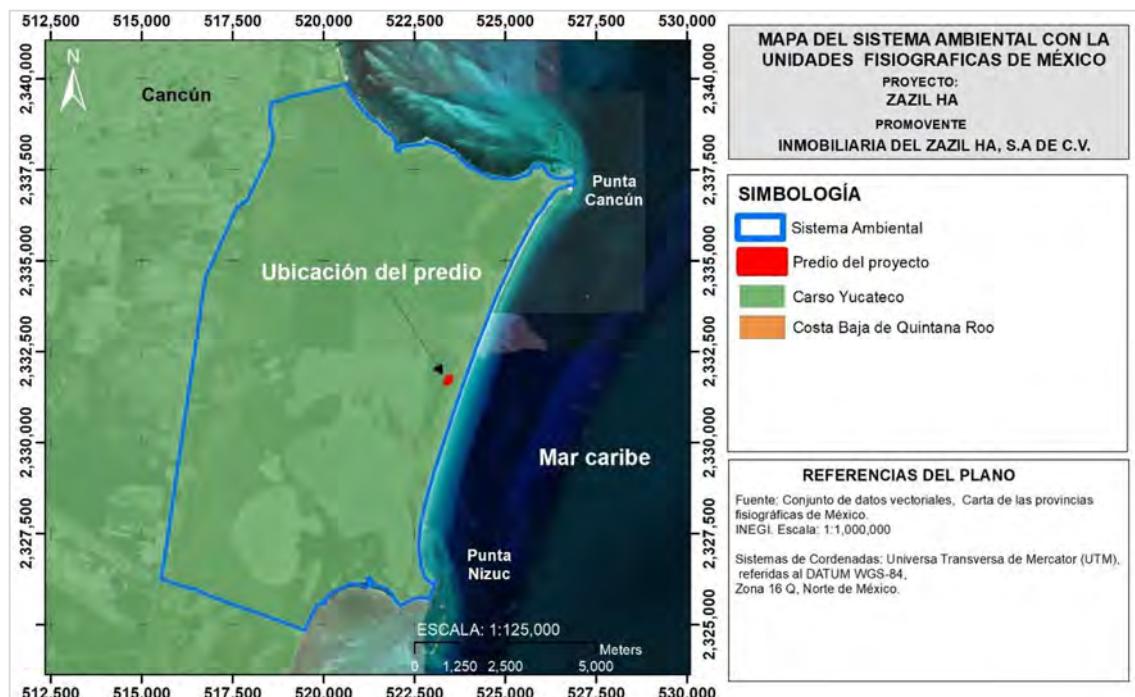


Ilustración 22.- Se muestra el SA en relación en unidad fisiográficas del INEGI.

Las características geológicas y la evolución del estado de Quintana Roo están estrechamente relacionadas con la historia de toda la Península de Yucatán. La composición geológica superficial consiste en rocas sedimentarias (carbonatos autogénicos y anhidritas). Las unidades litológicas del estado están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario (Paleoceno) hasta el Cuaternario, aflorando las más antiguas en el suroeste y conforme se avanza rumbo al norte y este se van haciendo más jóvenes.

En el área de estudio afloran depósitos carbonatados del cuaternario, representados por una unidad de calcarenitas biógenas semiconsolidadas con estratos laminares y que en algunas zonas presenta estratificación cruzada. De la mitad del predio hacia la costa lo ocupa una extensa zona de humedales con depósitos de lodos calcáreos, arcillas y arena.

De acuerdo con la Cartas Geológicas del INEGI F-1611 y F16-8 escala 1:250,000, las unidades litológicas superficiales en el Norte del Estado de Quintana Roo, están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (TS o sistema Neógeno hasta el Cuaternario (Q). Dentro del sistema ambiental terrestre, los tipos de roca presentes corresponden a rocas originadas desde el sistema Neógeno hasta el Cuaternario, son rocas de tipo Lacustre, Caliza y Eólicas.

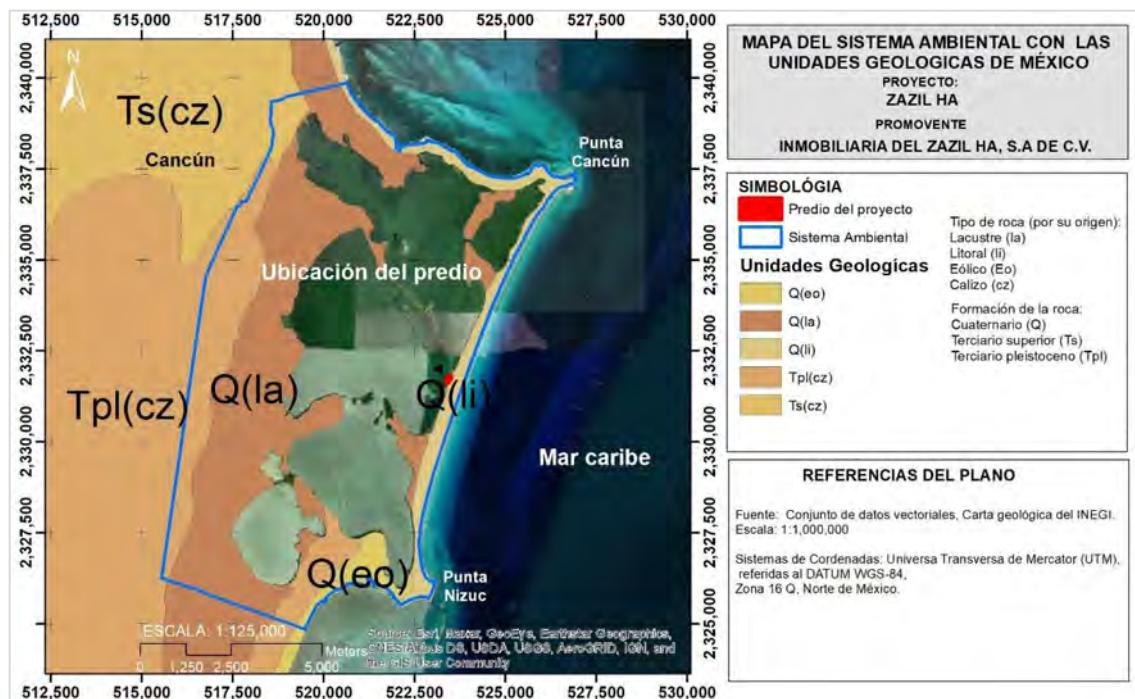


Ilustración 23.- Se muestra la unidad geológica en la que se encuentra el SA y en predio del proyecto.

La zona de interés se encuentra íntimamente ligada con el origen y evolución de la Laguna de Nichupté. En esta región, previo a la transgresión marina del Holoceno, en el área de Nichupté existía una terraza cárstica de 7.5 Km de amplitud y de aproximadamente 9 metros bajo el nivel del mar.

Sobre esta pre-existente topografía y en dirección a la costa, hacia el límite marino de la terraza, se tenían crestas de dunas del Pleistoceno litificadas y erosionadas. En la zona marginal del continente, en cambio, se desarrolló un conjunto de crestas de playa que se acrecieron a tierra firme, las que se manifiestan por un ligero escarpe que marca el contacto entre los sedimentos sin consolidar del Holoceno y las capas de calizas continentales.

Cuando la elevación del mar inundó la terraza, las crestas de dunas formaron una barrera que protegieron al continente de la acción del mar (olas y corrientes marinas); sin embargo, las corrientes fluyeron alrededor de las crestas inundando la terraza. Las islas de Contoy, Mujeres y Cancún son en gran medida, remanentes de estas crestas de dunas constituidas por eolianitas (arenas calcáreas de grano muy fino generadas por la acción eólica). Hacia la porción continental en la periferia occidental de la Laguna, cuando el mar estuvo 3 a 5 m más bajo que el presente nivel, se formaron entre los 4000 a 5000 años a.p. (antes del presente), zonas pantanosas marino-marginales, así como manglares.

El continuo avance del medio ambiente marino, “empujó” las zonas pantanosas y de manglares más al Oeste depositándose turba y lodos calcáreos ricos en materia

orgánica sobre las rocas del Pleistoceno. Un cambio mayor en el medio ambiente de la Laguna ocurrió entre los 1000 a 1500 años A.C., cuando el nivel del mar alcanzó cerca de 1.0 a 1.5 m bajo el presente nivel. En ese tiempo las porciones Norte y Sur de la isla de Cancún se conectaron con tierra firme mediante "Tombolos" dando así lugar a los tres cuerpos lagunares que conforman el sistema Nichupte: Bojorquez, El Inglés y Nichupte.

### VI.5.3 Edafología.

Para la caracterización de los tipos de suelo del SA del proyecto, se utilizó la cartografía edafológica del INEGI escala 1: 250,000, por lo que se determinó que en el SA convergen 4 tipos de suelo, el Litosol, Rendzina, Solonchak Ortico, Regosol, siendo los suelo solonchak los dominantes.

La caracterización ambiental para el Municipio Benito Juárez señala que México no cuenta con un sistema de clasificación de suelos propio, lo que origina que se tenga que adoptar sistemas de clasificación desarrollados en otros países. Por tal motivo, se adoptó la clasificación propuesta por la FAO/UNESCO en 1968, y que fue modificada por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) (actualmente INEGI) y que es utilizada en la caracterización y cartografía de los suelos. La clasificación FAO/UNESCO (1968) fue modificada por FAO en 1988; el número de jerarquías principales se incrementó de 26 a 28 grupos y las unidades de suelo de 106 a 153; recientemente la clasificación FAO (1988) ha sido actualizada por FAO-ISRICCSICS (1999) al sistema WRB; en donde el número de grupos se incrementó de 28 a 30.

A la zona costera de Cancún le corresponden depósitos carbonatados del cuaternario principalmente del Pleistoceno conformado superficialmente por arenas compactas a semicompatas, limos y suelos orgánicos coronados en algunos sitios por caliza recristalizada compacta (caliche) de poco espesor. El sistema lagunar está constituido por arenas y lodos calcáreos en donde se ha desarrollado una importante comunidad de manglar, mientras que en la línea de costa se identifican dunas, arenas de litoral y roca caliza intemperizada.

Cuadro 3. Unidades edafológicas presentes en la zona norte del Estado de Quintana Roo.

Símbolo	Unidad	Definición de unidades dominantes
G	GLEYSOL (mólico)	Suelo formado por materiales no consolidados que muestran propiedades hidromórficas. Con horizonte A hístico, B cámbico, cálcico a gipsico. Carece de alta salinidad. Los Gleysoles mólicos, son suelos moderadamente ácidos, mal drenados con un alto contenido de materia orgánica.
I	LITOSOL	Suelo sin horizontes de diagnóstico, limitado para un estrato duro, continuo y coherente, de poco espesor, menor a los 10cm, tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértils, arenosos o arcillosos, su susceptibilidad a la erosión depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo.
R	REGOSOL	Suelo sin horizontes de diagnóstico. En ocasiones desarrolla un horizonte ócrico incipiente. En general son de tono claro. Se encuentran en las playas, dunas, su fertilidad es variable, y su uso agrícola está

		condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presenten. En este tipo de suelo se pueden desarrollar diferentes tipos de vegetación.
<b>E</b>	RENDZINA	Suelo con horizonte A mólico que sobreyace directamente a un material calcáreo, con un contenido de carbonato de calcio mayor del 40%. Presenta menos de 50 cm de espesor. Se caracterizan por ser de color negro, ligeramente ácidos, poco profundos con altos contenidos de arcilla, y abundante humus sobre la capa superficial, con alta susceptibilidad a la erosión.
<b>Z</b>	SOLONCHAK	Suelo derivado de materiales con propiedades flúvicas. Durante parte del año contiene alta salinidad en los primeros 30cm de profundidad. Puede presentar los siguientes horizontes: A, hístico, B cámbico, un cálcico o gypsico. Una característica es que tienen poca susceptibilidad a la erosión.

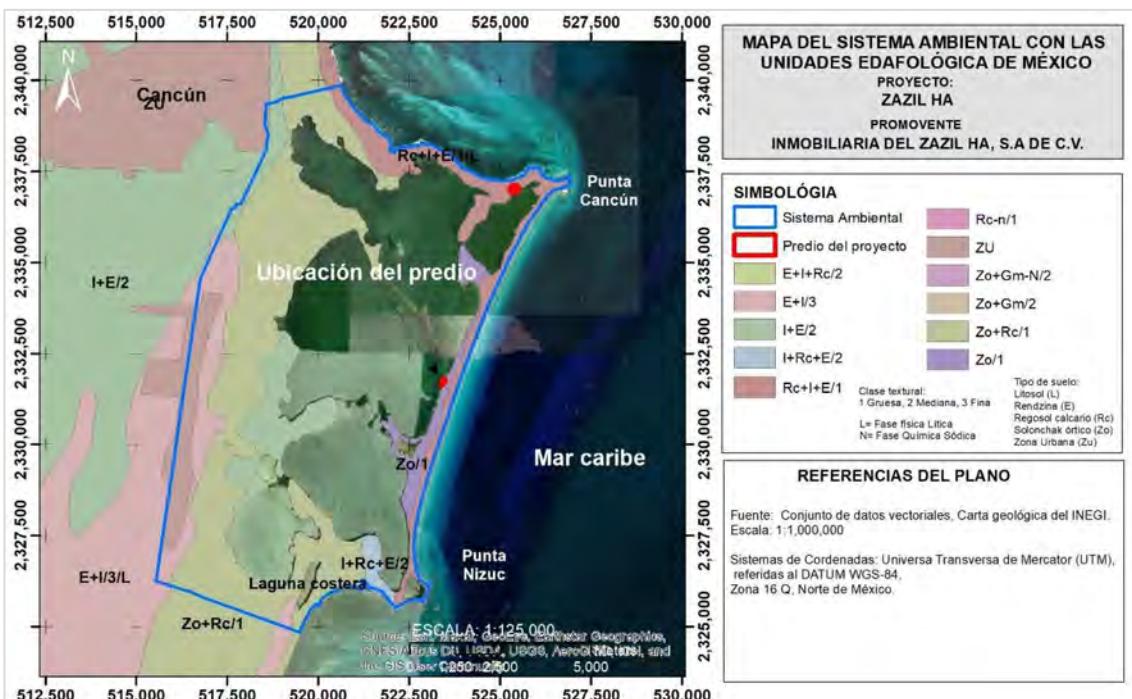


Ilustración 24.-Tipo de suelo presente en el SA.

En el área de estudio se desarrollan básicamente suelos de tipo Solonchak, caracterizados por un alto contenido de sales y sobre los cuales se encuentran manglares, sabanas, petenes, selva baja caducifolia y vegetación de duna costera (Flores y Espejel 1994, SEMARNAT/CONANP 2005), de igual forma se presentan suelos de tipo Rendzina, que son muy fértiles debido a que presentan una capa superficial de humus y sobre ellos se desarrollan manglares. Por otra parte, Miranda (1978), señala que las características topográficas y edafológicas de la zona donde se ubica el área de estudio permiten el desarrollo de carrizales, saibadal y tulares, definidos como asociaciones que crecen en condiciones de suelos lodosos pero algunos, permanente o casi permanentemente inundados, con una lámina de agua de pocos centímetros hasta 1.5 m de espesor. En cuanto al manglar, el mismo autor refiere halófitos arbóreos cubre extensiones grandes de lugares fangosos a lo largo

de las costas bajas de la Península de Yucatán, especialmente a orillas de bahías abrigadas, penílagunas costeras y desembocaduras de ríos. Más recientemente Zetina y Agraz-Hernández (2004) señalan que en el área de estudio se desarrollan selva, manglar y una comunidad de pastizal-manglar.

#### **IV.5.3 Hidrología.**

La Península de Yucatán forma parte de la Región Hidrológica 32, está integrada por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, y se ubica al sureste de la República Mexicana. La superficie total de los estados de la Península de Yucatán, equivale a 141,523 Km<sup>2</sup> de los cuales el 37% corresponde a Campeche, el 36% a Quintana Roo y el 28% a Yucatán.

En cuanto a las cuencas, el SA se ubica en la Cuenca 32A Quintana Roo, la cual ocupa 31% de la superficie estatal e incluye prácticamente toda la zona norte del estado, así como las Islas Cozumel, Mujeres y Contoy. En esta cuenca no existen corrientes superficiales, así como tampoco cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna y La Unión, así como lagunas costeras como la de Conil, Chacmochuch y Nichupté (INEGI, 2002)<sup>4</sup>.

De acuerdo con el Código de Cuencas y Subcuencas de las Regiones 31, 32, 33<sup>5</sup>, la Cuenca 32A Quintana Roo se subdivide en seis subcuencas hidrológicas. A nivel de Subcuenca, el SA y área de estudio se encuentra ubicado en la Subcuenca “a” Benito Juárez, la cual corresponde con la delimitación del municipio Benito Juárez, cuya extensión es de 197,116 ha (Presidencia Municipal 2008-2010)<sup>6</sup>. En este apartado de hidrología se describirá primero el patrón general regional de la hidrología subterránea y superficial que caracterizan la zona, y posteriormente el detalle de la hidrodinámica que caracteriza el Sistema Lagunar Nichupté, dado que es el cuerpo de agua donde se ubicarán parte de las obras del proyecto, y con los que interactuará.

##### **IV.5.3.1 Hidrología Subterránea Regional.**

La península de Yucatán, se caracteriza por presentar una hidrología de tipo subterránea, propia de los paisajes cársticos con ríos subterráneos, cenotes, reholladas, ojo de agua, cavernas y grutas. La relativamente alta precipitación y la gran capacidad de infiltración del sustrato son propicias para la renovación del agua subterránea y la recarga en grandes porciones del territorio, los pocos escurrimientos superficiales, suelen ser en cortos recorridos.

---

<sup>4</sup> SARH, *Código de Cuencas y Subcuencas de las Regiones 31, 32, 33. 1:500,000. Inédito. En: INEGI, 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. México, 79 p.*

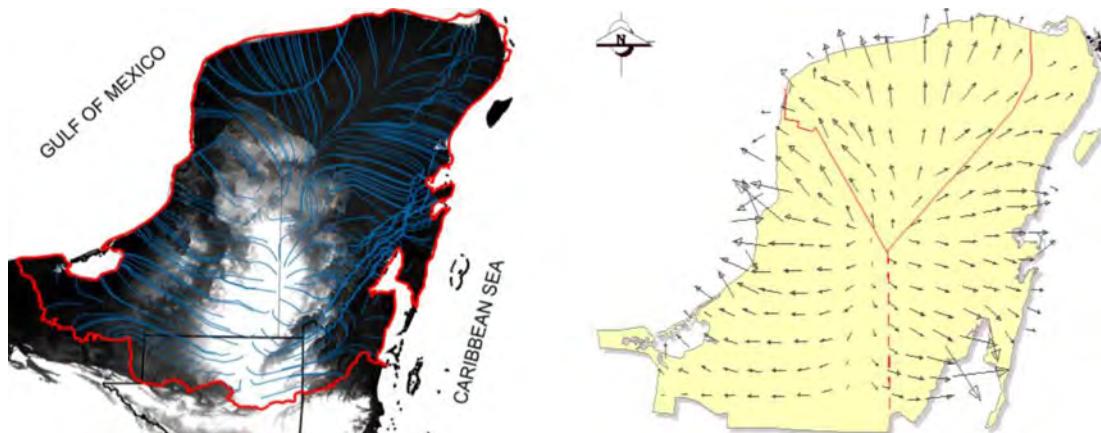
<sup>5</sup> SARH, *Código de Cuencas y Subcuencas de las Regiones 31, 32, 33. 1:500,000. En: Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo, 2002. INEGI y Gobierno del Estado de Quintana Roo. 96 p.*

<sup>6</sup> Presidencia Municipal 2008-2010. Sitio oficial con información institucional, servicios, eventos y programas desarrollados por el gobierno municipal ([www.cancun.gob.mx](http://www.cancun.gob.mx)).

Los niveles estáticos del Estado de Quintana Roo son más grandes hacia la zona de Nuevo Xcan y Tres Reyes ubicados al Oeste del Estado de Quintana Roo, en la porción central de la Península de Yucatán. Hacia la zona de costa el agua se encuentra más somera. Las fluctuaciones estacionales muestran que el nivel del agua asciende hacia la temporada de lluvias (octubre y noviembre) y desciende en los meses de sequía (julio y agosto).

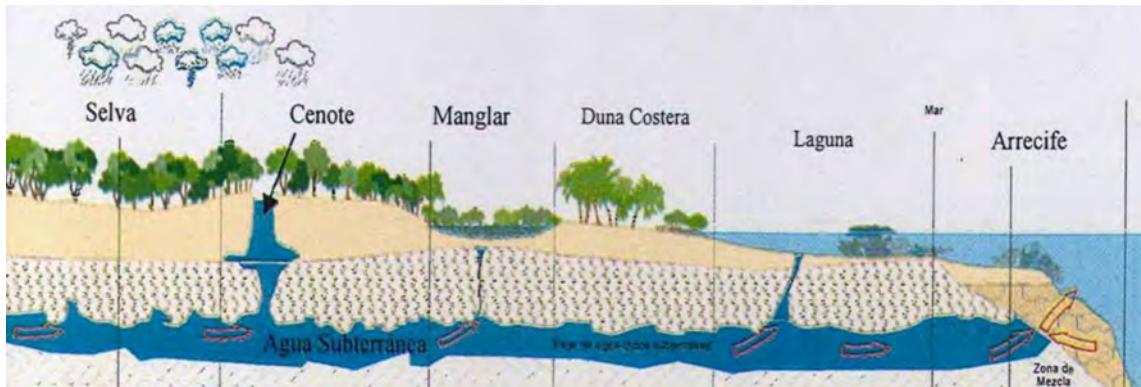
El flujo del agua subterránea se presenta en direcciones rectangulares preferentes siguiendo el patrón de flujo predominante partiendo de las zonas del Tintal y Punta Laguna y siguiendo dos trayectorias: 1. La primera va en dirección NE-SW según el patrón de fracturamiento, que controla el flujo predominante hacia Cobá; hasta alcanzar las costas. 2. La segunda trayectoria de flujo es hacia Nuevo Xcan y Agua Azul inicialmente; luego siguiendo el patrón de fracturamiento varía su trayectoria hasta alcanzar la línea de costa.

Se puede mencionar que la zona costera Norte del estado tiene un comportamiento hidráulico diferente al acuífero regional principal. Se observa que el flujo subterráneo de descarga hacia la zona costera que se encuentra entre Cancún y Puerto Morelos proviene de la zona de Central Vallarta y hacia el Oeste desde Nuevo Xcan; siguiendo el patrón de fracturamiento principal (NWSE). En esta zona la descarga de agua subterránea se observa perpendicular a la línea de costa.



**Ilustración 25.- Se muestra la dirección del flujo de las aguas subterráneas en la Península de Yucatán.**

De esta manera el drenaje subterráneo en la Península de Yucatán, constituye una red de drenaje subterráneo que funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas, como se muestra en la figura siguiente que relaciona la precipitación contra la variación del nivel freático en esta región.



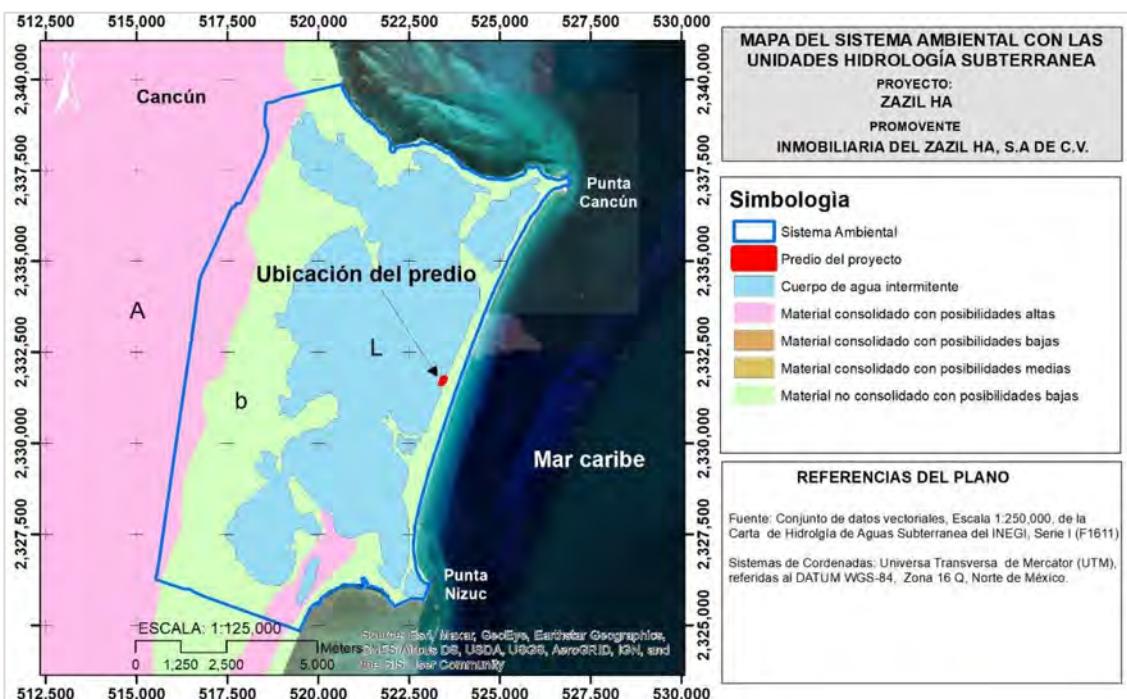
**Ilustración 26.- Esquema de los escorrentimientos subterráneos de la Península de Yucatán.**

De acuerdo con la cartografía de Hidrología Subterránea del INEGI, en el SA del proyecto convergen dos unidades geohidrológicas, cuyas características físicas se describen a continuación:

**Material consolidado con posibilidades altas:** Esta unidad está constituida por calizas de texturas variables en estratos intercalados y cruzados, en posición casi siempre horizontal, con fracturas moderadas, presentando cavernas formadas por disolución, por lo que presenta una permeabilidad alta. Es un acuífero libre con recargas pluviales y subterráneas, la calidad de agua extraída es aceptable para el consumo humano.

**Material no consolidado con posibilidades bajas:** Se encuentra distribuido en una franja cerca de la línea de costa, por lo que corresponden a zonas de inundación, palustre y litorales, está compuesto por arcilla, limos y áreas con gran contenido de materia orgánica y lodo calcáreo. Su espesor es reducido por lo que no conforman acuíferos, aunque se encuentra sobre rocas calcáreas que forman parte del acuífero libre.

La calidad del agua subterránea depende en gran medida de la composición geoquímica del material del que está constituido el acuífero de la Península de Yucatán y del comportamiento hidrodinámico de los flujos subterráneos, aunado al tiempo de permanencia del agua en la matriz que la contiene.

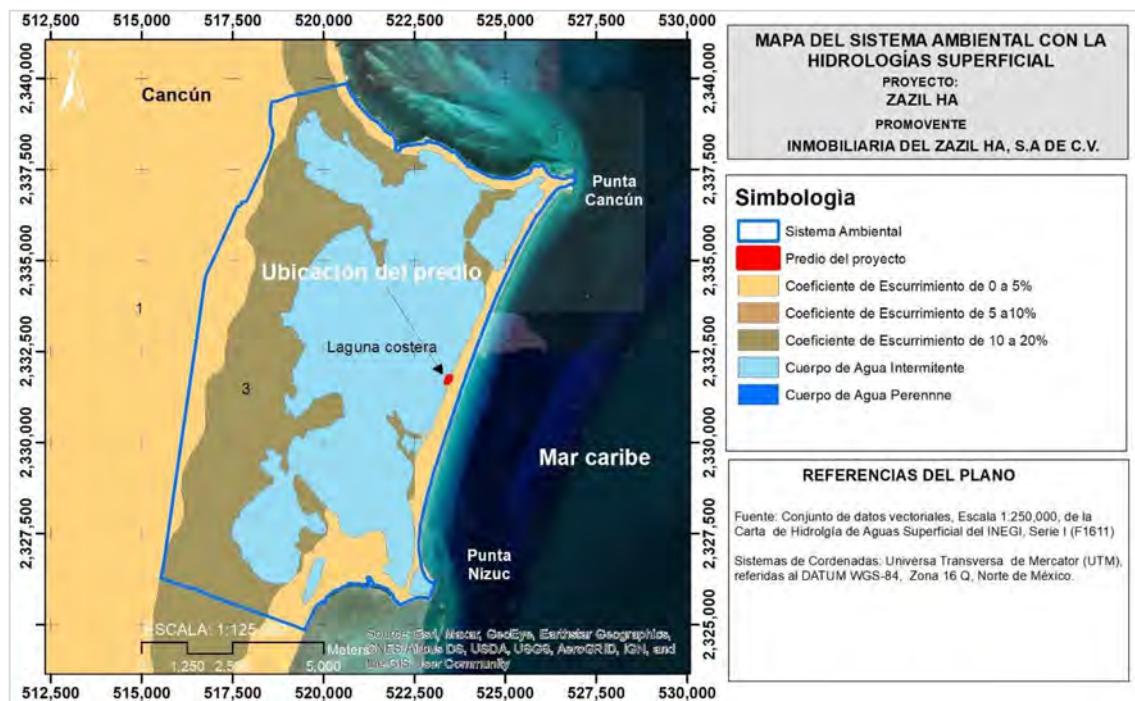


## Ilustración 27.-Distribución espacial de las principales características y condiciones del acuífero subterráneo del SA y el predio del proyecto.

#### IV.5.3.2 Hidrología Superficial Regional.

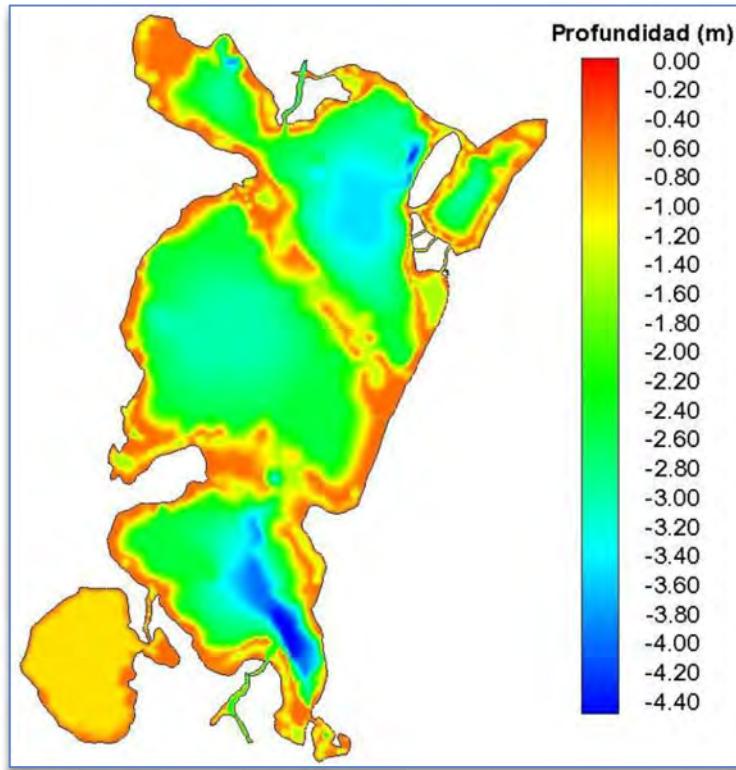
En el Estado de Quintana Roo, debido a su naturaleza cárstica existen pocos flujos superficiales; sin embargo, existen cuerpos de agua como lagunas, aguadas, y cuerpos de agua intermitentes.

De acuerdo al INEGI, el SA se ubica en la zona con coeficiente de escorrimiento 0 a 5% y en la zona con coeficiente de 10 a 20%. Es importante señalar que poco más del 50% de la superficie del SA, es decir 47,515,847.33 m<sup>2</sup> (4,751.58 Ha), está representada por el Sistema lagunar Nichupté, el cual está integrado por la laguna Bojórquez, Laguna Inglesa y la laguna Nichupté.



**Ilustración 28.- Distribución espacial de las principales características y condiciones de la hidrología superficial del SA.**

El sistema lagunar Nichupté consiste principalmente de cinco cuerpos de agua, todos ellos interconectados por canales bien definidos. Los cuerpos de agua son: laguna Bojórquez, laguna Nichupté Parte Norte, Parte Central, Parte Sur y la laguna de la inglesa. El complejo lagunar presenta fuertes gradientes de salinidad que reflejan su interacción con el mar abierto y las entradas de agua de poca salinidad a través de los manantiales ubicados en diferentes puntos. El complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez es bastante somero con profundidades variando entre 0.2 m y 4.4 m de profundidad. Entre la parte norte de Nichupté y el cuerpo de agua central existe una zona de bajos con profundidades que no pasan de 0.5 m. Estos bajos dificultan el intercambio de aguas entre los diferentes cuerpos de agua que conforman el sistema lagunar. Se pueden distinguir los canales de navegación y su comunicación hacia el mar abierto.



**Ilustración 29.-Batimetría del Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. Fuente: Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo. IMTA 2012.**

Todo el sistema se comunica con el mar abierto por las entradas del canal Cancún (puente calinda) y Canal Nizuc, por donde reciben aporte de agua marina, también tiene aportes de agua dulce a través de surgencias provenientes sobretodo de la parte occidental del sistema. Entre las lagunas y sus márgenes se extiende franjas de humedales, parte de los cuales se encuentran fraccionados por las dos carreteras que conecta la carretera principal Cancún-Tulum con la isla de Cancún, al Oeste colinda con una berma consolidada, sobre la cual se construyó la zona hotelera.

La vegetación dominante del sistema lagunar, está representada por comunidades extensas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*), no obstante, en la rivera o margen de las lagunas presenta en crecimiento de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) que unen prácticamente la tierra firme con la Isla Cancún. En cuanto a la fauna se pueden encontrar *Pteryx columba*, *Chione cancellata* y *Brachidontes cirrinus*, entre los peces más comunes se destacan el pargo (*Lutjanus griseus*), la mojarra blanca (*Gerres cinereus*) y el sábalo (*Megalops atlanticus*), así como otros géneros *Sparisoma*, *Scarus* y *A canthurus*.

De acuerdo con los resultados del estudio “Hidrodinámica y Transporte de Contaminantes y Sedimentos en el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez, Cancún,

Quintana Roo, México<sup>7</sup>; realizado por la CONABIO en el año 2007, el Sistema Lagunar Nichupté presenta las siguientes características:

**a) Batimetría del Sistema Lagunar Nichupté.**

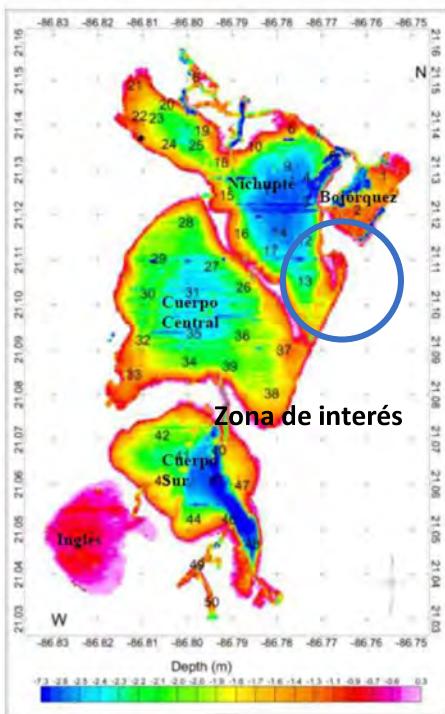
El SLN esencialmente es un cuerpo somero y plano el cual ha sido dragado en algunas zonas a una profundidad de entre 3 y 4 m con el fin de permitir el desplazamiento de embarcaciones, el resto de La laguna presenta una profundidad promedio de 1.90 m disminuyendo hacia las orillas. Estudios batimétricos han sido realizados por León y Escalante (1993), Carbajal (2008), Pedrozo (2008). Espinosag Bouchot (2011; realizó la batimetría para la Laguna Bojórquez). El IMTA actualizó la batimetría realizada por ellos mismos en el 2012.

Resultado de todas estas mediciones, Carbajal (2009) obtuvo que el complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez es bastante somero con profundidades variando entre 0.3 m y 5.0 m de profundidad. En las Figuras siguientes se puede ver que gran parte del sistema lagunar tiene profundidades de alrededor de 2 m. Entre la parte norte de Nichupté y el cuerpo de agua central existe una zona de bajos con profundidades que no pasan de 0.5 m. Estos bajos dificultan el intercambio de aguas entre los diferentes cuerpos de agua que conforman el sistema lagunar. Se pueden distinguir los canales de navegación y su comunicación hacia el mar abierto.

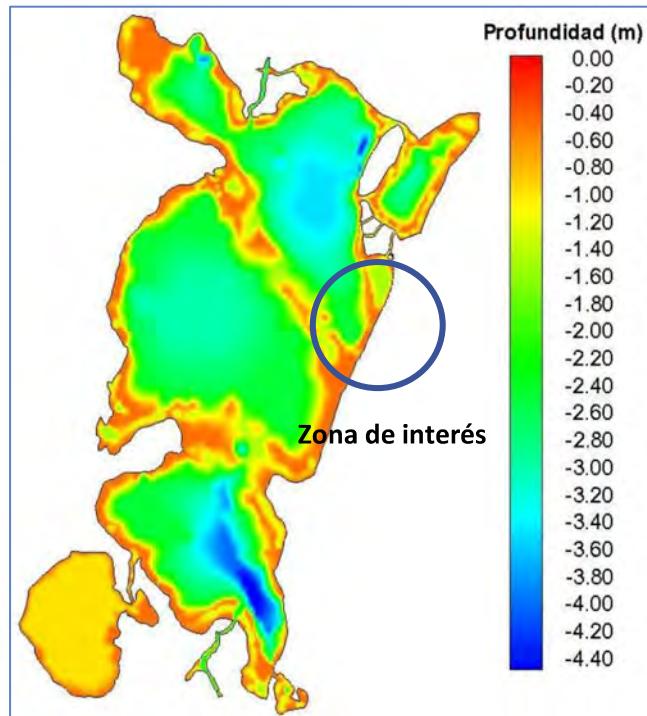
Durante el trabajo de medición de batimetría realizado por Carbajal (2009), se identificaron diferentes manantiales en el sistema lagunar. En la figura siguiente se marcan claramente las posiciones de estas fuentes de agua. De las mediciones que se describen en los capítulos posteriores se ha encontrado que los manantiales 1, 2 y 3 afectan considerablemente al sistema lagunar. Los manantiales del 4 al 20 afectan significativamente la distribución de salinidad. Para dar una idea de la dimensión de los manantiales, se muestra en la Figura que continúa una fotografía del manantial 1.

---

<sup>7</sup> CARBAJAL, N. 2009. *Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CQ063. México D. F. CONAPO (2005). Delimitación de Zonas Metropolitanas de México, Consejo Nacional de Población (CONAPO) y Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).*



Batimetría generada por Carbajal (2009). La flecha azul indica la ubicación aproximada del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto.



Batimetría del Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. Fuente: Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo. IMTA (2012).



Izq. Posición de los manantiales de agua en el sistema lagunar. Der. Manantial de agua 1, ubicado al noroeste de Nichupté.

### **b) Hidrodinámica del Sistema Lagunar Nichupté.**

La descripción de este apartado se basa en la revisión de varios documentos científicos y técnicos que se han generado para el Sistema Lagunar Nichupté. Todos ellos fueron generados con métodos validados, con mediciones en campo en la escala temporal, y analizados con diferentes modelos y estadísticos con validez científica y técnica. Dichos proyectos han sido elaborados por diferentes instituciones académicas, tales como la CONABIO, CICY, IMTA, Instituto de Ingeniería de la UNAM, entre otros.

El sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez, ubicado en la parte noreste de la Península de Yucatán, en el Estado de Quintana Roo, interacciona con el Mar Caribe a través de dos bocas: la boca Cancún en el norte y la boca en Punta Nizuc en el sur lo cual es relevante para la distribución de la salinidad. Estas bocas tienen un ancho de aproximadamente 50 y 30 m respectivamente. La profundidad en la boca Cancún es de aproximadamente 5 m y en Punta Nizuc de únicamente 3 m.

Las lagunas costeras están profundamente influenciadas por procesos marinos, continentales y atmosféricos. La dinámica en estos sistemas es afectada por las mareas, el oleaje, el viento, la precipitación pluvial, la evaporación, los flujos de agua dulce y el transporte de sedimentos. El balance entre todos estos procesos determina las características imperantes en cada laguna.

El sistema lagunar consiste principalmente de cinco cuerpos de agua, todos ellos interconectados por canales bien definidos. Los cuerpos de agua son: laguna Bojórquez, laguna Nichupté Parte Norte, Parte Central, Parte Sur; y la laguna del Inglés. Para fines prácticos vamos a distinguir la laguna de Nichupté en tres zonas; la Cuenca Norte, la Cuenca Central y la Cuenca Sur. Como se puede observar, estas cuencas están separadas por bajos de 0.5 m de profundidad. El predio y zona acuática de la laguna donde se propone el proyecto se ubica en la Cuenca Central en la parte centro-Este, a la altura de los bajos que dividen esta cuenca de la Cuenca Sur. El complejo lagunar presenta fuertes gradientes de salinidad que reflejan su interacción con el mar abierto y las entradas de agua de poca salinidad a través de los manantiales ubicados en diferentes puntos.

El área total del sistema lagunar ha sido estimado por Merino *et al.* (1990) y es del orden de  $5.0 \times 10^5 \text{ m}^2$ . El volumen total estimado por los mismos autores es de  $1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ . El ritmo de evaporación en esta zona del Caribe Mexicano es del orden de  $1.8 \times 10^3 \text{ mm/año}$  y la precipitación de  $1.1 \times 10^3 \text{ mm/año}$ . El área que incluye los humedales, la Isla de Cancún y la zona de tierra firme alrededor de la laguna es de aproximadamente  $48 \text{ km}^2$ .



Ilustración 30.- Sistema Lagunar Nichupté con la distribución de sus cuencas principales y lagunas.

El sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez está ubicado en una franja costera de mucha importancia ecológica. En ella desembocan aguas subterráneas y conforman un complejo interactivo de lagunas costeras, manglares, marismas, hábitat de aguas de baja salinidad y zonas ribereñas interconectadas por canales y que en general son receptoras de material, sólidos disueltos, partículas y una infinidad de recursos provenientes de tierra adentro (Escobar, 2002). El sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez tiene características muy propias y difiere enormemente de otras franjas costeras más comunes por la alta permeabilidad de la roca circundante y de lo plano de la orografía del lugar. El agua de lluvia no se acumula y se filtra inmediatamente, desconociéndose la estructura del flujo subterráneo de agua. No hay descargas de agua dulce por ríos, todos los flujos al sistema son por filtraciones subterráneas y por lluvia directa sobre su superficie. Morfológicamente, el sistema lagunar surgió, como otras muchas lagunas, a consecuencia del transporte de litoral de arena y sedimentos.

Las mareas en la región de Cancún son de amplitud pequeña (Ochoa *et al.*, 2005). En Cozumel, la máxima amplitud de 0.0699 m pertenece a la marea semidiurna lunar principal  $M_2$ . Le sigue la marea principal solar,  $S_2$  con una amplitud de 0.0314m.

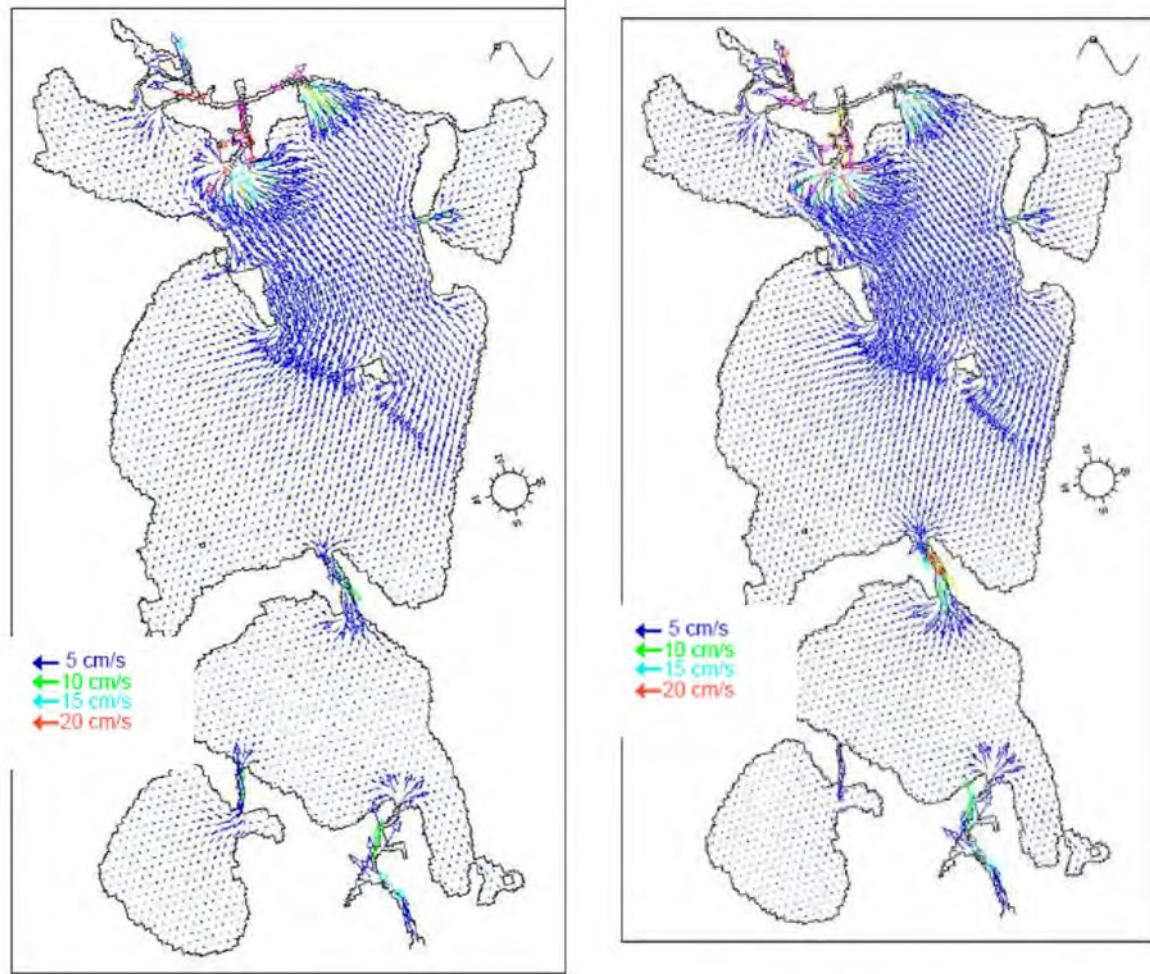
A continuación, se presentan resultados sobre la hidrodinámica del sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez obtenidos por el estudio de Carbajal (2009) y confirmados en el estudio de Hernández-Terrones (2014) durante otra campaña de mediciones en el SLN.

Del estudio de Carbajal (2009) se desprenden los siguientes resultados:

### **c) Hidrodinámica inducida por las mareas**

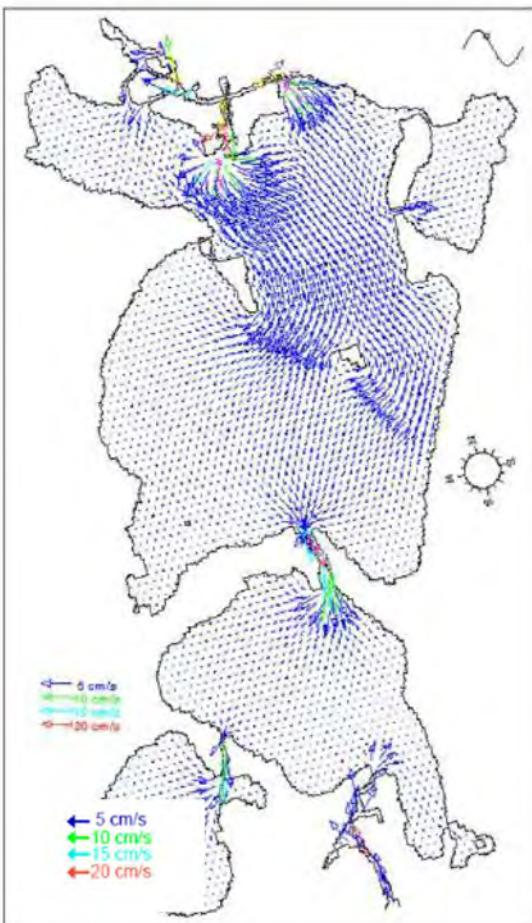
Se llevó a cabo una simulación numérica para la marea semidiurna dominante  $M_2$ . La diferencia de fase entre la boca Cancún al norte y la boca de Punta Nizuc es de tan sólo unos 5 minutos o equivalentemente de  $2.4^\circ$ . La onda de marea entrante en las bocas tuvo un valor de 0.07 m. De este modo se forzó la marea en el sistema lagunar. En la Figura 24a se muestra la circulación en el sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez a un octavo de periodo de componente de marea  $M_2$ .

La circulación inducida por las mareas se restringe a zonas aledañas a las bocas Cancún en el norte y en mucha menor importancia en la región de la boca Punta Nizuc. Las velocidades alcanzan valores del orden de 0.20 m/s en los canales vecinos a la entrada por la boca Cancún. Es interesante observar los abanicos de influencia en los canales que desembocan a la laguna de Nichupté, uno en el canal que desemboca hacia la parte norte y otro hacia la parte central de Nichupté. Se distinguen dos abanicos asociados al flujo de marea, uno más significante en la parte noroeste y el otro proveniente de Punta Nizuc en el sur de menor importancia.

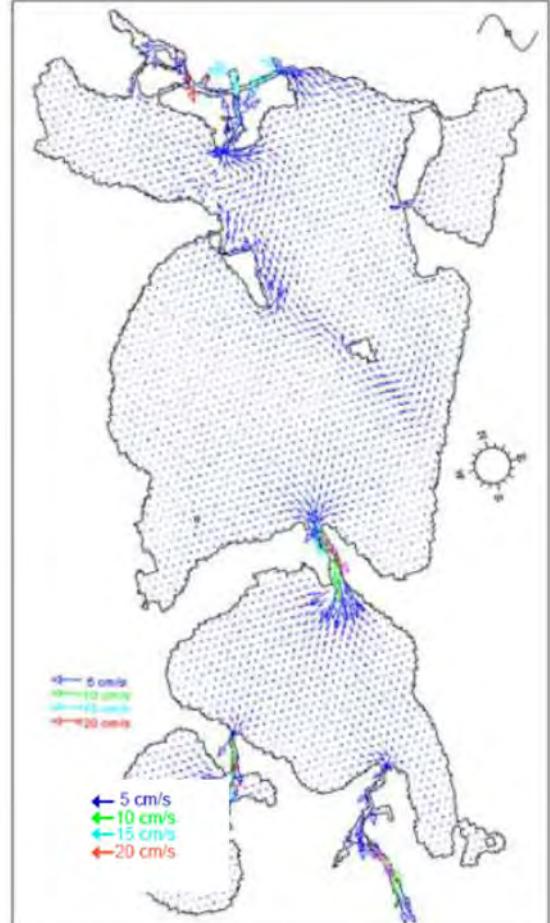


Flujo de la marea  $M_2$  a un octavo de periodo. Las velocidades están dadas en cm/s.

. Flujo de la marea  $M_2$  a un cuarto de periodo.



Flujo de la marea  $M_2$  a tres octavos de periodo.



Flujo de la marea  $M_2$  a la mitad de periodo. Tiempo de calma.

En la parte central de Nichupté, estos abanicos no parecen tener mucha influencia. El intercambio de aguas entre la laguna Bojórquez y Nichupté ocurre principalmente a través de la boca sur que comunica los dos cuerpos de agua y alcanza en esta etapa del periodo velocidades máximas de unos 0.03-0.04 m/s. En general, las mareas tienen una mayor influencia dinámica en la parte centro-norte de Nichupté. Por otro lado, los cuerpos de agua ubicados en la parte noroeste, en el sur y suroeste, no son influenciados por la propagación de la onda de marea  $M_2$  en el sistema lagunar a este instante del periodo. Es interesante mencionar que las velocidades asociadas a las mareas se incrementan en las zonas donde dos cuerpos de agua se comunican.

Así, por ejemplo, entre el cuerpo de agua de la laguna Inglés y Nichupté, las velocidades alcanzan valores del orden de 0.10 m/s. El flujo también se incrementa en las zonas muy someras del sistema. Se puede observar, por ejemplo, una franja de velocidades mayores que cruza de Oeste a Este en la parte central de Nichupté.

Un octavo de periodo más tarde, es decir, a un cuarto de ciclo, la distribución de flujo cambia ligeramente en el sistema lagunar (Figura 24 a y b). Las velocidades se incrementaron lo mismo que la zona de influencia de los abanicos. Las velocidades asociadas a flujos entre cuerpos de agua diferentes alcanzan valores de hasta 0.15-0.20 m/s entre la parte sur y norte de Nichupté. Entre Bojórquez y Nichupté las velocidades son del orden de 0.10 m/s. Si consideramos que la profundidad media en este canal que une a Bojórquez con Nichupté tiene una anchura de 60 m y una profundidad promedio de 1.5 m, podemos decir entonces que a esta velocidad de 0.10 m/s y en estos instantes de la circulación hay un flujo de aproximadamente  $9m^3/s$ . Puesto que parte de este flujo es recirculado otra vez hacia Bojórquez podemos deducir que el intercambio por mareas es demasiado pequeño.

La circulación por la marea  $M_2$  tiende ligeramente a ser menos intensa cuando se encuentra en los tres octavos de periodo (Figura 24c). Como se puede observar en la serie de tiempo mostrada en la parte superior derecha, el forzamiento en las bocas disminuye. Sin embargo, el intercambio de aguas entre los diferentes cuerpos o lagunas que conforman el sistema continúa siendo importante. Es interesante mencionar que en la laguna del Inglés por ser el cuerpo de agua más alejado de las bocas, debe presentarse un retardo en la fase. Este retardo ocurre como resultado del tiempo que necesita la onda para llegar a ese cuerpo de agua, pues esta laguna está ubicada en la parte más escondida del sistema, al menos en relación a la boca Cancún, ubicada en el norte y por la cual ocurre principalmente el forzamiento por mareas.

En las tres gráficas mostradas (Figura 24 a, b, y c) se puede apreciar que el flujo alcanza su máxima intensidad en los canales ubicados en los alrededores de la entrada en la boca Cancún y esto se mantiene durante todo el proceso de propagación de la onda de marea.

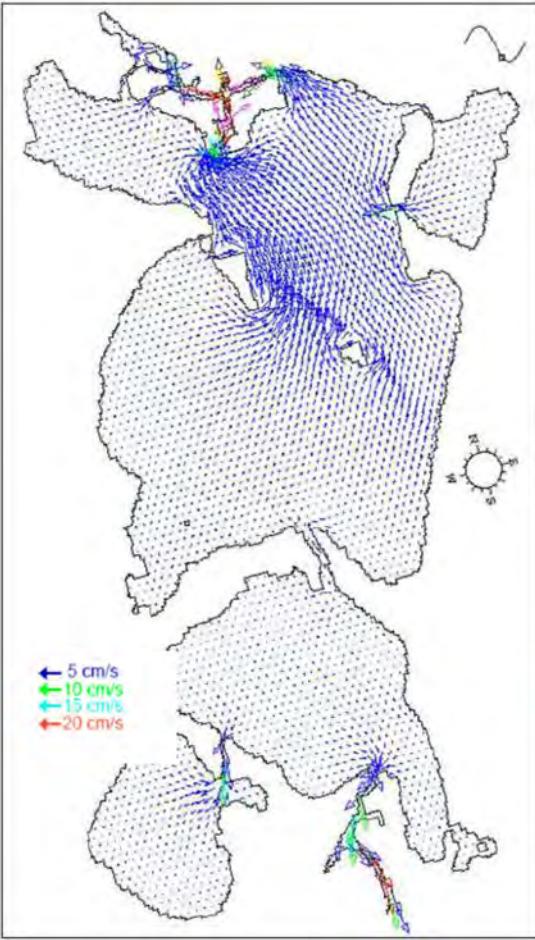
En la figura 24 d se muestra la circulación a la mitad del periodo de la  $M_2$ . Esto corresponde al tiempo de calma, es decir, cuando los flujos de marea cambian el sentido. Solamente en los canales cercanos a la boca Cancún y en los canales que unen los diferentes cuerpos de agua las velocidades son significativas, alcanzando incluso valores de hasta 0.15 m/s. En el resto del sistema lagunar las velocidades son bastante pequeñas.

La circulación a los tiempos de reflujo (flujo hacia el mar) son mostrados en las Gráficas siguientes Figura 25 A, B, C, y D. Por comparación con los flujos de marea mostrados en las Figuras 24 a, b y c anteriores, se deducen aspectos muy interesantes: sobre todo aquellos relacionados con las corrientes residuales que surgen de las diferencias existentes entre los procesos de flujo y reflujo de mareas. Así, por ejemplo, se observa que los reflujos hacia los canales no forman abanicos como aquellos que aparecen en las Figuras 24 a, b y c anteriores, por tanto, en estas zonas la circulación residual debe ser importante y capaz de tener una eficiencia importante en el transporte de sustancias disueltas en el agua. Generalmente, en las zonas donde los flujos y los reflujos son diferentes, la corriente

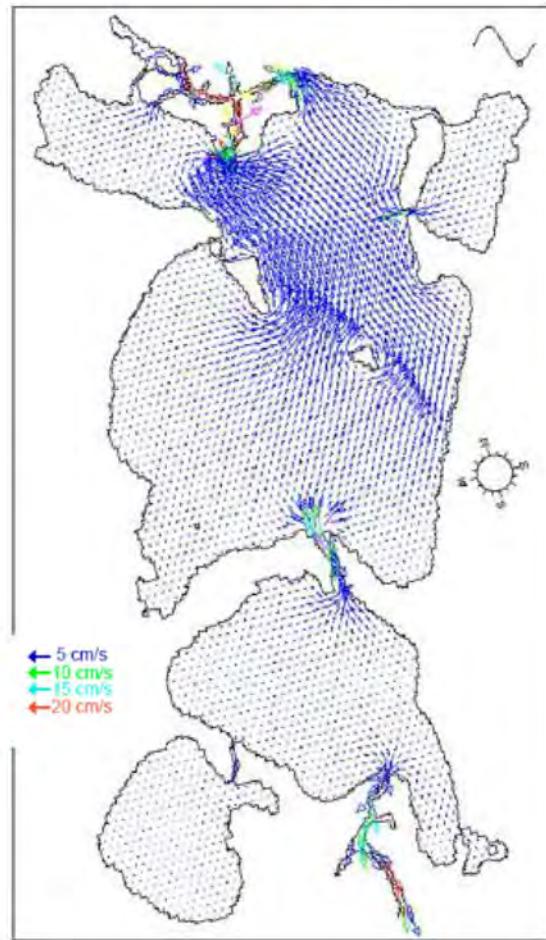
residual tiende a ser importante debido a que el denominado efecto de Stokes contribuye de manera importante a la corriente residual (Carbajal, 1998).

De toda la serie de gráficas se deducen los siguientes aspectos: la laguna de Bojórquez tiene poca capacidad de intercambio de aguas por la acción de mareas. La laguna del Inglés no se ve prácticamente afectada por las mareas. La influencia de las mareas se reduce a la parte norte y central de la laguna de Nichupté, sobre todo en las zonas de los abanicos. La acción de la marea por el canal de Punta Nizuc no afecta la parte sur de la laguna de Nichupté. La zona somera en la parte central de Nichupté amortigua sobre manera la capacidad de propagación de la marea en el complejo lagunar.

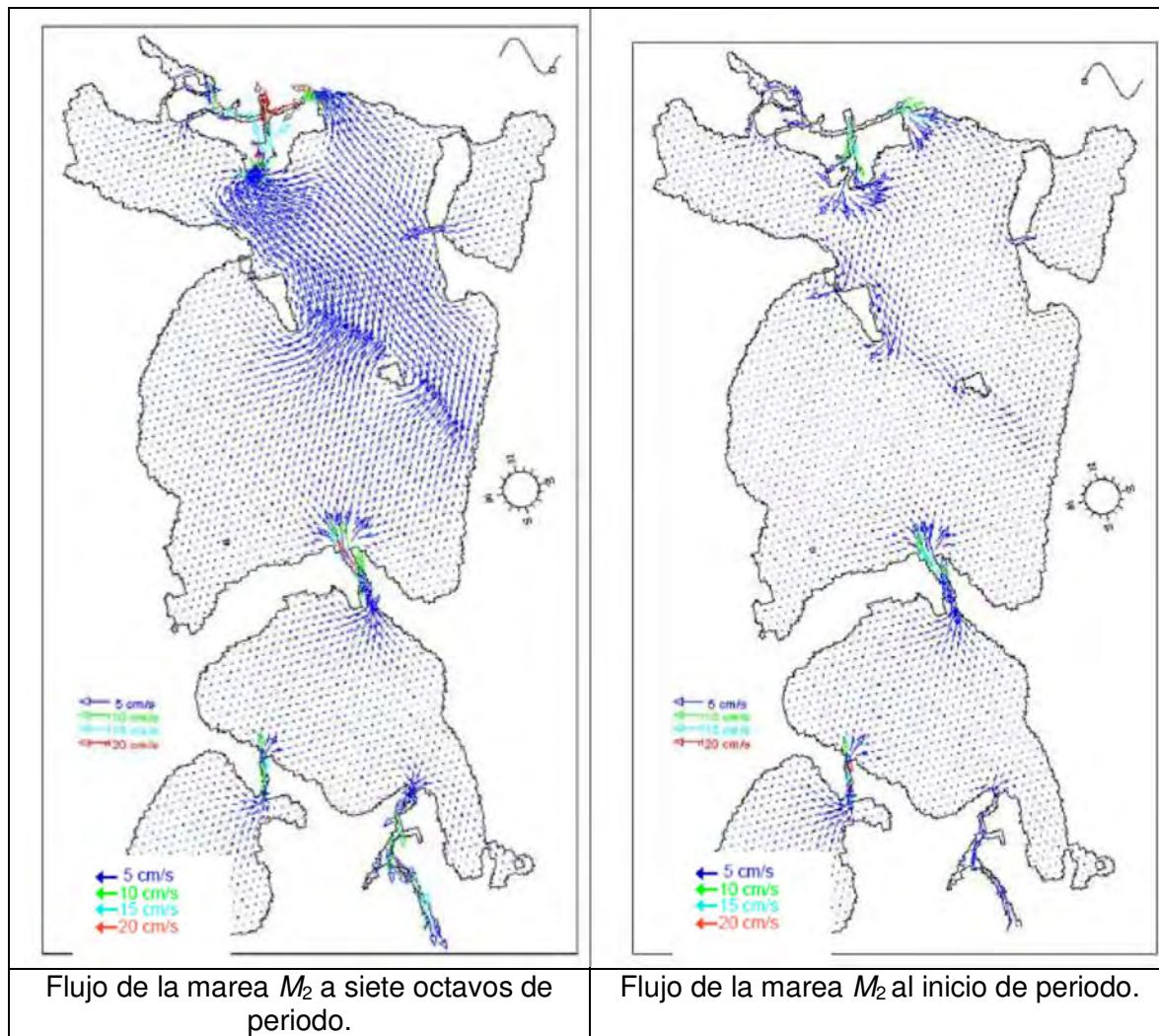
La serie de figuras mostradas a diferentes tiempos del periodo de marea, también muestra que, a pesar de las amplitudes relativamente pequeñas en las bocas Cancún y Punta Nizuc, las velocidades en los canales y en los abanicos alcanzan valores de hasta 0.20 m/s. La zona de acción de las mareas abarca la zona de los canales y buena parte de la laguna de Nichupté. Además, es interesante mencionar que la barra somera que divide a la laguna de Nichupté, prácticamente en dos cuerpos de agua, limita que las mareas se propaguen a la parte sur. La influencia de la Boca Nizuc en el sur se limita a la zona de los canales.



Flujo de la marea  $M_2$  a cinco octavos de periodo. Las velocidades están dadas en cm/s.



Flujo de la marea  $M_2$  a tres cuartos de periodo.



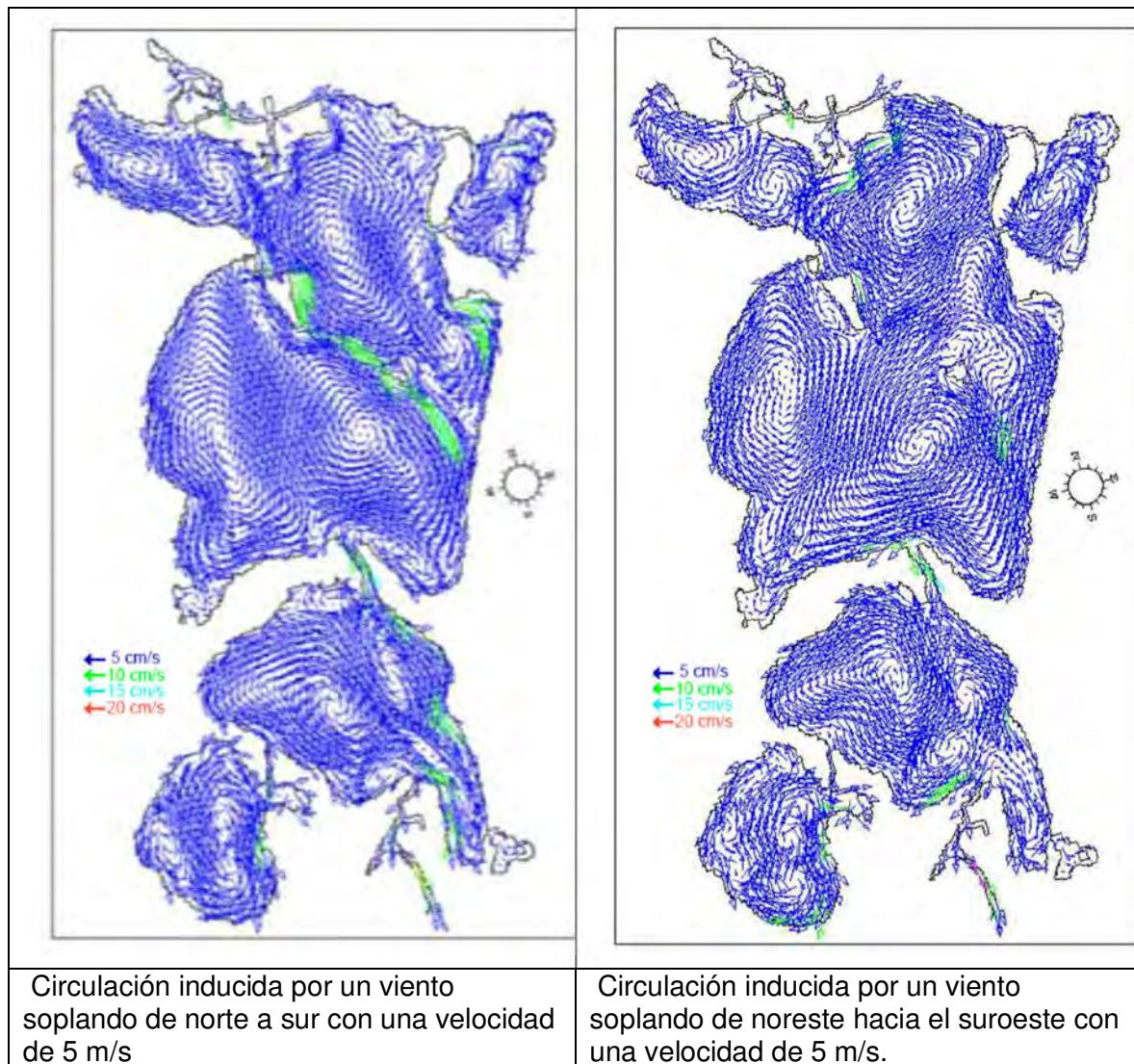
#### d) Hidrodinámica inducida por el viento

Estudios realizados en octubre de 1993 por el Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA) mostraron que los vientos provenían dominante mente del Noreste con velocidades típicas que variaban entre 1 y 4.5 m/s (León, 1993). Sin embargo, se han reportado promedios mensuales de velocidad del viento que varían entre 5m/s y 16 m/s (González *et al.*, 1992). Indudablemente esta intensidad de vientos debe ocasionar corrientes importantes en el sistema lagunar. Los vientos dominantes en la zona de Cancún muestran gran variabilidad, hay muchos eventos de intensos vientos con velocidades entre 25 y 30 km/h (7-8 m/s).

Resultado de la realización de experimentos de simulación numérica por Carbajal (2009), con vientos actuando sobre el sistema SLN desde diferentes direcciones, obteniendo los siguientes resultados:

En la figura 26a se puede observar que una gran cantidad de remolinos son inducidos por el viento proveniente del norte. En general, tal y como lo predicen las

teorías sobre circulaciones inducidas por el viento en cuencas cerradas, se producen dos remolinos en cada cuerpo de agua. Esto se pude observar en la laguna Bojórquez, en el cuerpo de agua ubicada en el noroeste, en el cuerpo de agua principal de la laguna de Nichupté en el norte y en la parte central, en el cuerpo de agua en el lado sur y en la laguna del Inglés. Es bien sabido que los remolinos tienen una gran capacidad de intercambio de aguas, pues pueden transportar de un lado a otro de una laguna sustancias disueltas en el agua. Por tanto, el viento puede redistribuir eficientemente el agua dulce proveniente de los manantiales y de los escurrimientos en la parte oeste y suroeste del sistema lagunar. Puede también redistribuir los contaminantes contenidos en las márgenes y provenientes de los asentamientos humanos y de los hoteles ubicados alrededor del sistema lagunar. La circulación por el viento transporta las aguas residuales de un lugar a otro del sistema lagunar y transportar sedimento fino de una región a otra. Es por ello que la laguna Bojórquez exporta sustancias hacia Nichupté. Se puede observar en la circulación mostrada en la figura 20a que las sustancias que eventualmente salieran de la laguna Bojórquez por la boca sur, podrían ser transportadas hacia el norte y luego con probabilidades de abandonar el sistema lagunar en combinación con las corrientes de marea. En todo caso, puesto que el viento es un fenómeno siempre presente en esta zona de la Península de Yucatán y considerando la presencia de remolinos en todo el sistema lagunar, los contaminantes vertidos en el sistema lagunar son redistribuidos en toda el área. La única laguna que no muestra un intercambio de aguas eficiente es la de Bojórquez, lo cual explica los altos valores de concentración de contaminantes dentro de la laguna como el nitrato, amonio, surfactantes, nitrito y fosfato. Otra fuente de contaminantes, puesta al descubierto en dichas mediciones, está ubicada en la parte noroeste del sistema lagunar, donde se midieron muy altas concentraciones de amonio y otras sustancias. En esta parte de la laguna, igualmente la presencia de los sugiere que el transporte es eficiente y estas sustancias son redistribuidas de tal modo que pueden alcanzar los canales de intercambio con el mar abierto, si la interacción con las mareas favorece este proceso.

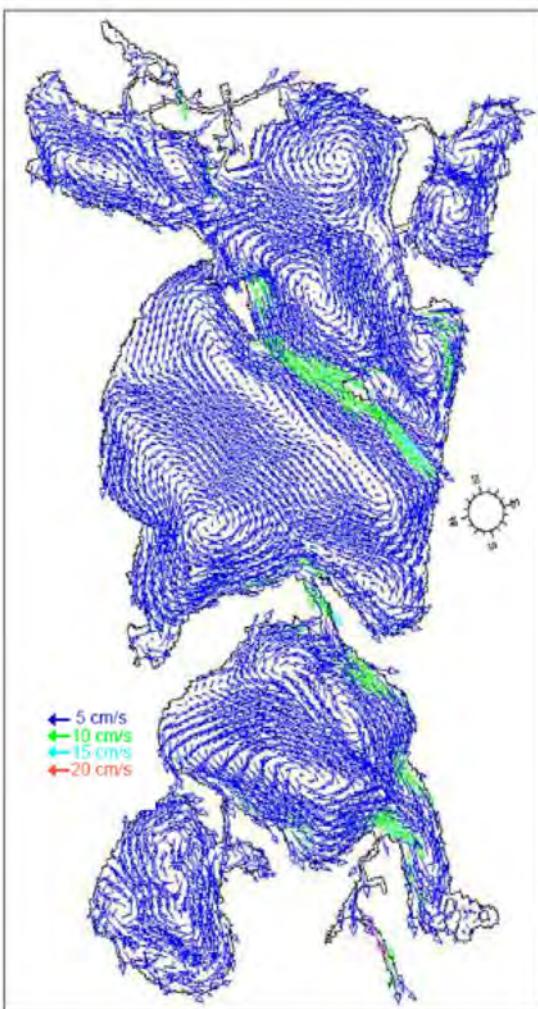


Adicionalmente, es interesante mencionar que, en las zonas más someras, la intensidad de las corrientes aumenta debido al efecto de continuidad, es decir, por conservación el flujo aumenta en las zonas donde disminuye la profundidad. Estas áreas están mostradas en verde en la figura 26a, en donde el flujo alcanza velocidades del orden de 0.08 a 0.10 m/s.

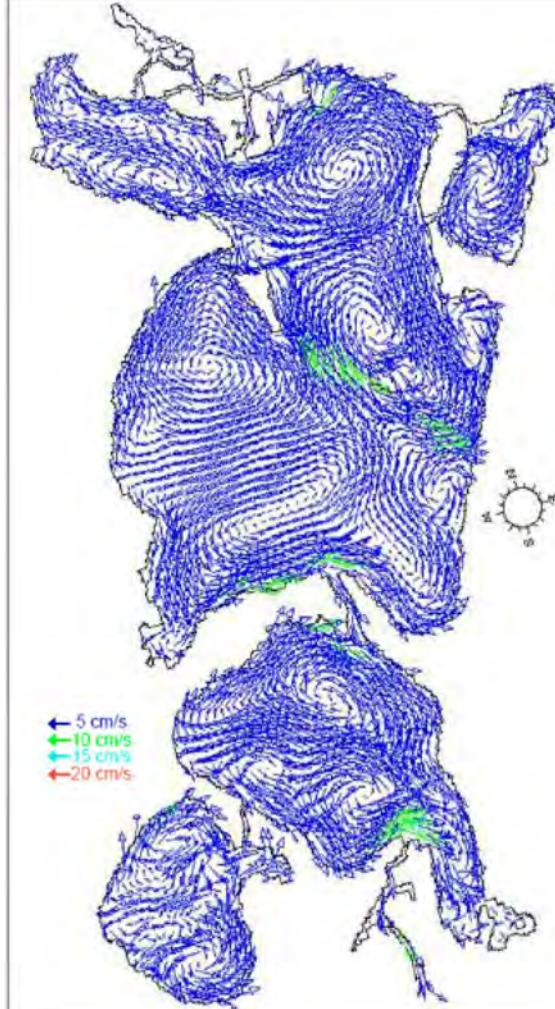
En general, los giros resultantes de noreste hacia el suroeste son similares a los que fueron obtenidos en la simulación con un viento del norte. Igualmente, el sentido de los giros o remolinos es el mismo. Sin embargo, podemos observar que a la salida de la boca sur que comunica a la laguna Bojórquez con Nichupté, la circulación se hace definitivamente hacia el sur, desapareciendo la ligera corriente hacia el norte que apareció en el cálculo con viento soplando del norte. En otras palabras, la circulación en la laguna de Nichupté parece ser muy sensible a la dirección con que sopla el viento, pues los patrones de circulación cambian significativamente. Se observa también que la circulación cambia en la laguna Bojórquez y en la laguna del Inglés. Es interesante mencionar adicionalmente que

la intensidad de las corrientes sobre los bajos disminuye claramente. Esto se puede observar por el hecho de que hay menos zonas verdes en la simulación numérica con un viento soplando del noreste hacia el suroeste. En la figura 27a se puede observar que la circulación en esta situación favorece el flujo hacia los canales que conducen a la zona de intercambio con el mar en la parte norte, es decir, en la boca Cancún. Finalmente, es conveniente comentar que la circulación resultante por viento proveniente del norte, noreste y noroeste genera en cada cuerpo de agua del sistema lagunar dos giros o remolinos. La posición del centro de los giros varía ligeramente con la dirección del viento. Este fenómeno es bien conocido en cuencas cerradas y semi-cerradas. Esto se puede ver en las simulaciones para vientos del noroeste y del oeste mostradas en las figuras 27a y 27 b. En general, un criterio para entender la circulación resultante por un viento de una determinada dirección, es considerar que el flujo de agua será dominantemente en la dirección del viento en las zonas más someras de los cuerpos de agua, y un reflujo, contrario a la dirección del viento, en las partes más profundas.

El análisis de la circulación resultante en todos los casos presentados aquí, revela que este criterio se cumple ampliamente. Por ejemplo, en la figura 27a se puede observar que el giro con circulación ciclónica (contrario a las manecillas del reloj), ubicado en la parte norte de Nichupté y que aparece en los cálculos con vientos provenientes del norte y noreste, cambia a un giro con circulación anticiclónica (en el sentido de las manecillas del reloj) con un viento del noroeste. Este cambio en el sentido de rotación del giro, para un cambio de dirección del viento de  $45^\circ$ , refleja perfectamente lo sensible que pueden ser los sentidos de rotación de los giros a la dirección del viento. Este cambio en la dirección de la circulación en los giros tiene indudablemente consecuencias en la capacidad de intercambio de aguas entre los cuerpos de agua que componen el sistema lagunar y finalmente entre el sistema lagunar y el mar abierto. Puesto que el intercambio de aguas está íntimamente relacionado al transporte de materiales y sustancias, la circulación inducida por el viento debe estar estrechamente relacionada a la capacidad de exportar sustancias contaminantes de un cuerpo de agua a otro o del sistema lagunar al mar abierto.



Circulación inducida por un viento soplando de noroeste hacia el sureste con una velocidad de 5 m/s.



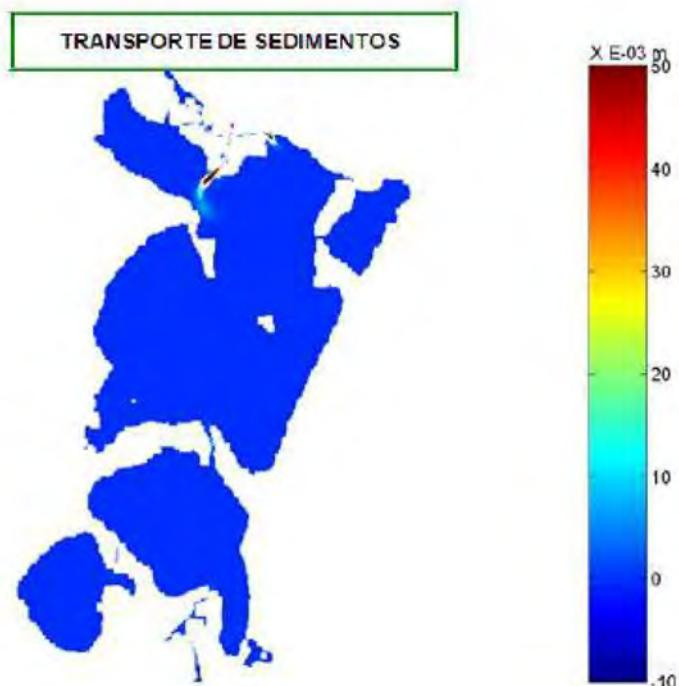
Circulación inducida por un viento soplando del oeste hacia el este con una velocidad de 5 m/s.

Además, puesto que el viento en determinadas estaciones del año fluye dominantemente, o en promedio, de una dirección, es lógico suponer que ciertas estaciones del año favorecerán la eliminación de sustancias contaminantes del sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez. Este resultado es muy importante en la capacidad del sistema de renovarse y de que los tiempos de residencias varían de una estación a otra. La rosa de vientos, mostrada líneas arriba de este Capítulo para la ciudad de Cancún, indica que hay vientos prácticamente de todas las direcciones, con vientos dominantes provenientes del noreste (vientos alisios). Este hecho justifica todos los experimentos con diferentes direcciones de viento descritos en dicho estudio.

### e) Transporte de sedimentos.

Carbajal (2009) efectuó varios experimentos sobre el transporte de sedimentos como carga de fondo, en todos ellos el transporte de sedimentos por el viento resultó bastante pequeño. Esto indica que el viento, que normalmente sopla sobre el complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez, no alcanza a producir las velocidades necesarias para superar a la velocidad crítica de 0.3 m/s, necesaria para iniciar el transporte. Por este motivo efectuaron experimentos con mareas y encontraron algunos procesos muy interesantes.

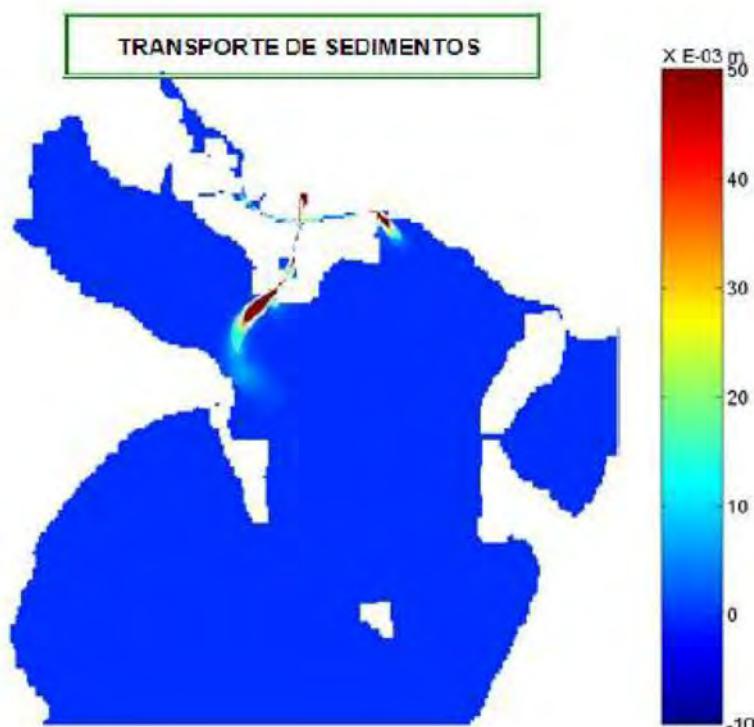
En la Figura siguiente, se muestra el transporte de sedimentos como carga de fondo causado por la marea lunar principal. Se puede ver que hay un intercambio de sedimentos únicamente por la boca Cancún. El sedimento se propaga a lo largo de los canales, hacia el oeste, hacia el este y el principal hacia el cuerpo de la laguna de Nichupté. Se puede ver que únicamente en estas zonas la velocidad crítica es superada, por lo que no ocurre en otras áreas el transporte de sedimentos. En la parte sur, en el canal que conduce a Punta Nizuc, hay también un ligero transporte de sedimentos. Estos resultados indican que hay un intercambio de sedimentos entre la costa y el sistema lagunar. Esto ocurre, porque a lo largo de la costa ocurre lo que se llama el transporte de litoral de arena o sedimentos. Cuando llega a aperturas hacia cuerpos de agua como las lagunas costeras, ocurre la interacción y el sedimento puede entrar a las lagunas. El transporte de sedimentos como carga de fondo es un proceso muy lento y ocurre en escalas de años (Carbajal *et al.*, 2005). La distribución mostrada en la figura siguiente, es después de un año de simulación.



Transporte de sedimentos después de un año de simulación.

Con el propósito de observar mejor el transporte de sedimentos como carga de fondo, mostramos en la Figura 29 una ampliación de la zona de Nichupté donde ocurre el transporte de sedimentos. En ella se puede ver que el transporte al final del canal principal tiende a girar hacia el este en la dirección a los bajos. Estos cálculos muestran que muy probablemente este fue el mecanismo por el cual se formaron los bajos en esa parte de Nichupté e incluso en otras áreas.

El complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez tiene el mayor intercambio de aguas a través de la boca Cancún en el lado norte. Aunque en esta boca se observan velocidades de 0.5 m/s, el alcance del intercambio es relativamente bajo, pues la presencia de manglares enfrente de la boca Cancún amortigua significativamente la movilidad del agua, reduciéndose a algunos canales de navegación. El tráfico de lanchas, yates y otras embarcaciones es intenso a través de esta boca.



Acercamiento de la parte norte del Sistema Lagunar donde se observa el transporte de sedimentos por la boca Cancún.

### **Calidad del Agua del Sistema Lagunar Nichupté.**

La calidad de agua dentro del SLN fue modificada desde años atrás desde el inicio de la conformación de Cancún como centro turístico en la parte de la zona hotelera y su subsecuente desarrollo urbano en la parte continental al oeste del SLN. Durante esta conformación fue destruido y rellenada buena parte del manglar que servía como filtro para el agua que provenía de la parte oeste, el agua comenzó a provenir contaminada de la zona urbana; asimismo fue desmontado manglar y rellenado

matorral costero para conformar el terraplén y la vialidad de acceso principal que es el Boulevard Kukulcán; se cerraron las bocas de comunicación que conectaban el SLN con el Mar Caribe (Pedrozo, 2008) en diferentes puntos, las cuales se abrían esporádicamente durante huracanes y tormentas permitiendo el intercambio de agua de mar y de la laguna y con ello su renovación. Durante el inicio de la conformación de Cancún, la maquinaria removió del fondo grandes volúmenes de sedimentos ricos en nutrientes en el SLN, lo que originó una fertilización de la laguna, se enturbiaron sus aguas y se favoreció el crecimiento de algas flotantes que le dan un desagradable aspecto, las cuales despiden malos olores al descomponerse. A esto debe agregarse la contaminación que ingresa por las actividades de navegación y recreación en la laguna y a la práctica de varios restaurantes de arrojar desperdicio de alimentos, lo que les permite deshacerse de ellos y atraer cocodrilos, los que proporciona un atractivo turístico adicional. El complejo lagunar tiene una fuerte presión por el gran número de hoteles ubicados principalmente en la barra localizada al lado Este, pero también en lado Occidental por la ciudad de Cancún y algunas zonas que fueron usadas como basureros.

El desordenado uso recreativo de la laguna es una de las principales causas de su deterioro ya que diariamente la atraviesan una cantidad creciente de embarcaciones que utilizan escapes bajo el agua y vierten grandes cantidades de aceite y gasolina en forma no controlada. Estas sustancias van dañando poco a poco los pastos y la fauna marina que viven en ellos, por lo que se ha recomendado que se desarrollen políticas de navegación en la laguna y que exista un control sobre el tipo de embarcaciones adecuadas para un sistema lagunar como el de Nichupté, y que se establezcan canales de navegación bien definidos, regulando los tipos de embarcación que puedan circular en ellos.

Los estudios batimétricos que se realizaron en el complejo lagunar revelaron la presencia de fuentes o manantiales naturales de agua en varios puntos del complejo lagunar. Las mediciones hidrográficas y químicas de muestras de agua en los manantiales mostraron que el agua que brota está bastante contaminada y está, antes de salir a la superficie, ya mezclada con agua de mar.

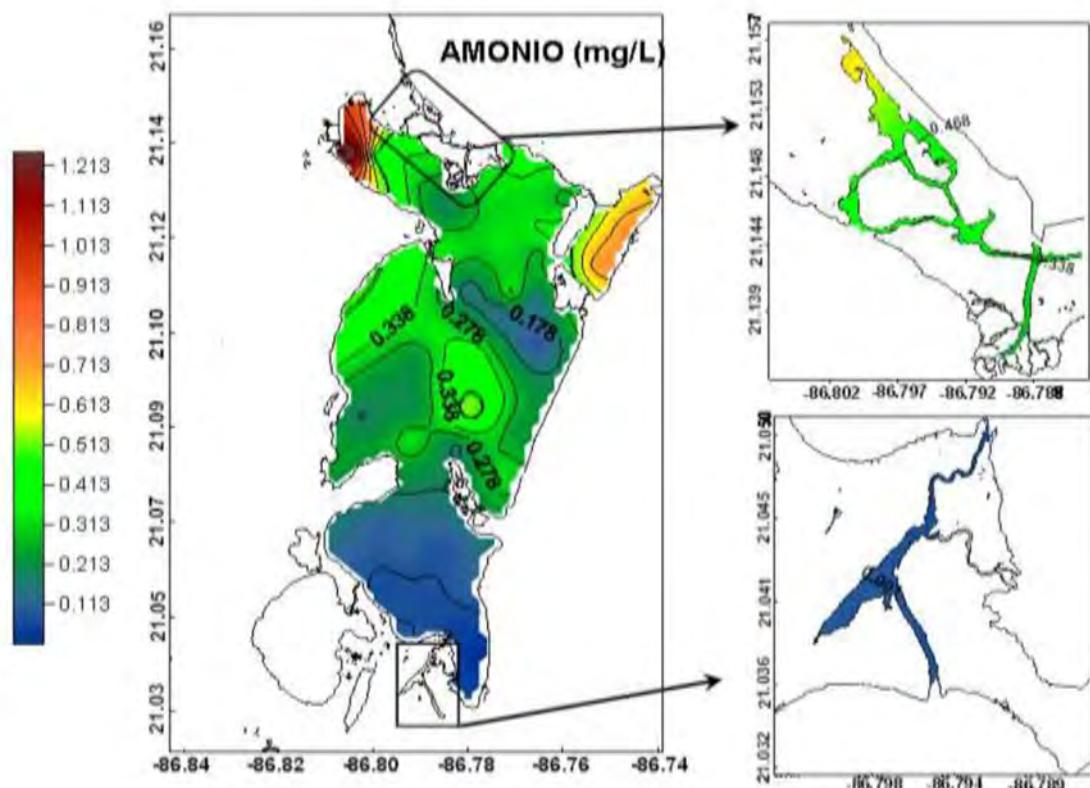
El cuadro siguiente, muestra las diferencias identificadas para las principales variables entre el estudio realizado por Carbajal (2009) y el de Hernández-Terrones (2014). Además, se incluye la comparación con respecto a los criterios ecológicos de calidad de agua (CE-CCA-001/89), para protección de la vida acuática en áreas costeras y con respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996, descargas de aguas residuales en aguas costeras. Como se observa, la normatividad no ha sido modificada desde los años 90's, y no existe un límite máximo permisible para algunos parámetros como los detergentes, sulfatos.

En el caso del Sistema Lagunar Nichupté, las concentraciones para algunos parámetros como los nutrientes han disminuido en siete años, sin embargo, aún se está lejos del criterio de calidad del agua, si bien de manera general se cumple con la normatividad, hay sitios en el sistema que presentan problemas por altas concentraciones de nutrientes, por ejemplo.

Cuadro 4. Comparativo de los diferentes parámetros, entre estudios (Carbajal, 2009 y Hernández-Terrones, 2014) en función de la normatividad.

Parámetro	Unidades	Normatividad		Carbajal (2009)		Hernández-Terrones, (2014)		Comparación entre estudios ↑ Incumplimiento ↓ Exceso ↔ Si cumplen
		CE-CCA-001-1989	NOM-001 SEMARNAT 1996	Lluvias 2006	Secas 2007	Lluvias 2013	Secas 2014	
Temperatura	°C	-	40	21-28	24.5-27.5	26-29	25-28	
pH		-	5-10	7.6-8.1	8.0-8.4	7.1-8.2	7.3-8.3	
Salinidad		-		20-31	22-34	4.30	4-36	
Nitratos	Mg/L	0.04	-	<LD-4.5	<LD-4.5	0.05-1.0	0.3-2.6	↓ exceso
Amonio	Mg/L	0.01	-	0.1-1.2	<LD-1.5	0.08-0.46	0.14-0.7	↓ exceso
Fosfatos	Mg/L	0.002	-	0.1-1.2	<LD-0.5	0-4.6	0.32-0.72	↓ exceso
Detergentes (SAAM)	Mg/L	-	-	<LD-2.4	<LD-4.0	0.0-0.021	0.0-0.004	↓ exceso
Cadmio	Mg/L	-	0.2	0.005-0.125	0.005-0.125	ND	ND	
Plomo	Mg/L	-	0.4	0.9-2.4	0.1-0.7	ND	ND	
Oxígeno disuelto	Mg/L	5	-	8.4-12.0	7.5-13.5	2.0-11.5	2.0-10.0	
Coliformes fecales	NMP/100 ml	200	1000-2000	No fueron analizados		Ausencia	Ausencia	

Las zonas con mayores valores de parámetros de sustancias indicadores de contaminación fueron registradas en la Laguna Bojórquez y en la parte noroeste del SLN donde se ubica Malecón Tajamar (Carbajal, 2009; Hernández-Terrones, 2014).



**Ilustración 31.- Medición de Amonio en noviembre de 2006 por Carbajal (2009).** Figura para ilustrar las dos áreas del SLN donde fueron detectados los mayores valores de contaminantes: 1) Laguna Bojórquez y 2) En la parte Noroeste a la altura de lo que es Malecón Tajamar, donde hay una importante cantidad de manantiales. Estos mismos patrones de distribución de contaminantes fueron obtenidos por Hernández- Terrones (2014).

Un componente fundamental en el proceso de dispersión de los contaminantes es la hidrodinámica del sistema lagunar. Son las corrientes inducidas por el viento, por las variaciones de densidad y por las mareas las que transportan los contaminantes. Puesto que el sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez es bastante somero, las corrientes inducidas por gradientes horizontales de densidad no deben ser de importancia y rápidamente frenadas por fuerzas de fricción (Carbajal, 2009).

#### f) Transporte de Contaminantes (Carbajal, 2009).

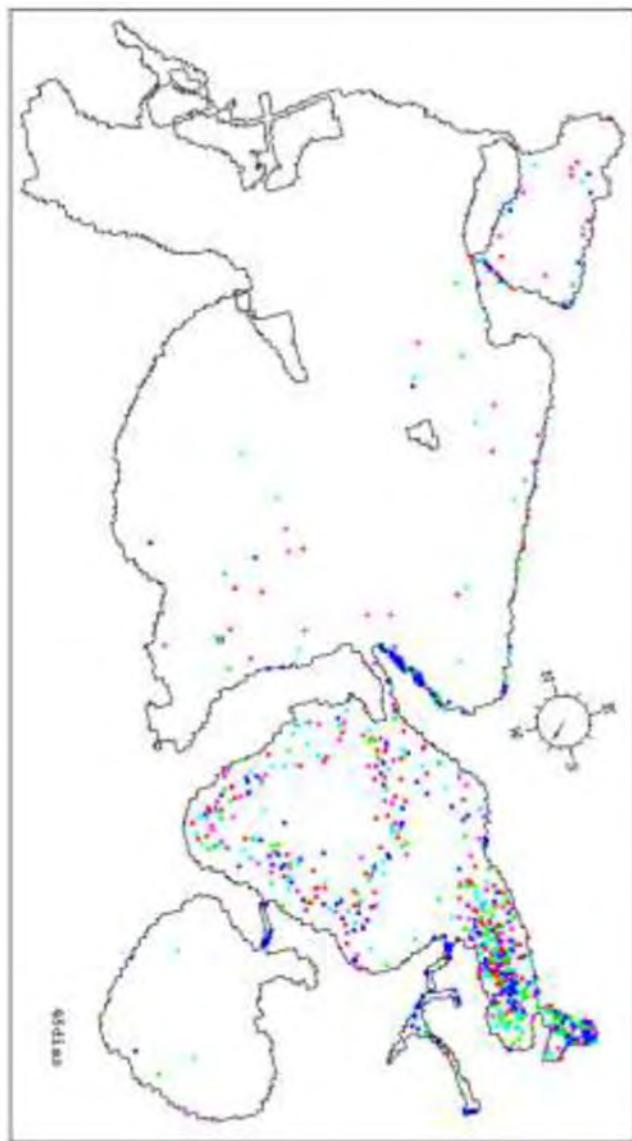
De acuerdo con Carbajal (2009), el viento del noroeste en la laguna Bojórquez no es eficiente en exportar sustancias pasivas hacia Nichupté. Este viento del noroeste no contribuye a reducir el tiempo de residencia de partículas en Bojórquez.

Afortunadamente, de la rosa de vientos, mostrada en la Figura 5, estos vientos no son dominantes sobre el sistema lagunar.

El viento del noreste es bastante efectivo en exportar partículas hacia Nichupté, incluso hacia la parte más al sur del sistema lagunar. A partir de las figuras siguientes, se puede constatar que el sistema lagunar de Nichupté-Bojorquez exporta a través de la boca Punta Nizuc partículas hacia el mar abierto. Este es un resultado muy importante pues el viento del noreste es dominante según la rosa de viento mostrada con anterioridad, además la laguna Bojórquez es el cuerpo de agua más contaminado. Este transporte de partículas hacia el sur puede explicar las relativamente altas concentraciones de nutrientes, surfactantes y metales pesados observadas en la parte sur del sistema lagunar. Se puede observar en la Figura 32, que después de 45 días, prácticamente todas las partículas puestas en la laguna Bojórquez han sido exportadas hacia Nichupté. Este resultado quiere decir que, en la estación, en la que los vientos alisios provenientes del noreste, son más intensos el sistema lagunar debe ser capaz de reducir substancialmente el tiempo de residencia de sustancias químicas pasivas vertidas a la laguna Bojórquez. Es, además, interesante mencionar que por la boca Cancún, más cercana a Bojórquez, no hay manera de que con estos vientos logren salir partículas al mar abierto.



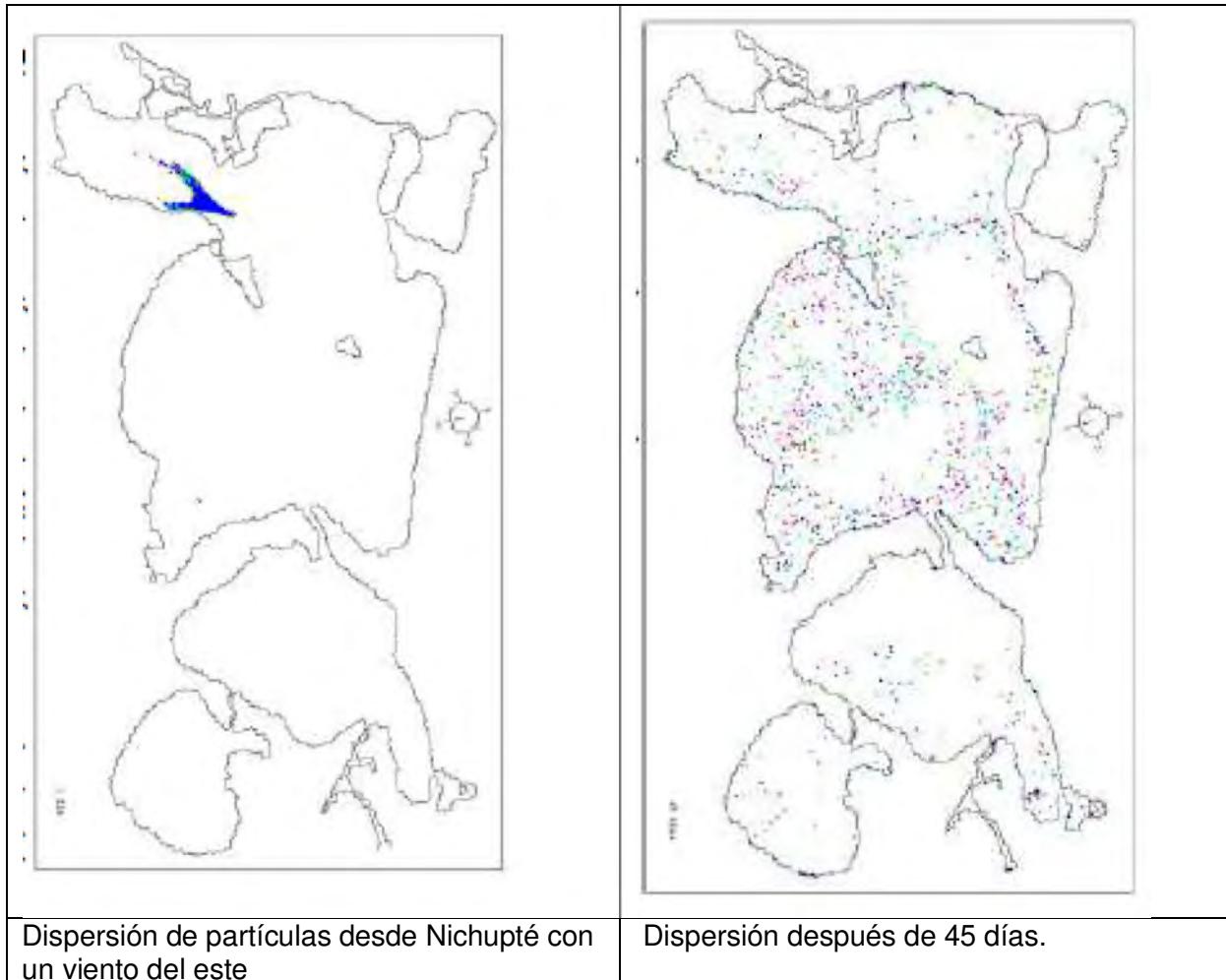
Ilustración 32.-. Dispersión de sustancias después de 8 días.



**Ilustración 33.- Dispersión de sustancias después de 45 días.**

Las intensas mediciones de nutrientes, contaminantes, salinidad y metales pesados indican que la parte noroeste de la laguna Nichupté es una fuente importante de todas estas sustancias químicas. En los estudios batimétricos a gran detalle que se efectuaron en todo el sistema lagunar, se identificaron varios manantiales en esa parte de Nichupté. La inspección de estos manantiales mostró que la cantidad de agua fluyendo es importante y por la turbidez y gran cantidad de nutrientes se infiere que estas aguas deben provenir, al menos en parte, de la ciudad de Cancún. El mecanismo de cómo el agua dulce de lluvia infiltrada en el subsuelo se mezcla con aguas residuales de la ciudad de Cancún y con el agua de mar se desconoce aún. Por este motivo se realizó un experimento de modelación numérica de dispersión de partículas desde la parte noroeste de Nichupté con un viento actuando desde el noreste. Este viento es muy común como

se observa en la rosa de vientos mostrada en la Figura siguiente. De la serie de gráficas mostradas en las Figuras 26 y 27, se puede observar que el transporte de partículas ocurre principalmente hacia el este. En la Figura 20b, se muestra la circulación con un viento proveniente del noreste. En ella se puede ver que en la zona donde están las fuentes de partículas hay una fuerte circulación hacia el este, esto explica la dispersión de las partículas en esa dirección. Después de 8 días, la serie de remolinos inducidos por el viento logran transportar las partículas a prácticamente todo el sistema lagunar. Finalmente, después de 45 días, las partículas están homogéneamente distribuidas en todo el sistema lagunar.



Se ha discutido a detalle la acción del viento soplando desde diferentes direcciones sobre la dispersión de sustancias pasivas en el sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez. Se encontró que los vientos provenientes del noreste y este son bastante efectivos en dispersar los contaminantes cuyas fuentes estuvieron ubicadas en la laguna Bojórquez y en la parte noroeste del Nichupté. Se escogieron estas dos posiciones para las fuentes, basados en que las concentraciones de contaminantes mostraron ser bastante altas en esas zonas. Es importante mencionar que no se presentaron modelaciones numéricas sobre la dispersión de contaminantes causadas por la circulación inducida por las mareas. Las mareas son un proceso fundamentalmente oscilatorio, es decir, los

contaminantes son desplazados con el flujo en una dirección y traídos de regreso con el reflujo a casi la misma posición que tenían originalmente. Despues de un ciclo de mareas, semidiurno de aproximadamente 12 horas o diurno de alrededor de 24 horas, el contaminante prácticamente se ha desplazado muy poco. En otras palabras, los flujos oscilatorios no son muy efectivos, por lo general, en dispersar contaminantes. Sin embargo, es conveniente mencionar que existen corrientes de mareas residuales que son el resultado neto después de un ciclo de la constituyente de marea considerada. En el caso del complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez, el viento es definitivamente el responsable de la dispersión de contaminantes.

De la hidrodinámica y calidad de agua del SLN, se puede concluir lo siguiente:

- El sistema lagunar de Nichupté-Bojórquez tiene interacción con el mar abierto a través de las bocas Cancún en el norte y Punta Nizuc en el sur, interactúa también con el agua subterránea a través de más de 20 manantiales de agua ubicados principalmente en el lado oeste del complejo lagunar.
- El complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez es bastante somero con profundidades variando entre 0.3 m y 5.0 m de profundidad. Gran parte del sistema lagunar tiene profundidades de alrededor de 2 m. Entre la parte norte de Nichupté y el cuerpo de agua central existe una zona de bajos con profundidades que no pasan de 0.5 m. Estos bajos dificultan el intercambio de aguas entre los diferentes cuerpos de agua que conforman el sistema lagunar. Sufre la acción del viento, principalmente de los alisios y de las mareas a través de las dos bocas.
- El sistema es bastante somero, los vientos del noreste y este son los más efectivos en dispersar las sustancias pasivas. Únicamente el viento del noreste fue capaz de exportar partículas hacia el mar abierto por la parte sur del sistema. Pero se demostró que bajo la acción de estos vientos los contaminantes se distribuyen por todo el sistema lagunar. Esto explica las concentraciones de nutrientes y metales pesados encontrados en las mediciones.
- La laguna de Bojórquez tiene poca capacidad de intercambio de aguas por la acción de mareas. La laguna del Inglés no se ve prácticamente afectada por las mareas. La influencia de las mareas se reduce a la parte norte y central de la laguna de Nichupté (donde se ubica el área de estudio de la presente MIA-P), sobre todo en las zonas de los abanicos. La acción de la marea por el canal de Punta Nizuc no afecta la parte sur de la laguna de Nichupté. La zona somera en la parte central de Nichupté amortigua sobre manera la capacidad de propagación de la marea en el complejo lagunar.
- Está demostrado la influencia de agua relativamente dulce que sale por los manantiales sobre la distribución de la salinidad.

- El transporte de sedimentos que fue modelado numéricamente demostró que muy probablemente las zonas de bajos encontrados en el sistema lagunar se deben a sedimento que entra por la boca Cancún y es transportado hacia la zona media de Nichupté.
- Del transporte de contaminantes se encontró que los vientos provenientes del noreste y este son bastante efectivos en dispersar los contaminantes cuyas fuentes estuvieron ubicadas en la laguna Bojórquez y en la parte noroeste del Nichupté. Es importante mencionar que no se presentaron modelaciones numéricas sobre la dispersión de contaminantes causadas por la circulación inducida por las mareas. Las mareas son un proceso fundamentalmente oscilatorio, es decir, los contaminantes son desplazados con el flujo en una dirección y traídos de regreso con el reflujo a casi la misma posición que tenían originalmente. En el caso del complejo lagunar de Nichupté-Bojórquez, el viento es definitivamente el responsable de la dispersión de contaminantes.
- El SLN padece la acción antropogénica directa de la zona hotelera y de la ciudad de Cancún a través de las descargas de aguas residuales vertidas directamente o por conducción subterránea y que aflora en el sistema lagunar en los manantiales. Intermítentemente, esta zona de la Península de Yucatán es afectada también por huracanes que ocasionan daños severos al ecosistema, magnificados por las obras hidráulicas y de hoteles en la zona de la costa. Afectan la calidad del agua el paso de las innumerables lanchas, el corte de manglar y la afluencia de sustancias químicas que deterioran al sistema lagunar.
- En el caso del Sistema Lagunar Nichupté, las concentraciones para algunos parámetros como los nutrientes han disminuido en siete años (de las mediciones de Carbajal en 2006 y 2007 a las hechas por Hernández-Terrones en 2014), sin embargo, aún se está lejos del criterio de calidad del agua, si bien de manera general se cumple con la normatividad, hay sitios en el sistema que presentan problemas por altas concentraciones de nutrientes.
- Se ha constatado la entrada de aguas residuales a través de la medición de nutrientes en todo el sistema lagunar, identificado las zonas conflictivas y demostrando que el agua que sale de los manantiales debe tener contacto con aguas residuales de Cancún.
- Se encontraron en muestreos efectuados antes y después del paso del huracán Wilma, alrededor de 85 bacterias, que habían sido clasificadas taxonómicamente en diferentes partes del mundo. Esta fue una manera diferente de demostrar que hay entrada de aguas residuales desde la zona hotelera.

La información que ha sido generada en los estudios descritos del SLN donde se ubica el predio del proyecto, ofrecen una información con alto valor técnico por los métodos empleados y la temporalidad a la que fueron registrados. De ahí que los patrones de

batimetría, hidrodinámica general, hidrología superficial, hidrología subterránea, hidrodinámica inducida por mareas y vientos, calidad de agua, transporte de sedimentos y de sustancias pasivas contaminantes, que están reportados se pueden aplicar a nivel del predio del proyecto Zazil Ha, de su Sistema Ambiental y de la zona marina adyacente, ya que la información fue generada con sitios de muestreo distribuidos en todo el SLN y extrapolados a toda su superficie, donde quedaría inserto el proyecto que se propone en esta MIA-P.

De ahí que esta descripción resumida de la información que ha sido generada en ellos, se puede considerar como el estudio de hidrodinámica que sustente los patrones de este proceso en el SA y del sitio del proyecto.

## IV.6 ASPECTOS BIÓTICOS.

En este apartado se describen los aspectos bióticos que interactúan dentro del Sistema Ambiental definido para el Proyecto “Zazil Ha”.

### IV.6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA EN EL SISTEMA AMBIENTAL.

Como se ha informado líneas arriba la porción terrestre del SA representa una superficie de 5,003.26 Ha, la cual está constituida por diferentes unidades ambientales, en las que se destacan elementos naturales (3,987.35 ha) y elementos antrópicos (1,015.91 ha).

De acuerdo con la carta de vegetación y uso de suelo serie VI del INEGI, el SA está compuesta por siete unidades ambientales, Asentamientos humanos (Ah), Zona urbana (Zu), Cuerpo de agua (H<sub>2</sub>O), Vegetación de manglar (Vm), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ) y Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ). Siendo la vegetación de manglar la unidad ambiental dominante, seguida de la Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

**Cuadro 5.** Se muestra la distribución de los usos de suelo conforme carta de vegetación y uso de suelo serie VI del INEGI

Descripción	Superficie m <sup>2</sup>	Ha	%
Manglar	23,209,950.95	2,320.99	23.79
Tular	129,241.31	12.93	0.13
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	10,353,584.24	1,035.36	10.61
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	1,579,922.33	157.99	1.62
Zona urbana	6,469,875.91	646.99	6.63
Asentamientos humanos	8,937,311.48	893.73	9.16
Cuerpo de agua	46,868,645.59	4,686.86	48.05
<b>Total</b>	<b>97,548,531.82</b>	<b>9,754.85</b>	<b>100.00</b>

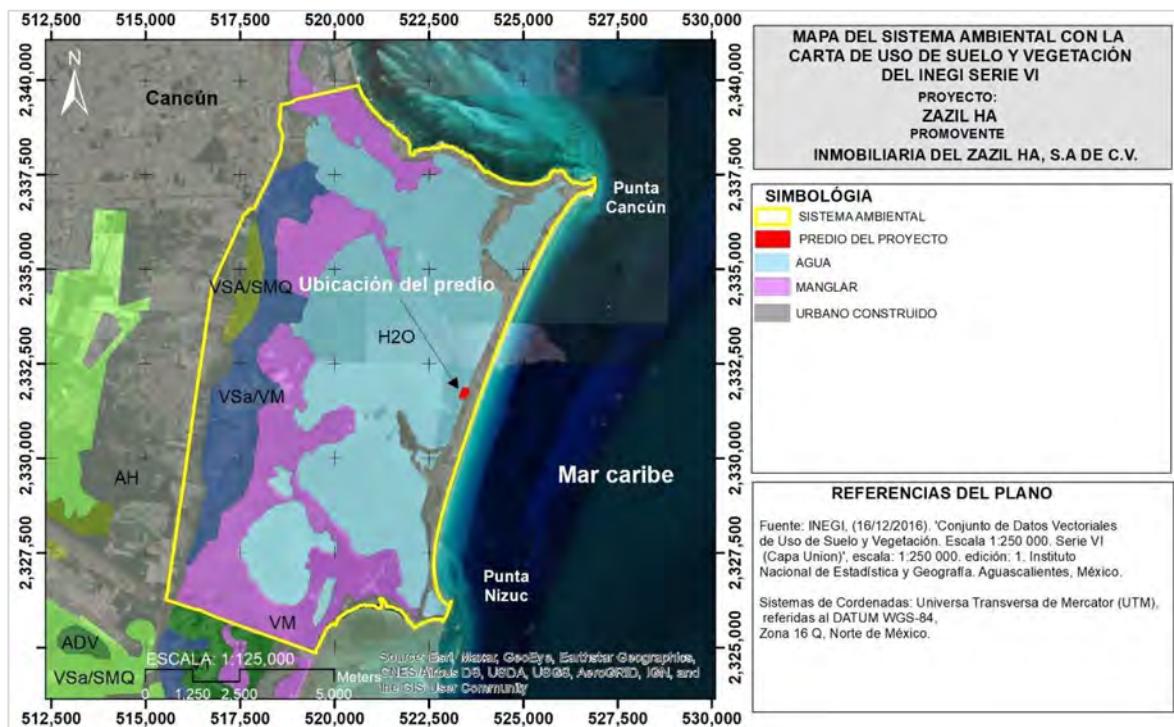
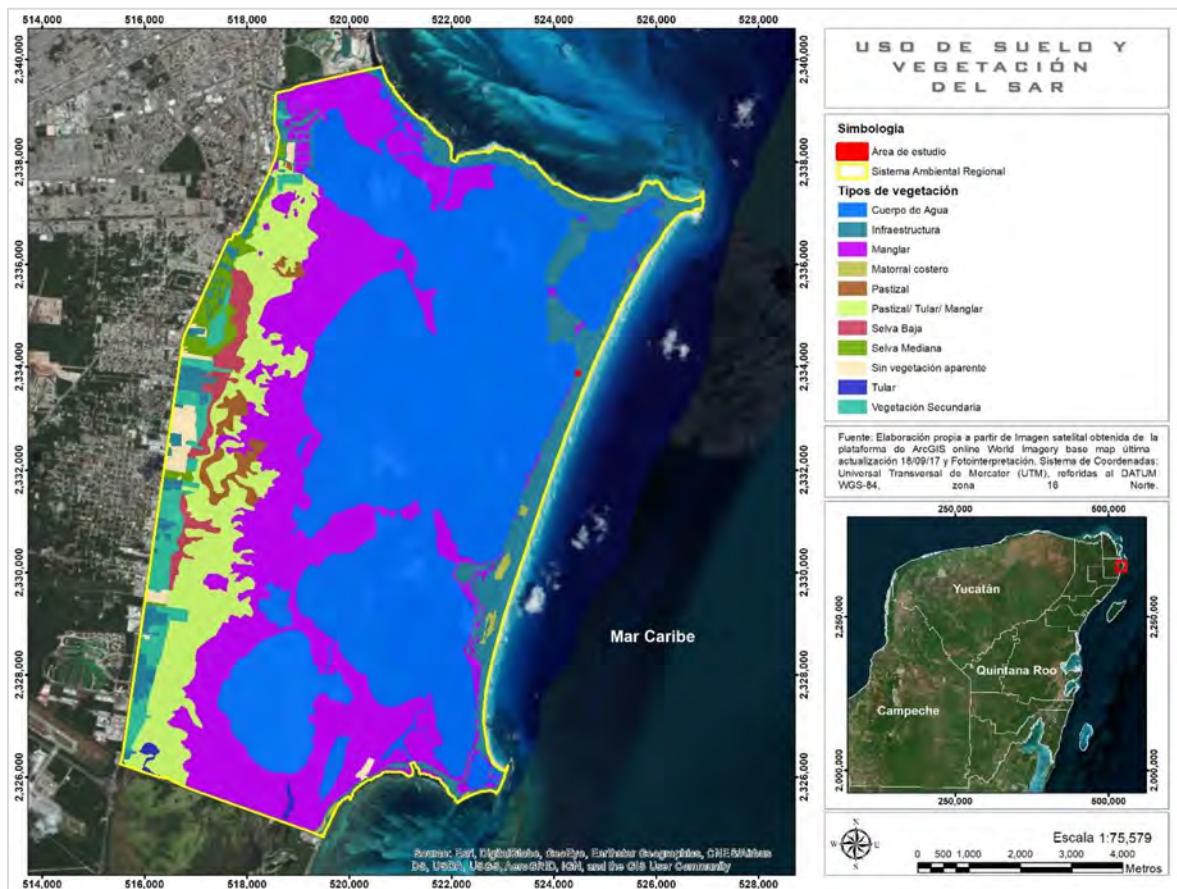


Ilustración 34.- Se muestra los usos de suelo y vegetación del SA conforme a la carta del INEGI serie VI.

No obstante a lo anterior, a partir de un mosaico fotogramétrico construido con imágenes satelitales de fecha enero 2019, obtenidas del programa SASPLANET versión 150915 y así como con imágenes obtenidas del programa Google Earth Pro las cuales fueron georreferenciadas mediante ortofotos digitales adquiridas en el INEGI; se realizó la rodalización digital en el Programa Arcgis versión 10.5, mediante el cual, utilizando los elementos de fotointerpretación (forma, tono, tamaño, textura), se construyó el mapa de uso de suelo y vegetación para el SA. Dicho plano presenta mayor detalle con relación a la carta de vegetación y uso de suelo serie V del INEGI.

Cabe señalar que la asignación de las unidades ambientales al mapa de uso de suelo y vegetación para el SA se reforzó con las visitas de campo realizadas en enero y febrero de 2019. Además, se consideró la clasificación hecha en la caracterización del estudio denominado “Cambio de uso de suelo 1991-2004, Sistema Lagunar Nichupté”, realizado por Zetina Tapia y Agraz-Hernández (2004).



**Ilustración 35.-** Carta de uso de suelo y vegetación elaborado a partir de la fotointerpretación de imágenes satélites obtenidas del software Sasplanet versión 150915.

A partir de lo anterior, se obtuvieron valores para determinar las superficies de las unidades ambientales que integran el SA, siendo la unidad de Cuerpos de Agua la de mayor superficie con poco más de 48.85% del SA, seguida de la vegetación de manglar con el 24.54% y Asociación de Pastizal/ Tular/ Manglar con 10.80%, a continuación, se presentan los valores para cada unidad ambiental del SA.

**Cuadro 6.** Se indica la superficie ocupada por cada comunidad vegetal dentro del SA.

TIPOS DE VEGETACIÓN	SUPERFICIES		%
	(m <sup>2</sup> )	(HA)	
Matorral costero	254,029.34	25.40	0.26
Manglar	23,938,591.32	2,393.86	24.54
Selva Baja	1,592,552.95	159.26	1.63
Selva Mediana	1,133,911.56	113.39	1.16
Asociación de Pastizal/ Tular/ Manglar	10,532,292.26	1,053.23	10.80
Vegetación Secundaria	2,422,167.62	242.22	2.48
<b>Subtotal</b>	<b>39,873,545.06</b>	<b>3,987.35</b>	<b>40.88</b>
<b>OTRAS CATEGORÍAS</b>			
Infraestructura	9,042,348.45	904.23	9.27
Sin vegetación aparente	1116790.97	111.68	1.14

Cuerpo de Agua	47,515,847.33	4,751.58	48.85
<b>Subtotal</b>	57,674,986.75	5,767.50	59.12
<b>TOTAL</b>	97,548,531.81	9,754.85	100.00

#### **IV.6.1.2 Descripción de la vegetación y coberturas del SA**

A continuación, se procede a la descripción florística de los tipos de vegetación presentes en el SA, el cual se realizó a partir de la revisión bibliográfica y la corroboración en campo y recorridos en sitios significativos.

**Matorral costero:** El matorral costero se desarrolla en pequeños parches aislados en la porción Este del SA, en lo que correspondía a la barra arenosa donde actualmente se encuentran los desarrollos inmobiliarios conteros que integran la Zona Hotelera de Cancún. En este tipo de vegetación se encuentran especies representativas como la suculenta (*Sesuvium portulacastrum*), margarita de mar (*Ambrosia hispida*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y el lirio de mar (*Hymenocallis littoralis*), así como Chaca (*Bursera simaruba*), Chechem (*Metopium brownei*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), lirio de mar (*Pancratium maritimum*), Círcote (*Cordia dodecandra*), icaco (*Chrysobalanus icaco*), arbusto de playa (*Scaevola plumieri*), sik'imay (*Tournefortia gnaphalodes*), palma chit (*Thrinax radiata*), por citar los más representativos. Adicionalmente, en este tipo de vegetación se desarrolla bromelias, epífitas y orquídeas.



**Ilustración 36.- Se muestra de manera general la vegetación de matorral costero que se desarrolla al Este del SA.**

**Tular:** Esta vegetación prospera en los sitios bajos frecuentemente inundados por agua salobre y se localiza de igual forma en la porción occidental del sistema lagunar, en colindancia con la franja de manglares y la porción de selva baja. Dentro de las especies más representativas de esta comunidad vegetal está conformada por asociaciones densas de especies hidrófilas donde predominan. Éstas son comunidades de plantas hidrófitas cuya especie dominante el tule (*Typha domingensis*), la cortadera (*Cladium jamaicense*), el tasiste (*Acoelorraphe wrightii*) que se entremezclan con las cuatro especies de mangle presentes en el área. En el Tular se identificaron 8 especies de 8 familias botánicas distintas

**Cuadro 7.** Listado de especies encontradas en el Tular

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Chenopodiaceae</b>	<i>Salicornia</i> sp.	Salicornia
<b>Combretaceae</b>	<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo
<b>Cyperaceae</b>	<i>Cladium jamaicense</i>	Cortadera
<b>Gramineae</b>	<i>Phragmites australis</i>	Carrizo
<b>Palmae</b>	<i>Acoelorraphe wrightii</i>	Tasiste
<b>Rhizophoraceae</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo
<b>Theophrastaceae</b>	<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Naranjillo de playa
<b>Typhaceae</b>	<i>Typha dominguensis</i>	Tule

Es importante señalar que dentro de esta cobertura vegetal se desarrollan varias comunidades vegetales denominadas petenes, mismos que se encuentran dispersos y dentro de la cobertura del Tular e incluso en el Manglar. Estás comunidades están representadas por un centro arbóreo y arbustivo, rodeado de una vegetación herbácea generalmente inundable. Dentro de las especies más representativas en los petenes presentes se encuentran el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Además presenta algunos elementos selváticos como el níspero o chico zapote (*Manilkara zapota*), akum (*Ficus yucatanensis*), *Crysothalamus icaco*, bejucos de verraco o cainca (*Chiococca alba*) y palmera (*Sabal yapa*). Estas asociaciones de plantas vasculares distribuidas en forma de agregados dispersos aleatoriamente, se distinguen no solo por su composición, sino también por su altura, densidad y cobertura particulares.



**Ilustración 37.-** Se muestra de manera general el estado que guarda la vegetación de Tular.



**Ilustración 38.- Vegetación asociada al Tular, en la imagen Izquierda se muestra el peten, asociado a *Rhizophora mangle* y en la imagen de la derecha se muestra mangle rojo disperso.**

**Manglar:** Para este tipo de vegetación, se tienen registros de cuatro especies: mangle rojo o mangle chaparro (*Rhizophora mangle*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Siendo la especie *Rhizophora mangle* la de mayor densidad, seguida de la especie *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*. La altura promedio de estas especies oscilaron entre los 2.5 m a 8 m, siendo la especie *Rhizophora mangle* la especie con menor altura y la especie *Conocarpus erectus* la de mayor altura.

Según el Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, la vegetación de manglar que se desarrolla en el SA presenta tres asociaciones:

**Manglar de borde:** El manglar de borde se desarrolla en toda la periferia de los cuerpos de agua del sistema lagunar y está conformado por comunidades densas constituidas únicamente por la especie de mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

**Manglar de cuenca:** Comprende diversas comunidades de mangle que se desarrollan en suelos que se inundan estacionalmente, por lo que, en su composición intervienen las cuatro especies características de mangle: rojo (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*). El mangle rojo es la especie dominante en las proximidades del espejo de agua, mientras que los manglares blanco y negro prosperan en los sitios de inundación estacional intermedia, y el mangle botoncillo se distribuye preferentemente en las zonas de menor inundación conformando un ecotono entre la porción de la sabana (Tular) y la selva baja.

**Manglar chaparro:** Dentro de este mosaico vegetal se observa una condición particular de bajo porte de crecimiento y que da origen a la denominación local de mangle chaparro, que es una comunidad constituida únicamente por la especie de mangle rojo. Éste se desarrolla a una altura que no rebasa los dos metros y se encuentra adyacente a la vegetación de sabana.

Dentro de uno de los grupos de manglar encontrados en el SA, se registraron especies propias de selva, como *Metopium browneii*, *Ficus padifolia* y *Malvaviscus arboreus* mezcladas entre especies de manglar. Esta asociación es denominada Petén y fue definida por Barrera en Rico-Gray (1982) como “islas circulares en las que diferentes asociaciones vegetales se distribuyen en círculos concéntricos de tal modo que el Tular o el manglar, según sea el caso, quedan en la periferia, cuando no lo hacen así los elementos de la sabana, para dar lugar a una selva o bien a una interesante mezcla de elementos selváticos y de manglar”. En el caso del predio en cuestión, el Petén encontrado corresponde al Tipo 2 de la clasificación de Rico-Gray (1982), caracterizado por ocupar un área pequeña, ser poco diverso y encontrarse cerca del mar.

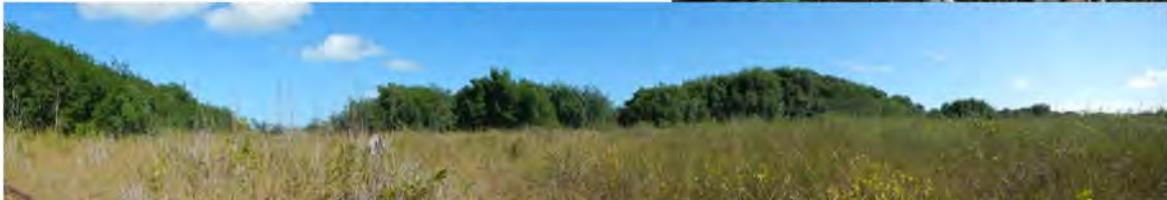
Dentro de las diferentes agrupaciones se distinguieron dos estratos: arbóreo de 7 m de altura promedio, (1.5 m de altura mínima y 11 m de altura máxima registrados); y herbáceo de 1.3 m de altura media (0.1 m de altura mínima y 2 m de altura máxima).

En el manglar del área de estudio se registraron 10 especies de 8 familias botánicas distintas, las cuales se presentan a continuación:

**Cuadro 8.** Listado de especies registradas en el manglar

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Acanthaceae</b>	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Jurub
<b>Arecaceae</b>	<i>Acoelorraphe wrightii</i>	Tasiste
<b>Bromeliaceae</b>	<i>Tillandsia dassiriiiflora</i>	Bromelia de manglar
<b>Combretaceae</b>	<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo
<b>Combretaceae</b>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Magle blanco
<b>Cyperaceae</b>	<i>Cladium jamaicense</i>	Cortadera
<b>Polypodiaceae</b>	<i>Achrostichum danaefolium</i>	Helecho de manglar
<b>Rhizophoraceae</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo
<b>Typhaceae</b>	<i>Typha dominguensis</i>	Tule
<b>Verbenaceae</b>	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro





Se muestra de manera general el estado que guarda la vegetación de manglar.

**Selva mediana:** Esta vegetación se desarrolla en la parte superior de la cuenca del Sistema Lagunar Nichupté, en colindancia con el Boulevard Luis Donaldo Colosio. Presenta cambios en su estructura y fisonomía, el cual se atribuyen a las modificaciones de las comunidades vegetales naturales, por la extracción selectiva de madera, y el aprovechamiento de terrenos para la extracción de materiales pétreos y el crecimiento de la mancha urbana los cuales contribuyen a la total modificación del paisaje y la aparición de comunidades de vegetación secundaria. Entre las especies perennifolias que caracterizan fisonómicamente a la vegetación están: *Brosimum alicastrum* (ramón), *Coccoloba diversifolia* (sakloop), *Drypetes lateriflora* (ekulek), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Mastichodendron foetidissimum* (caracolillo), *Myrcianthes fragans* (guayabillo), entre otros. Por su parte, las especies caducifolias propias de la vegetación son: *Astronium graveolens* (kulinché), *Bursera simaruba* (chaka), *Lysiloma latisiliqua* (tzalam), *Pithecellobium mangense* (verde lucero), *Piscidia piscipula* (habín), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), entre otras. El conjunto de todas estas especies integra una comunidad que presenta el dosel cerrado aún en la temporada de secas. Las especies arbóreas alcanzan DAP's superiores a los 15 cm.



Ilustración 39.- Se muestra de manera general las condiciones de la selva mediana.

**Selva baja subcaducifolia:** Este tipo de vegetación se localiza principalmente en la porción occidental del Sistema Lagunar Nichupté, y actualmente se encuentra afectada por actividades antrópicas. Asimismo, existen diversos manchones que se ubican en las proximidades del Boulevard Kukulkan que pudieron haberse desarrollado aprovechando los terraplenes de dicha vialidad.

Esta comunidad es frecuente que se llegue a entremezclar con las comunidades de vegetación adyacente, principalmente con la sabana en la porción de la llanura inundable y que llega a ser el elemento dominante de los petenes. Asimismo, es frecuente que en su composición cuente con individuos propios del matorral costero, como es el caso del pequeño manchón ubicado en el polígono 10 del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté y una pequeña porción en el sureste del Polígono 1.

Esta comunidad está compuesta por árboles y arbustos de mediana talla que pierden sus hojas durante la temporada de secas. Las especies más representativas de esta comunidad vegetal son chacah (*Bursera simaruba*), palma de chit (*Thrinax radiata*), ya'axnik (*Vitex gaumeri*), kitamche (*Caesalpinia gaumeri*), sircote (*Cordia dodecandra*), chechen (*Metopium brownei*), dzalam (*Lysiloma latisiliqua*), yuy (*Esenbeckia pentaphylla*), hool (*Hampea Trilobata*), katsim (*Mimosa bahamensis*), akits (*Thevetia gaumeri*) y pukim (*Callicarpa acuminata*) principalmente. El estrato herbáceo está compuesto por individuos juveniles de las especies anteriores, así como por xcho (*Aechmea bracteata*) y hierba de gorrito (*Angelonia angustifolia*).

**Cuadro 9.** Listado de especies registradas en la vegetación de selva

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Acanthaceae</b>	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Jurub
<b>Agavaceae</b>	<i>Agave angustifolia</i>	Maguey
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
<b>Apocynaceae</b>	<i>Plumeria obtusa</i>	Flor de mayo
<b>Araceae</b>	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtum
<b>Bromeliaceae</b>	<i>Aechmea bracteata</i>	Bromelia
<b>Bromeliaceae</b>	<i>Bromelia pinguin</i>	Piñuela
<b>Burseraceae</b>	<i>Bursera simauba</i>	Chaca
<b>Cactaceae</b>	<i>Acantocereus tetragonus</i>	Tsakam
<b>Cactaceae</b>	<i>Nopalea gaumeri</i>	Nopal
<b>Cactaceae</b>	<i>Selenicereus donkelarii</i>	Cola de ratón
<b>Cactaceae</b>	<i>Stenocereus sp.</i>	Cactus
<b>Combretaceae</b>	<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo
<b>Cyperaceae</b>	<i>Cladium jamaicense</i>	Cortadera
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
<b>Flacourtiaceae</b>	<i>Casearia nitida</i>	Ix iimche
<b>Guttiferae</b>	<i>Clusia salvini</i>	Kanchunup
<b>Lauraceae</b>	<i>Nectandra coriacea</i>	Aguacatillo
<b>Leguminosae</b>	<i>Acacia gaumeri</i>	Boxkatsin
<b>Leguminosae</b>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
<b>Leguminosae</b>	<i>Pithecellobium dulce</i>	
<b>Liliaceae</b>	<i>Beucarnea pliabilis</i>	Despeinada

<b>Malpighiaceae</b>	<i>Bunchosia swartziana</i>	
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Byrsonima crassifolia</i>	
<b>Malvaceae</b>	<i>Hampea trilobata</i>	Majagua
<b>Myrsinaceae</b>	<i>Ardisia escallonioides</i>	Pomoche
<b>Myrtaceae</b>	<i>Calyprantes pallens</i>	Chacnii
<b>Myrtaceae</b>	<i>Myrcianthes fragans</i>	Guayabillo
<b>Myrtaceae</b>	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
<b>Nyctaginaceae</b>	<i>Neea psychotrioides</i>	Escobeta
<b>Orchidaceae</b>	<i>Bletia purpurea</i>	Orquídea de tierra
<b>Palmae</b>	<i>Acoelorraphe wrightii</i>	Tasiste
<b>Palmae</b>	<i>Coccothrinax readii</i>	Nakax
<b>Palmae</b>	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
<b>Polygonaceae</b>	<i>Coccocloba reflexiflora</i>	Sacbo
<b>Polygonaceae</b>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Sisilche
<b>Rubiaceae</b>	<i>Randia sp.</i>	Espino cruceta
<b>Sapotaceae</b>	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
<b>Sapotaceae</b>	<i>Pouteria sp.</i>	
<b>Theophrastaceae</b>	<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Naranjillo de playa
<b>Typhaceae</b>	<i>Typha dominguensis</i>	Tule
<b>Verbenaceae</b>	<i>Vitex gaumeri</i>	Yaxnik
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>



Se muestra la selva baja en su colindancia con el Tular.

**Vegetación secundaria:** Esta vegetación es extensa en el Estado de Quintana Roo, en zonas donde la vegetación natural de selva (en sus tres niveles de altura), ha sido reemplazada por áreas de vegetación alterada y en distintos grados de recuperación, la cual en la gran mayoría de los casos alcanza la misma altura (8 a 14 m), y composición florística semejante a las de la vegetación de selva, por esta razón la vegetación con desarrollo secundario en muchas ocasiones es inadecuadamente identificada. Las

causas que han afectado a la vegetación son variadas y pueden ser atribuidas a fenómenos naturales como es el impacto de huracanes, a la presencia de incendios, o bien, zonas desmontadas con fines agrícolas, pecuarios o desmontes furtivos que han quedado en abandono y en las que no se lleva a cabo ninguna actividad productiva. Otra de las actividades que promueve la formación de acahuales es el aprovechamiento furtivo de la madera, el cual se realiza sin ninguna tecnificación.

En la porción poniente del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté –a la altura del Km 7.5 del Boulevard Colosio hacia el aeropuerto-, existe un sitio que sirvió de banco de préstamo de materiales, el cual fue utilizado como un área de depósito de residuos sólidos de la ciudad desde tiempo atrás, especialmente después del huracán Wilma en 2005. Esta situación no ha sido resuelta y no se ha llevado a cabo ningún proyecto de restauración, por lo que los residuos permanecen acumulados, y se sigue utilizando de manera clandestina para el mismo fin. Existen diversos caminos por el que transitan los vehículos para depositar los residuos sin que, hasta la fecha, se haya podido solucionar este problema. Es justamente en esta zona donde se encontró el crecimiento de la vegetación secundaria dentro del SA.

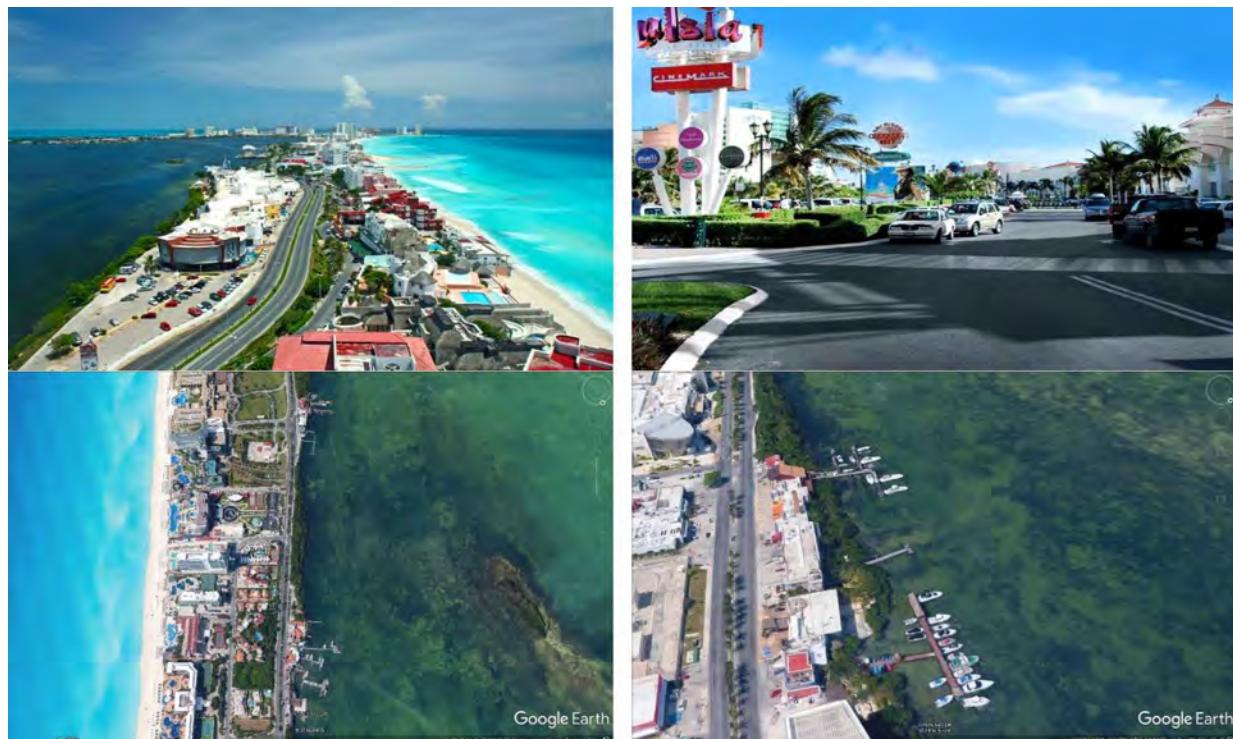
**Cuadro 10.** Listado de especies registradas en las áreas con vegetación secundaria.

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Acanthaceae</b>	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Jurub
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Metopium browneii</i>	Chechén
<b>Burseraceae</b>	<i>Bursera simauba</i>	Chaca
<b>Caricaceae</b>	<i>Carica papaya</i>	Papaya
<b>Casuarinaceae</b>	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino de mar
<b>Combretaceae</b>	<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo
<b>Leguminosae</b>	<i>Acacia cornigera</i>	Subin che
<b>Rhamnaceae</b>	<i>Karwinskyia humboldtiana</i>	Oregano o aceitunillas
<b>Palmae</b>	<i>Sabal</i> sp.	Guano
<b>Palmae</b>	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
<b>Phytolacaceae</b>	<i>Rivina humilis</i>	Chilillo
<b>Malvaceae</b>	<i>Hampea trilobata</i>	Majagua
<b>Malvaceae</b>	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus cotinifolia</i>	Higo copó
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus padifolia</i>	Álamo
<b>Leguminosae</b>	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
<b>Leguminosae</b>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Waxin
<b>Leguminosae</b>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam

### Zona Urbana- Asentamientos humanos:

Esta cobertura corresponde a la zona urbana de la zona hotelera de Cancún, la cual está conformada por hoteles de diferentes categorías, viviendas residenciales, campos de golf y vialidades, en la parte terrestre. Y en la parte marina se ubican varios muelles y atracaderos para embarcaciones, los cuales ofrecen servicios de varios tipos para los

turistas a realizar en la Laguna, como tours. Asimismo, algunos están en desuso y derruidos.



**Ilustración 40.-** Se muestran parte de los elementos antrópicos, se observan los desarrollos hoteleros, vialidades y centros comerciales. Así como los muelles y atracaderos de servicios que se ubican en la parte Lagunar.

En ella queda comprendida la zona hotelera de Cancún cuyo eje es el Boulevard Kukulcán, al Este del cual se asentaron los hoteles colindantes con la Playa, y al Oeste los desarrollos colindantes con el SLN. En este borde Oeste del Boulevard hay en algunas secciones, vegetación secundaria con y sin manglar, que permaneció o se desarrolló tras la conformación de dicha vialidad, y es donde el Blvd. Kukulcán tiene sus drenajes pluviales hacia el SLN. Del lado Este de la vialidad ya no existen zonas con vegetación natural ya que solo se observan los jardines de los hoteles, salvo en pequeñas secciones como la de Playa Delfines.



Se muestran aspecto de la vegetación secundaria identificada en el SA  
 Vista a pie de carretera del Boulevard Kukulcán donde es posible ver en algunas áreas manglar de borde de la Laguna Bojórquez con *Conocarpus erectus* mezclados con ejemplares de otras especies como *Cordia sebestena* (sircote), *Coccoloba uvifera* (uva de mar), *Cocos nucifera* (palma de coco), *Hymenocallis littoralis* (lirio de playa), y zonas desprovistas de vegetación.



Se muestran aspecto de la vegetación de manglar identificada en el SA

Vista a pie de carretera del Boulevard Kukulcán donde es posible ver en algunas áreas manglar de borde de la Laguna Bojórquez con *Conocarpus erectus* mezclados con ejemplares de otras especies como *Cordia sebestena* (sircote), *Coccoloba uvifera* (uva de mar), *Cocos nucifera* (palma de coco), *Hymenocallis littoralis* (lirio de playa), y zonas desprovistas de vegetación.

#### IV.6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOTA DE LA PARTE ACUÁTICA DEL SA

A continuación, se procede a la descripción de las características bióticas del Sistema Lagunar Nichupté iniciando con las características de la vegetación acuática y continuando con las especies de fauna.

##### IV.6.2.1 Vegetación

De acuerdo a estudios que se han realizado en el Sistema Lagunar Nichupté, la vegetación acuática que se desarrolla está constituida por pastos marinos, particularmente el pasto

tortuga (*Thalassia testudinum*), el pasto manatí (*Syringodium filiforme*) y *Halodule wrightii*. Sin embargo, debido a los fuertes impactos ambientales a los que se ha sometido, la flora del Sistema Lagunar Nichupté presenta crecimientos anormales de algas epífitas sobre los pastos y en el área bentónica, particularmente de algas filamentosas clorofíceas y rodocíceas como *Cladophora*, *Acanthophora*, *Cladophoriopsis*, *Spyridia* y *Rhizoclonium*.

El estudio “Prospección Biológica de la Laguna de Nichupté, Cancún, Q. Roo, México”<sup>8</sup>, señala que biológicamente el sistema lagunar Nichupté-Bojórquez se caracteriza por la presencia de vegetación acuática sumergida representada por pastos marinos y algunas algas. De los pastos la especie dominante es *Thalassia testudinum*, misma que crece sobre un fondo formado por sedimentos carbonatados. Este mismo estudio, señala que, en el Sistema Lagunar Nichupté, se tiene la presencia de por lo menos 15 familias, 22 géneros y 29 especies de especies de algas. Herrera-Silveira (2006) señala que la vegetación acuática sumergida ha disminuido su cobertura por la eutrofización y tránsito de embarcaciones turísticas que se da de manera desordenada en la laguna. Asimismo, Carruthers *et al.* (2005) reporta que el contenido de nitrógeno en los tejidos de las hojas de los pastos es muy alto en comparación con el valor de referencia reportado, debido a un mayor aporte de este nutriente en el agua, proveniente de descargas ricas en nitrógeno de aguas residuales previamente reportadas en la parte norte del sistema.

La cobertura vegetal del fondo del Sistema Lagunar varía en densidad, presentando una mayor distribución en los fondos de la cuenca donde las corrientes son mínimas, mientras que en los canales o zonas de corrientes su distribución es limitada y carecen de vegetación, o presentan una cubierta de forma parcial con *Thalassia* y con pequeños parches de *Penicillius capitatus*.

Por otra parte, el estudio de “Patrones de Distribución Ficoflorística en el Sistema Lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México”<sup>9</sup>, menciona que en el Sistema Lagunar se tiene reconocida la presencia de por lo menos 77 especies de algas distribuidas en las siguientes divisiones: 33 en Chlorophyta, 37 en Rhodophyta, 3 en Phaeophyta y 4 en Cyanophyta, conforme a la siguiente lista. En este estudio se determina que la distribución de las algas en el Sistema Lagunar al parecer está en dependencia del substrato, la profundidad o bien la salinidad, aunque en el caso de la Laguna Bojórquez la presencia de algunas algas está directamente relacionada con la fuerte eutrofización de este cuerpo de agua. Adicionalmente, la ficha de caracterización de Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica PY64 “Nichupté”, presenta una lista de especies de flora acuática presente en el Sistema Lagunar Nichupté. Ortegón Aznar y González-González (2000) reportan 61 especies para el SLN reportan 61 especies de algas en el manglar, 68 especies en el fondo lagunar, siendo que en este último hay más especies durante la época de lluvias contrario a la zona de manglar.

A continuación, se presenta un concentrado de las especies acuáticas presentes en el

<sup>8</sup> Jordán E., M. Angot y R. Torre. 1978. *Prospección biológica de la Laguna de Nichupté, Cancún, Q. Roo, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 51: 179-188.

<sup>9</sup> Collado V., L.; González González, J.; Ezcurra, E.. *Patrones de distribución ficoflorística en el sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. Acta Botánica Mexicana*, núm. 31, junio, 1995, pp. 19 – 32 *Instituto de Ecología, A.C*

Sistema Lagunar Nichupté, conforme a los estudios antes mencionados:

**Cuadro 11.** Listado de algas presentes en el Sistema Lagunar Nichupté

División	Especie	
Cyanophyta	<i>Calothrix crustacea</i> <i>Microcoleus lyngbyaceus</i> <i>Microcoleus vaginatus</i> <i>Schizothrix mexicana</i>	<i>Ectocarpus subcorymbosus</i>
Chlorophyta	<i>Acetabularia spp.</i> <i>Acetabularia crenulata</i> <i>Anadyomene stellata</i> <i>Avrainvillea longicaulis</i> <i>Batophora oerstedii</i> <i>Boodleopsis pusilla</i> <i>Caulerpa fastigiata</i> <i>Caulerpa sertularioides</i> <i>Chaetomorpha linum</i> <i>Cladophora conferta</i> <i>Cladophora crystallina</i> <i>Cladophora delicatula</i> <i>Cladophora expansa</i> <i>Cladophora howei</i> <i>Cladophora montagneana</i> <i>Cladophora pellucidoidea</i> <i>Cladophoropsis macromeres</i> <i>Cladophoropsis membranacea</i> <i>Halimeda incrassata</i> <i>Penicillus capitatus</i> <i>Penicillus lamourouxii</i> <i>Rhipocephalus phoenix</i> <i>Rhizoclonium africanum</i> <i>Rhizoclonium crassipellitum</i> <i>Rhizoclonium kernerii</i> <i>Rhizoclonium riparium</i> <i>Udotea flabellum</i> <i>Ulothrix flacca</i>	<i>Rhodophyta</i> <i>Acanthophora spicifera</i> <i>Asparagopsis taxiformis</i> <i>Centroceras clavulatum</i> <i>Ceramium brevizonatum</i> <i>Ceramium byssoidium</i> <i>Ceramium codii</i> <i>Ceramium fastigiatum</i> <i>Ceramium leptozonatum</i> <i>Champia parvula</i> <i>Chondria baileyana</i> <i>Chondria collinsiana</i> <i>Dasya ramosissima</i>  <i>Erythrotrichia carnea</i> <i>Griffithsia tenuis</i> <i>Griffithsia tenuis</i> <i>Herposiphonia pecten-veneris</i> <i>Herposiphonia secunda</i> <i>Hypnea cervicornis</i> <i>Jania adhaerens</i> <i>Laurencia gemmifera</i> <i>Laurencia microcladia</i> <i>Laurencia papillosa</i> <i>Polysiphonia atlantica</i> <i>Polysiphonia binneyi</i> <i>Harvey</i> <i>Polysiphonia eastwoodae</i> <i>Polysiphonia exilis</i> <i>Polysiphonia flaccidissima</i> <i>Polysiphonia fracta</i> <i>Polysiphonia gorgoniae</i> <i>Polysiphonia havanensis</i> <i>Polysiphonia howei</i> <i>Polysiphonia sphaerocarpa</i> <i>Polysiphonia subtilissima</i> <i>Spyridia filamentosa</i>
Diatomeas	<i>Diatomeas sp.</i>	
Phaeophyta	<i>Dictyota dichotoma</i> <i>Ectocarpus rhodochortonoides</i>	

	<i>Stylonema alsidii</i>		<i>Entodontopsis leucostega</i>
Bryopsidophyceae	<i>Avrainvillea nigricans</i> <i>Avrainvillea rawsonii</i> <i>Caulerpa cupressoides</i> <i>Caulerpa paspaloides</i> <i>Caulerpa prolifera</i> <i>Caulerpa racemosa</i> <i>Caulerpa sertularoides</i> <i>Caulerpa verticillata</i> <i>Codium isthmocladum</i> <i>Halimeda scabra</i> <i>Halimeda tuna</i> <i>Penicillus capitatus</i>		<i>Pirella cymbifolia</i>
Florideophyceae	<i>Acanthophora spicifera</i> <i>Bryothamnion triquetrum</i> <i>Ceramium nitens</i> <i>Chondria capillaris</i> <i>Chondria curvilineata</i> <i>Chondria littoralis</i> <i>Chondrophycus corallopis</i> <i>Digenea simplex</i> <i>Herposiphonia bipinnata</i> <i>Laurencia microcladia</i> <i>Laurencia obtusa</i> <i>Laurencia poiteaui</i> <i>Polysiphonia binneyi</i>		
Phaeophyceae	<i>Anadyomene stellata</i> <i>Canistrocarpus cervicornis</i> <i>Dictyopteris delicatula</i> <i>Dictyota bartayresiana</i> <i>Dictyota guineensis</i> <i>Dictyota volubilis</i> <i>Padina boergesenii</i> <i>Padina sanctae-crucis</i> <i>Sargassum filipendula</i> <i>Sargassum furcatum</i> <i>Sargassum hystrix</i> <i>Sargassum natans</i> <i>Sargassum polyceratum</i> <i>Sargassum vulgare</i> <i>Turbinaria tricostata</i> <i>Turbinaria turbinata</i>		
Rhodophyceae	<i>Bostrychia tenella</i> <i>Chondrophycus papillosum</i> <i>Coelarctrum cliftonii</i> <i>Coelothrix irregularis</i> <i>Peyssonnelia simulans</i>		
Ulvophyceae	<i>Cladophora brasiliiana</i> <i>Enteromorpha flexuosa</i>		
Briofitas	<i>Barbula agraria</i> <i>Calymperes richardii</i>		

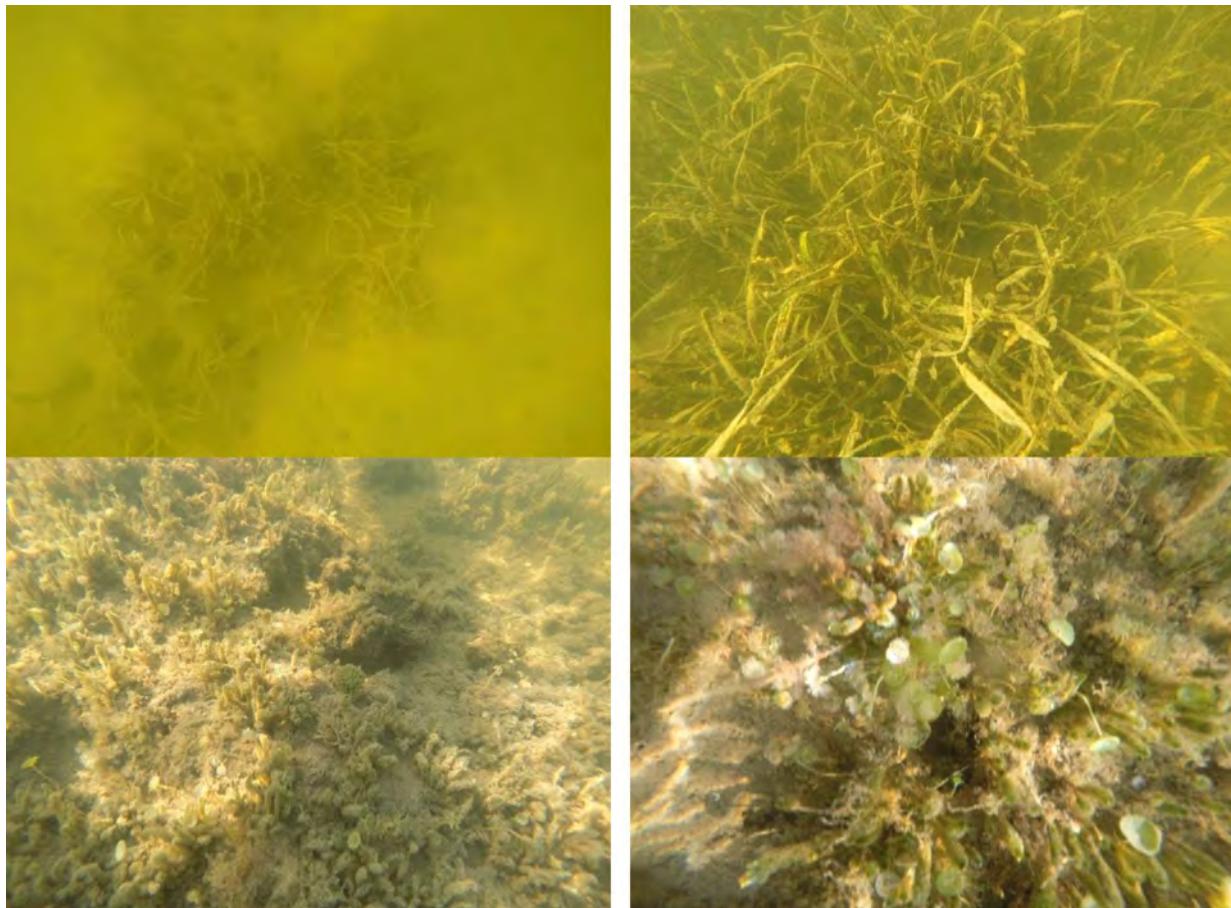


Ilustración 41.-En las imágenes se muestran algunas de las especies de algas presentes en el Sistema Lagunar Nichupté.

#### IV.6.2.2 Fauna.

Dentro de la fauna acuática presente en el Sistema Lagunar Nichupté se tiene registrados organismos nectónicos y bentónicos que dependen de la vegetación y podrían verse afectados por los cambios en la calidad del agua. De acuerdo al listado de fauna invertebrada y vertebrada en Nichupté de la ficha de caracterización del Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica PY64 “Nichupté”, en el sistema Lagunar Nichupté, se tiene registrado las siguientes especies.

Cuadro 12. Lista de especies registradas en la laguna Nichupté<sup>10</sup>

Grupo	Espece		
Malacostraca.	<i>Apseudes bermudeus</i>	<i>Leptochelia dubia</i>	
Tanaidacea	<i>Apseudes propinquus</i>	<i>Leptochelia forresti</i>	
	<i>Hargeria rapax</i>	<i>Zeuxo kuriensis</i>	
		<i>Adenophorea</i>	<i>Dracograllus mawsoni</i>

<sup>10</sup> CONABIO: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/anexos/PY64\\_Anexo\\_4.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/anexos/PY64_Anexo_4.pdf)

	<i>Ptycholaimellus jacobi</i>
	<i>Spilophorella candida</i>
	<i>Spilophorella paradoxa</i>
Asteroidea	<i>Linckia guildingii</i>
Holothuroidea	<i>Holothuria mexicana</i>
Ophiuroidea	<i>Amphipholis squamata</i>
	<i>Ophiocomella ophiactoides</i>
Peces. Actinopterygii	<i>Albula vulpes</i>
	<i>Anarchopterus criniger</i>
	<i>Bathygobius soporator</i>
	<i>Belonesox belizanus</i>
	<i>Calamus pennatula</i>
	<i>Cosmocampus albirostris</i>
	<i>Eugerres plumieri</i>
	<i>Floridichthys carpio</i>
	<i>Gambusia yucatana</i>
	<i>Gymnothorax moringa</i>
	<i>Halichoeres bivittatus</i>
	<i>Hippocampus zosterae</i>
	<i>Labrisomus guppyi</i>
	<i>Lutjanus apodus</i>
	<i>Ogcocephalus nasutus</i>
	<i>Paraclinus marmoratus</i>
	<i>Porichthys porosissimus</i>
	<i>Strongylura marina</i>
	<i>Strongylura notata</i>
	<i>Syngnathus caribbaeus</i>
	<i>Syngnathus floridae</i>
	<i>Syngnathus scovelli</i>
Reptiles.	<i>Cocodrilo (Crocodylus acutus)</i>
	<i>Hicoeta (Trachemys scripta)</i>

Por otra parte, el estudio “Plan de Manejo para el Sistema Lagunar Nichupté”, elaborado por la empresa en consultoría ambiental PLANAM en coordinación con la Dirección General de Ecología del H. Ayuntamiento de Benito Juárez, en febrero de 2008, se tienen registradas las siguientes especies:

**Peces:**

Existe una predominancia de especies marinas, que una parte o la totalidad de su ciclo de vida la realizan en los diversos ambientes acuáticos que existen en el Sistema Lagunar Nichupté, muchas de ellas de importancia comercial.

**Cuadro 13.** Listado de la ictiofauna registrada en el Sistema Lagunar Nichupté.

Familia	Especie	Nombre Común
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Pez sargento
Pomacentridae	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Jurel
Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i>	
Diodontidae	<i>Chilomycterus schoepfii</i>	
Cichlidae	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Mojarra
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Mojarra
Cyprinodontidae	<i>Floridichthys polyommus</i>	
Poeciliidae	<i>Gambusia yucatana</i>	
Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra trompeta
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Chacchi
	<i>Haemulon flavolineatum</i>	
	<i>Haemulon parra</i>	
	<i>Haemulon sciurus</i>	
Ostraciidae	<i>Lactophrys quadricornis</i>	Pez cofre
Lutjanidae	<i>Lutjanus apodus</i>	Pargo cachic
	<i>Lutjanus chrysurus</i>	Canane
	<i>Lutjanus griséus</i>	Pago mulato
	<i>Lutjanus synagris</i>	Pargo
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Sábalo
Scaridae	<i>Scarus taeniopterus</i>	Pez loro
	<i>Sparisoma viride</i>	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides testudineus</i>	Pez sapo
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	Barracuda
Pomacentridae	<i>Stegastes diecaenius</i>	Damisela
	<i>Stegastes fuscus</i>	
	<i>Stegastes leucostictus</i>	
	<i>Stegastes variabilis</i>	
Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	
Belonidae	<i>Tylosurus crocodilus</i>	Pez Aguja
Engraulidae	<i>Anchoa parva</i>	
Apogonidae	<i>Apogon aurolineatus</i>	
Atherinidae	<i>Atherinomorus stipes</i>	
Bothidae	<i>Bothus ocellatus</i>	
Sparidae	<i>Calamus penna</i>	
Carangidae	<i>Caranx bartholomei</i>	
Centropomidae.	<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo

Diodontidae	<i>Chilomycterus antennatus</i>	
Sciaenidae	<i>Cynoscion nebulosus</i>	<i>Corvina</i>
Cyprinodontidae	<i>Cyprinodon artifrons</i>	
Callionymidae	<i>Diplogrammus pauciradiatus</i>	
Gerreidae	<i>Eugerresplumieri</i>	
Poeciliidae	<i>Gambusia sexradiata</i>	
Cyprinodontidae	<i>Gramaella pulchra</i>	
Haemulidae	<i>Haemulon plumieri</i>	<i>Chacchi</i>
	<i>Haemulon borariense</i>	
	<i>Haemulon carbonarium</i>	
Clupeidae	<i>Harengula clupeola</i>	
	<i>Harengula jaguana</i>	
Poeciliidae	<i>Heterandria bimaculata</i>	
Syngnathidae	<i>Hippocampus erectus*</i>	Caballito estriado
Atherinidae	<i>Hypoatherina harringtonensis</i>	Tinicalo de arrecife
Ostraciidae	<i>Lactophrys trigonus</i>	Chapin bufalo
Fundulidae	<i>Lucania parva</i>	
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	
	<i>Lutjanus mahogoni</i>	
Monacanthidae	<i>Monocanthus ciliatus</i>	
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Lisa blanca
Batrachoididae	<i>Opsahus beta</i>	Sapo boquiblanca
Poeciliidae	<i>Poecilia mexicana</i>	
	<i>Poecilia orri</i>	
	<i>Poecilia velifera</i>	
Aplocheilidae	<i>Rivulus tenuis</i>	
Scombridae	<i>Scomberomorus regalis</i>	Sierra
Scaridae	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	
	<i>Sparisoma radians</i>	
	<i>Sparisoma chrysopterum</i>	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i>	
Belonidae	<i>Strongylura notata</i>	
	<i>Strongylura timucu</i>	Agujón negro
Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i>	
carangidae	<i>Trachinotus falcatus</i>	Pámpano palometa
Urolophidae	<i>Urobatis jamaicensis</i>	Raya redonda
Murenidae	<i>Gymnothorax funebris</i>	Morena verde
Cyprinodontidae	<i>Hemiramphus brasiliensis</i>	
Serranidae	<i>Epinephelus striatus</i>	Mero

\*Especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## Herpetofauna:

En el caso de la herpetofauna, la mayoría de las especies se distribuyen en los márgenes del cuerpo de agua o asociados a las zonas de manantiales de agua dulce que brotan en la zona de manglar. Dentro del espejo de agua no se registró ningún individuo de anfibio, debido a que este grupo de organismos no tiene la capacidad de habitar en zonas salobres o saladas, no obstante, su reproducción se encuentra íntimamente relacionada a las condiciones ambientales del Sistema Lagunar

Nichupté. En el caso de los reptiles, los que se registran de manera consistente en el espejo de agua del SLN son los crocodylia y existe información que ocasionalmente se observan individuos de Tortuga blanca (*Chelonia mydas*). La tortuga *Trachemys scripta* sólo se registró en la zona de sabana y es poco probable que habite en las zonas salobres y salinas del SLN.

**Cuadro 14.** Lista de herpetofauna registrada en el Sistema Lagunar Nichupté.

Familia	Especie	Nombre Común
<b>Antíbios</b>		
Bufonidae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo
	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo
Hylidae	<i>Phrynohyas venulosa</i>	Rana
	<i>Smilisca baudinii</i>	Rana
	<i>Hyla microcephala</i>	Rana
	<i>Hyla loquax</i>	Rana
	<i>Hyta picta</i>	Rana
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanotus</i>	Sapito
Ranidae	<i>Rana berlandieri</i>	Rana
Rhinophrynididae	<i>Rhinophryne dorsalis</i> *	Sapo
<b>Serpientes</b>		
Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Ranera
	<i>Leptophis mexicanus</i> *	Vibora ranera
Boidae	<i>Boa constrictor</i> *	Boa
<b>Iguanas y lagartijas</b>		
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i> *	Iguana rayada
Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Lagartija
<b>Cocodrilos</b>		
Crocodylidae	<i>Crocodylus moreleti</i> *	Cocodrilo de pantano
	<i>Crocodylus acutus</i> *	Cocodrilo amarillo
<b>Tortugas</b>		
Emydidae	<i>Trachemys scripta</i> *	Tortuga de agua, tortuga grabada
	<i>Rhinoclemmys areolata</i> *	Tortuga mojina
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i> *	Tortuga casquito amarillo
	<i>Kinosternon creaseri</i>	Tortuga de agua
Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i>	Tortuga blanca

\*Especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### Aves:

La ornitofauna asociada al Sistema Lagunar Nichupté habitan en las comunidades vegetales que bordean el espejo de agua, siendo las aves acuáticas las que se observan preferentemente en las zonas de escaso tirante de agua o en la vegetación de manglar que rodea el espejo lagunar.

**Cuadro 15.** Lista de avifauna registrada en el Sistema Lagunar Nichupté.

Familia	Especie	Nombre Común
Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i> *	Halcón cenizo, aguililla negra menor
	<i>Buteo nitidus</i>	Águila gris, gavilán saraviado
	<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán Pescador
	<i>Ceryle alcion</i>	Martín-pescador Norteño
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i> *	Anhinga Americana
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i> *	Garzón cenizo
	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
	<i>Botaurus lentiginosus</i> *	Avetoro
	<i>Butorides striatus</i>	Garza
	<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde
	<i>Egretta alba</i>	Garza
	<i>Egretta caerulea</i> *	Garza azul
	<i>Egretta tricolor</i> *	Garza flaca
	<i>Egretta tula</i>	Garza
Caprimulgidae	<i>Chordeiles minor</i>	
Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma aliblanca
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i> *	Cigüeña americana
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Magnífica
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor
Laridae	<i>Larus atricilla</i>	Gaviota reidora
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle Sureño
Parulinae	<i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo
	<i>Seiurus noveboracensis</i>	Chipe-suelero charquero
Pelicanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i> *	Pelícano café
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax avitus</i>	Cormorán bicrestado
	<i>Phalacrocorax olivaceus</i>	Cormorán
Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i> *	Loro yucateco
	<i>Aratinga astec</i>	Perico pechisucio
	<i>Aratinga nana</i> *	Perico
Rallidae	<i>Rallus longirostris</i> *	Rascón piquilargo
Tyrannidae	<i>Tyrannus couchii</i>	
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical
	<i>Contopus cinereus</i>	Pibi Tropical
Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chacalaca
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote
Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>	Golondria
Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	
	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Urraca yucateca
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Papamoscas
Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i> *	Colibrí
Vireonidae	<i>Vireo pallens</i> *	Vireo
Parulinae	<i>Dendroica erithachoroides</i>	Gorriori

\*Especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010

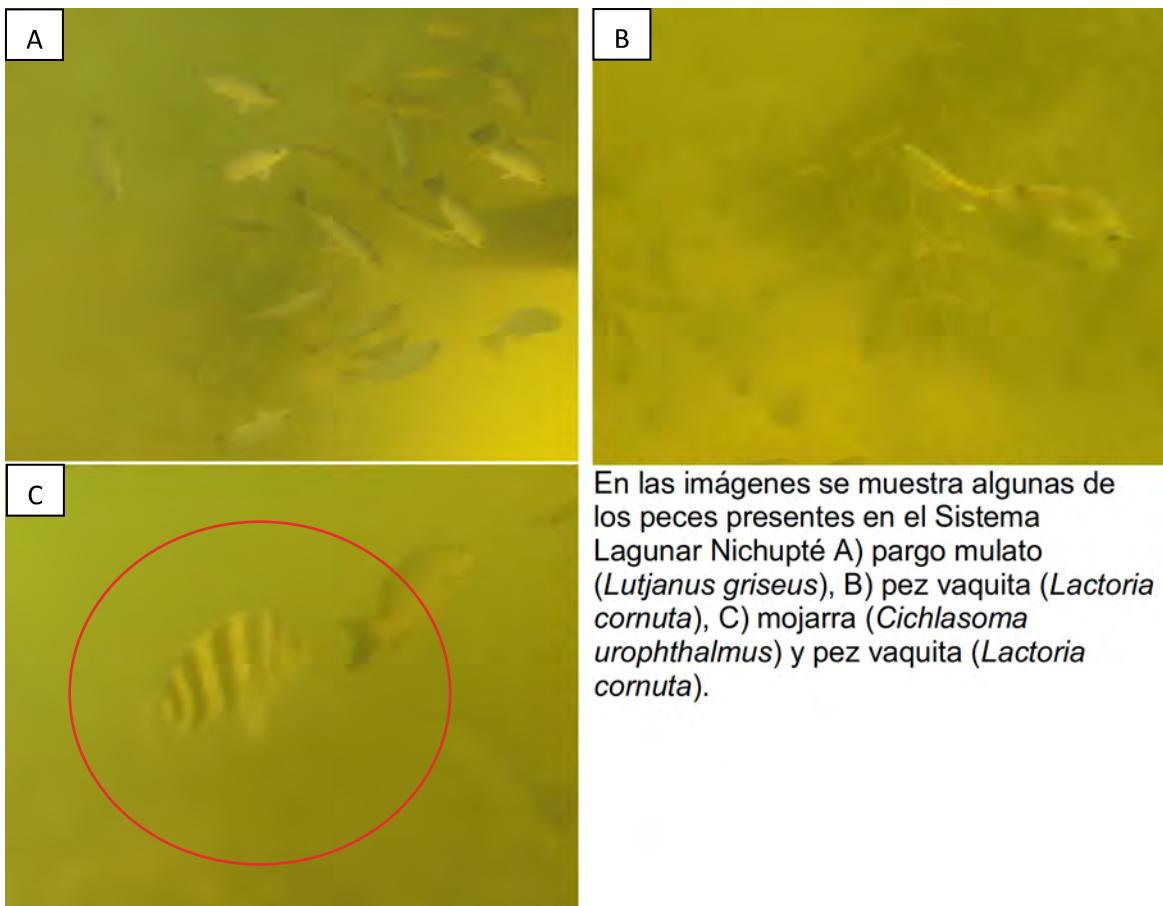
## **Artrópodos y Cnidaria**

Este grupo es de los menos representativos en cuanto a la fauna asociada al sistema lagunar Nichupté. De acuerdo con el Programa del Manejo del ANP, en esta zona se tiene el registro de 3 especies de artrópodos y 2 de cnidarios, los cuales se mencionan a continuación.

**Cuadro 16.** Lista de artrópodos y Cnidaria registrada en el Sistema Lagunar Nichupté.

Familia	Especie	Nombre Común
Artropoda	<i>Limulus polyphemus</i> *	Cangrejo cacerola
	<i>Cardisoma guanhumi</i>	Cangrejo azul
	<i>Gecarcinus lateralis</i>	Cangrejo rojo
Cnidaria	<i>Cassiopea xamachana</i>	Medusa
	<i>Aurelia aurita</i>	Medusa

\*Especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



En las imágenes se muestra algunas de los peces presentes en el Sistema Lagunar Nichupté A) pargo mulato (*Lutjanus griseus*), B) pez vaquita (*Lactoria cornuta*), C) mojarra (*Cichlasoma urophthalmus*) y pez vaquita (*Lactoria cornuta*).

#### IV.6.4 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La parte terrestre del sitio del proyecto, actualmente está ocupada por las obras del proyecto, mismas que han sido sancionadas mediante la resolución administrativa 0072/2020 dictada en autos del expediente PFPA/29.3/2C.27.5/0030-2020 instaurado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Con respecto a la vegetación la PROFEPA en el acta de inspección PFPA/29.3/2C.27.5/0030-2020, misma que se retoma en la resolución administrativa 0072/2020, es autoridad señala lo siguiente .....

*Una vez visto lo anterior se procede con la descripción de las características ambientales del sitio que nos atañe observadas durante el recorrido físico de inspección, para lo cual se tiene que de acuerdo con su ubicación en las costas Quintanarroenses, sus dimensiones, las especies que las integran, su flora y fauna observadas (directa o indirectamente mediante cantos e improntas o huellas, así como heces fecales) en las inmediaciones y colindancias del sitio visitado que nos atañe así como lo observado al interior de los mismos durante el recorrido efectuado, así como del estudio previo y conocimiento de la zona de interés por parte del inspector actuante; forma parte integral de los ecosistemas de vegetación, a saber. Durante el recorrido de campo en el predio revisado se observaron las siguientes especies de flora las cuales corresponden a vegetación secundaria de selva con fuertes perturbaciones antropogénicas, advirtiéndose la presencia de las siguientes especies: huño (*Sabal yapa*), ciricote (*Cordia sebestena*) jabín (*Piscidia piscicula*) akits (*Thevetia gaumeri*) chaca rojo (*Bursera simaruba*) y especies introducidas como almendro (*Terminalia catappa*) y cocotero (*Cocos nucifera*). De igual manera el predio se localiza en una Zona con alto desarrollo urbano, observándose una gasolinera en el área colindante al sur, un restaurante en operación en la colindancia norte y una vialidad, Boulevard Kukulcán en la colindancia este, al encontrarse en la zona hotelera de la ciudad de Cancún.*

Ahora bien, es importante señalar que dada las condiciones actuales del sitio del proyecto, no fue posible establecer en método de muestreo para conocer el tipo de vegetación afectado por las obras, sin embargo, se realizaron recorridos en las inmediaciones del predio, logrando determinar que la vegetación donde se realizó el proyecto corresponde a una vegetación de matorral costero, entre las que destaca especies como Chechem (*Metopium brownei*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), lirio de mar (*Pancratium maritimum*), Ciricote (*Cordia dodecandra*), Jabin (*psidia piscicula*), Akit (*Thevetia gaumeri*, Chaca (*bursera simaruba*), así como la palma chit (*Thrinax radiata*) y Guano (*Sabal yapa*). Estas especies coinciden con algunas de las especies identificadas por PROFEPA en el acta de inspección.

También se observan especies como el almendro (*Terminalia cattapa*), especies considerada por la CONABIO como especie invasora.

En las áreas ajardinadas del proyecto se pueden apreciar especies ornamentales no invasoras, entre las que se encuentran las Palma kerpis (*Veitchia merrillii*), palo del Brasil (*Paubrasilia echinata*), adelfas (*Nerium oleander*), palma del Madagascar (*Dypsis lutescens*), palma estrella (*Raphis excelsa*), por citar los más abundantes.

Cabe mencionar que en el margen de la zona terrestre con el área lagunar se desarrolla vegetación de manglar, compuestas por las especies de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), y mangle rojo (*Rhizophora mangle*).



Ilustración 42.-Se muestran algunas imágenes de las áreas ajardinadas del proyecto

#### IV.6.5 CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA TERRESTRE DENTRO DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO.

##### Metodología.

Para llevar a cabo la caracterización de la fauna en sitio de interés, se realizaron recorridos dentro del mismo en busca de manera directa e indirecta de individuos. Durante el trabajo de campo se identificaron las especies observadas en el área de muestreo, anotando su nombre común, nombre científico, coordenadas de los sitios de avistamiento y tipo de vegetación donde fueron observadas. Al mismo tiempo, se tomaron fotografías de los ejemplares tanto para corroborar la identificación preliminar como para archivo fotográfico. También se llevó a cabo el registro de especies observadas en la colindancia del área del proyecto, en el caso de registrar avistamientos.

La identificación de las especies registradas en campo se logró utilizando claves especializadas para cada grupo como son: Guía de anfibios y reptiles de la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an de Calderón-Mandujano *et al.* (2008), Aves comunes de la Península de Yucatán de Eduardo Llamosa Neuman (2008) y Sal a Pajarear Yucatán (Guía de aves) de Bárbara McKinnon (2013):

##### Resultados.

El recorrido de campo para la caracterización de la fauna terrestre del área de influencia corresponde al mismo recorrido realizado para la caracterización de la flora. Durante los recorridos realizados en el área de estudio, se reportó la presencia física de 4 especies: 2 del grupo de las aves y 2 del grupo de los reptiles. De las 4 especies registradas, 1 se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Cuadro 17.** Listado de especies de fauna reportadas en el predio del proyecto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	NOM-059-SEMARNAT-2010	
			Categoría	Distribución
<b>REPTILES</b>				
Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i>	Abaniquillo pardo		NE
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	A	E
<b>AVES</b>				
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate		NE
Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas		NE

Debido a las alteraciones y modificaciones en la cobertura vegetal y escases de hábitat para la fauna, así como de las perturbaciones de ruido y antrópicas de los alrededores, son pocas las especies que se observaron en el área de estudio definida para la caracterización del proyecto. Las pocas especies existentes en el

área son aquellas de tipo generalistas que son tolerantes a vivir en sitios urbanizados, o que sólo utilizan la zona como sitio de descanso o paso.

Hay varios factores que influyen en la poca diversidad de especies detectadas durante el muestreo. Las principales son la cantidad del hábitat disponible, su calidad y su conectividad.

No obstante, la fauna responde de diversas maneras a las perturbaciones del ambiente y algunas especies son tolerantes a permanecer en sitios perturbados, por lo que se adaptan fácilmente a vivir en zonas urbanas o semiurbanas. Sin embargo, otras son menos tolerantes y tienden a desplazarse a sitios más conservados en los que puedan habitar. Especies altamente móviles, como aves y mamíferos pueden trasladarse relativamente rápido a sitios con mejores condiciones; sin embargo, su traslado también depende de la velocidad con que se producen los cambios en el ambiente y de las posibles barreras, ya sean naturales o artificiales, que se puedan localizar en su camino hacia un sitio mejor conservado.

De manera general se considera que, dadas las condiciones de la zona terrestre en el área, se ofrecen pocos espacios que pudieran ser utilizados como hábitat por la fauna, sin embargo, el área es utilizada como sitio de alimentación y descanso por especies generalistas y tolerantes a estos sitios.

#### **IV.6.6 CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA DE LA ZONA LAGUNAR.**

Como se mencionó en el Capítulo II de la presente MIA-P, parte del proyecto se desplantará sobre la laguna Nichupté, por lo que se hizo una caracterización de la flora y fauna presente en la porción que ocupará el proyecto en agua.

##### **Metodología.**

Para determinar las condiciones ambientales del área marina donde se edificaron las obras del proyecto, se realizó una prospección con la intención de conocer las condiciones predominantes del fondo lagunar. Como parte de la prospección se hicieron recorridos con ayuda de un GPS marca Spectra precisión abarcando las áreas de interés.

Uno de los resultados de la prospección fue la definición del área de estudio con base al contorno y conformación estructural del fondo lagunar de la plataforma en donde se pretende el proyecto. Así, el área de estudio definida como área de influencia inmediata del proyecto se encuentra en un polígono 10,616.49 m<sup>2</sup>.

Se realizó una inmersión con equipo básico de biseo (Snorkel) sobre el área definida como área de estudio, durante la inmersión, se tomaron registros de las especies presentes, también se hizo un registro fotográfico del fondo lagunar y las condiciones de la vegetación del borde con ayuda de una cámara digital marca GoPro HERO 4. Al mismo tiempo se midió la profundidad y la salinidad en cada uno de los sitios de muestreo y se verificó la presencia de fauna.

Es importante mencionar que la presencia de motos acuáticas y embarcaciones de bajo calado es considerable en la zona, originando con ello la resuspensión de sedimentos por el tránsito de las mismas, así como la presencia de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos tanto en el borde de la laguna como en el fondo, lo que en general da un aspecto turbio del agua.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que el área de estudio corresponde a una pequeña porción del Sistema Lagunar Nichupté que tiene una pendiente que llega hasta los 1.55 m de profundidad promedio y una salinidad promedio de 30 psu. Inicia con una franja de arenal con algas en el claro sin vegetación que hay entre la vegetación de manglar de borde que corresponde a la parte más somera; seguida de arenal con pastos y arenales, en las zonas más profundas que sobresalen de la franja de manglar de borde. De igual forma se registró la presencia de residuos sólidos depositados en el fondo.

#### **IV.6.6.1 Descripción de la vegetación acuática en el área de estudio.**

La cobertura de vegetación acuática dominante en los márgenes de la Laguna, corresponde a algas en las zonas más someras y en las poco más profundas se desarrollan pastos y áreas sin vegetación.

Dentro de los sitios muestreados se reconoció la presencia de *Syringodium filiforme* (pastos marinos). Lo anterior coincide con los reportes bibliográficos en lo que se indica que, desde el punto de vista ecológico, Jordán *et al.*(1978)<sup>11</sup> describen este sistema como oligotrófico, dominado por una comunidad de *Thalassia testudinum*, típica de las zonas someras.

Los pastos en general se observan con sedimentos en sus hojas, y durante las mediciones se observaron varias embarcaciones transitando por el área, lo cual incrementa la resuspensión y depositación de sedimentos en esta zona de la Laguna.



<sup>11</sup> Jordán, E., M. Angot y R. De La Torre, An. del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Nota científica. Prospección biológica de la Laguna de Nichupté, Cancún, Quintana Roo, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 1978 179-188 (1): 5

*Syringodium filiforme* observada en los sitios de muestreo

### Algas

Las algas se reportaron únicamente en el borde colindante al predio del proyecto, las especies reportadas pertenecen al grupo de las Chlorophytas (algas verdes).

Cuadro 18. Listado de especies de algas reportadas en el predio del proyecto.

Filo	Familia	Especie
Chlorophyta	Dasycladaceae	<i>Batophora oerstedii</i>



Ilustración 43.- *Batophora oerstedii*. Observada en los sitios cercanos al borde del predio del proyecto.

### Arenales con pastos dispersos.

En cuanto a las áreas sin vegetación, esta corresponde a una zona de arenales con pocos pastos dispersos.



Ilustración 44.- Zona de arenales

Lo anterior, se infiere es un posible indicador de perturbación, por ser especies reportadas para ambientes modificados. Es notorio su disturbio en las zonas de paso frecuente de embarcaciones, donde se observa una remoción del sedimento.

Los resultados muestran una correlación entre la variación de la flora y la de los factores ambientales medidos; de ellos, la profundidad resultó altamente significativa y en menor grado lo fue la salinidad. La altura de la columna de agua se incrementa lejos de la zona de los manglares y disminuye en los bajos arenosos colindante con manglares o zonas puntuales del fondo. Lo anterior implica que la flora está siendo afectada por diferencias de la incidencia lumínica, la cual se modifica con la profundidad y con la presencia del follaje del mangle. La zona de mayor distribución de algas está menos soleada por la sombra que ofrece el manglar de borde en ciertos momentos de incidencia de luz, contrario a la demás zona acuática donde la luz incide directamente, salvo por la turbidez que pueda generar el levantamiento de sedimentos o por la calidad del agua.

La zona donde se ubica el proyecto está reportada con importante resuspensión de sedimentos ocasionada por el viento, por encontrarse cercana a los bajos que se ubican entre la cuenca centro y sur del Sistema Lagunar. Sin embargo, esta resuspensión se ve acrecentada por el tránsito continuo de embarcaciones en el área, lo que tampoco permite su completa depositación en el fondo y que los pastos puedan de alguna forma ir perdiendo los sedimentos que ya tienen en sus hojas.

#### **IV.6.6.21 Descripción de la fauna acuática en el área de estudio**

La fauna acuática observada en el área de estudio en la cual pretende desarrollarse el proyecto, es escasa, encontrándose principalmente peces en las áreas cercanas a los muelles establecidos en las colindancias del predio del proyecto. Entre los individuos observados se tiene a *Lucania parva* (Sardinilla).



Ilustración 45.- *Lucania parva*. Observada en el punto 13 de muestreo del área de estudio.

Ahora bien, fuera de los sitios de muestreo, pero cercano al punto 15, se registró la presencia de una especie de medusa: *Cassiopeia xamachana*, esta es una especie

de medusa tropical de la clase de los escifozoos que vive en manglares y lagunas litorales de escasa profundidad. Merino y Gallegos (1986)<sup>12</sup>, González (1989)<sup>13</sup> consideran que éstas y otras alteraciones se deben a que Laguna está sometida a un proceso de eutrofización, causado tanto por actividades antropogénicas y descargas residuales, principalmente, así como por la reducida capacidad de la laguna para asimilar estos agentes contaminantes.

El área de estudio no presenta una diversidad de especies significativa, sin embargo, es un sitio de alimentación y/o reproducción de especies marinas, que una parte o la totalidad de su ciclo de vida lo realiza en los diversos ambientes acuáticos que existen en el Sistema Lagunar Nichupté.

Herrera-Silveira (2006) señala que la vegetación acuática sumergida ha disminuido su cobertura por la eutrofización y tránsito de embarcaciones turísticas que se da de manera desordenada en la laguna. Asimismo, Carruthers *et al.* (2005) reporta que el contenido de nitrógeno en los tejidos de las hojas de los pastos es muy alto en comparación con el valor de referencia reportado para otras lagunas costeras, debido a un mayor aporte de este nutriente en el agua, proveniente de descargas ricas en nitrógeno de aguas residuales previamente reportadas en la parte norte del sistema.

De tal forma que esta vegetación acuática sumergida ha mermado sus poblaciones por daños físicos de tránsito de embarcaciones y por las condiciones de eutrofización que prevalecen en el Sistema Lagunar en toda su extensión (Carbajal, 2009; Hernández-Torres, 2014), proviniendo las mayores fuentes de aguas residuales de la parte noroeste y de la Laguna Bojórquez, pero extendiéndose por toda la laguna dada la dinámica hidrológica que ya fue descrita de los estudios de Carbajal (2009).

De tal forma que esta cobertura vegetal presenta condiciones modificadas por los factores ambientales en los que se desarrolla tanto en composición como en cobertura. De tal forma que es importante sanear el sistema lagunar para que los organismos vegetales y animales que se desarrollan en él puedan trascender a mejores condiciones.

#### IV.7 PAISAJE.

Existen numerosas definiciones de paisaje, que han ido evolucionando hasta determinarlo y centrarlo como un valor estético, como un recurso y como una combinación de elementos físicos, bioecológicos y humanos (citando a Lowenthal 1962, González 1981a, Benayas 1992). Si consideramos al paisaje como el escenario de la actividad humana, cualquier acción artificial repercute inmediatamente en los factores perceptuales. El paisaje puede identificarse como

---

<sup>12</sup> Merino, M. y M. Gallegos, Informe final del Convenio de Asesoría Técnica Evaluación del Impacto Ambiental Generable sobre el Sistema Lagunar Nichupté por el dragado programado para llenar el lote 18 "A" en Cancún, Q. Roo. PIADISA-UNAM, 1986. 87p

<sup>13</sup> González, A., Tesis de Maestría (Oceanografía Química). Hidrología y Nutrientes en la Laguna Bojórquez, UACPyP-CCH, UNAM, Cancún, Quintana Roo. 1989. 116 p.

el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (citando a Dunn, 1974, MOPT 1993). Se puede considerar como la expresión espacial y visual del medio y entenderlo como un recurso natural escaso y valioso.

Conforme a lo anterior, el SA está definido por tres condiciones generales, la primera de ellas corresponde al área urbana que comprende el Ejido Alfredo V. Bonfil, el Malecón Cancún y la zona hotelera de Cancún la cual tiene como eje al Boulevard Kukulkán, en donde se ofertan servicios de hotelería, comercio, náuticos y residencial. La presencia de edificios a ambos lados de la vialidad es lo común. Debido a la cobertura de los edificios hoteleros y comerciales, no existe desde la zona del Proyecto una vista hacia el Mar caribe, sin embargo, desde puntos específicos tiene una vista amplia de la Laguna Nichupté.



Ilustración 46.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Norte y Este, mismo que corresponde a la zona hotelera de Cancún.

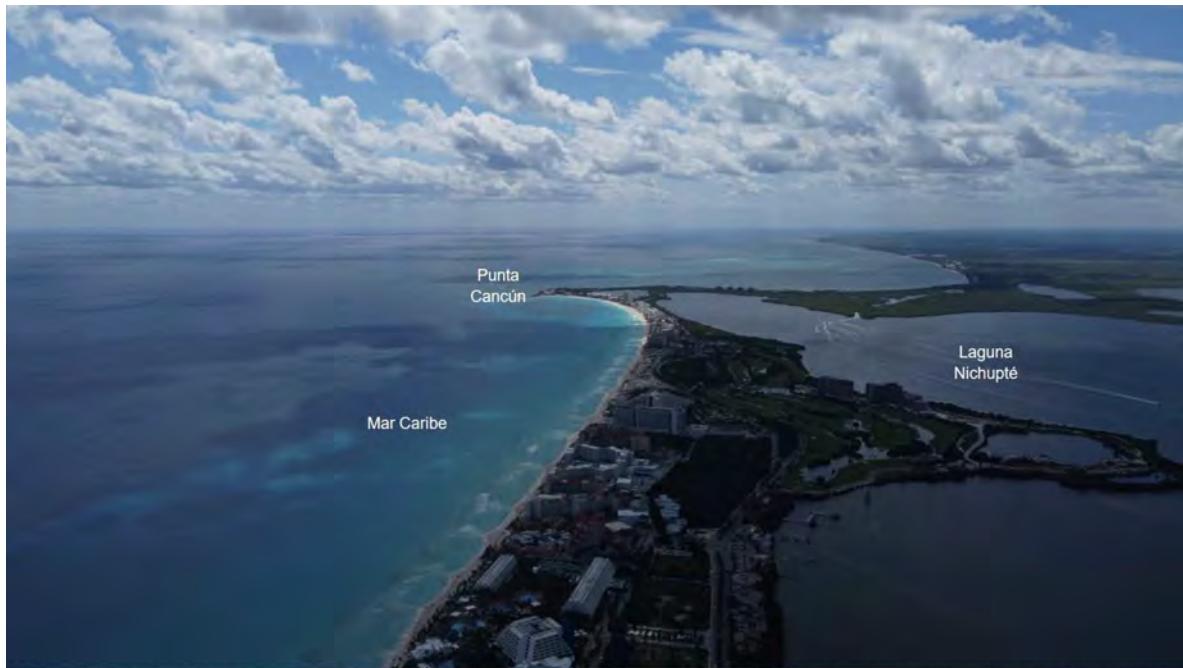


Ilustración 47.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Sur mismo que corresponde a la zona hotelera de Cancún y área lagunar Nichupté-



Ilustración 48.- En la imagen del paisaje del SA en su sección Oeste con el Ejido Alfredo V. Bonfil.



Ilustración 49.- En la imagen se observa el paisaje del SA en su sección Noreste con la zona urbana de Cancún.

La segunda de ellas corresponde al cuerpo de agua que integra el Sistema Lagunar Nichupté que se conjuga en su belleza escénica con los elementos naturales que ofrece la vegetación de manglar y el panorama de la infraestructura hotelera y de servicios que se tiene en la zona. A continuación, se muestra una serie de imágenes donde se observa el paisaje escénico de la Laguna Nichupté en convergencia con los manglares y la Zona Hotelera de Cancún.

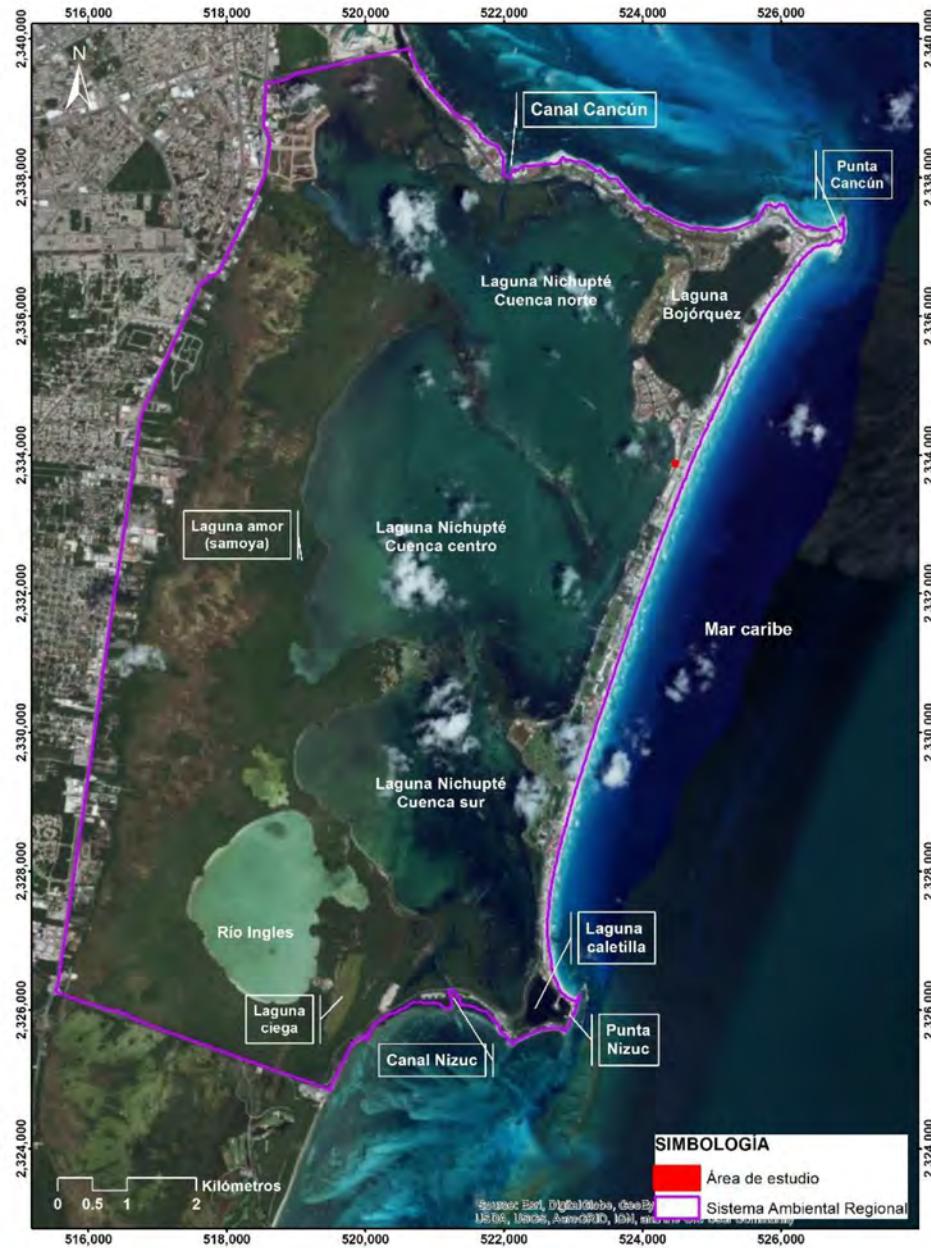


Ilustración 50.- En la imagen de satélite en el que se observa de manera general los componentes del paisaje del SA.

La vegetación natural, conforman el tercer componente paisajístico del SA ya que se integran de forma armónica con el Sistema Lagunar Nichupté, creando un escenario natural en el que convergen una gran variedad de fauna silvestre. Debido a esta peculiaridad la zona donde se desarrolla la vegetación de manglares fue decretada como Área Natural Protegida Manglares de Nichupté en categoría de Área de Protección de Flora y Fauna. Es importante señalar que en este ecosistema de manglar también convergen elementos propios de Tular y de Vegetación de Selva los cuales contribuyen a crear un elemento paisajístico más diverso.



Ilustración 51.- Se muestra una imagen panorámica del SA en dirección Oeste a Este.

#### **IV.7.1 EVALUACIÓN DEL PAISAJE.**

En el contexto de las actividades humanas, el paisaje se comporta como un recurso natural aprovechable mediante actividades específicas. Sin embargo, la evaluación de la calidad del paisaje presenta la dificultad de ser un componente básicamente subjetivo, pero destacan tres criterios básicos: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual.

De acuerdo con la guía de la MIA-P establecida por la SEMARNAT, la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual, se define como sigue:

Cuadro 19. Definición de los criterios para la evaluación del paisaje.

**La visibilidad** Se entiende como el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. Esta visibilidad suele estudiarse mediante datos topográficos tales como altitud, orientación, pendiente, etc. Posteriormente puede corregirse en función de otros factores como la altura de la vegetación y su densidad, las condiciones de transparencia atmosférica, distancia, etc. La visibilidad puede calcularse con métodos automáticos o manuales.

<b>La calidad paisajística</b>	Incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua, etc.; la calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m; en él se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc.; y la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto. Incluye parámetros como intervisibilidad, altitud, formaciones vegetales, su diversidad y aspectos geomorfológicos.
--------------------------------	---

<b>La fragilidad del paisaje</b>	Es la capacidad del mismo para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos. Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático, etc.) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares).
----------------------------------	--

Otra variable importante a considerar es la frecuencia de la presencia humana. No es lo mismo un paisaje prácticamente sin observadores que uno muy frecuentado, ya que la población afectada es superior en el segundo caso. Las vialidades, zonas urbanas, tipos de vegetación, cuerpos de agua y puntos escénicos deben ser tomadas en cuenta.

Para el análisis del paisaje vamos a delimitar primero las siguientes actividades o factores:

Actividad	Aplicación al proyecto “Zazil Ha”
<b>Área de estudio y zona de influencia.</b>	<p>El área de estudio corresponde al predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto, mismo que pretende construirse en la Zona Federal de la laguna y área lagunar del Sistema Lagunar Nichupté, de la Zona Hotelera de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo.</p>
	<p>El proyecto cuenta con una resolución administrativa 0072/2020 dictada en autos del expediente PFPA/29.3/2C.27.5/0030-2020 instaurado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), las obras se encuentran tanto en la zona federal como en la zona lagunar y están conformada por Edificio de Servicios, Área de Lobby, Área de estacionamiento, andador de laguna, plataforma de madera en el área de laguna, edificio de comensales, andador de servicios, sobre una superficie de 9284.00 m<sup>2</sup>.</p> <p>La zona de influencia se refiere al Sistema Ambiental (SA) definido para el proyecto, comprende los límites con la Zona Federal Marítimo Terrestre y Mar Caribe hasta la Carretera Federal 307 Chetumal – Reforma Agraria y Boulevard Luis Donaldo Colosio, así como Boulevard Kukulcán y Mar caribe. De acuerdo a la caracterización el SA se encuentra con áreas de vegetación natural, cuerpos de agua e infraestructura. En general tiene cierta fragmentación, sin embargo, existen áreas con buen estado de conservación.</p>
<b>Concentración demográfica, accesibilidad y flujo de observadores.</b>	<p>La concentración demográfica y turística en la zona de influencia del proyecto es notable tanto en la parte Este de la zona hotelera como en la parte acuática, por las embarcaciones que transitan en la laguna.</p> <p>La población es temporal y permanente, ya que la mayor parte de los desarrollos son hoteleros de pernocta y hay poca población que viva en residencias. Sin embargo, es mucha la afluencia turística lo que determina que todo el tiempo haya población en la zona. Además, a la gran cantidad de personal que entra y sale de los centros de trabajo.</p>

	<p>De ahí que el flujo de observadores al sitio donde se pretende desarrollar el proyecto se da en todas las direcciones. Al norte está el restaurante Porfirio's, al Este el Blvd. Kukulcán y hoteles varios, al sur un área sin desarrollo, y al Oeste el SLN donde hay tránsito de embarcaciones.</p> <p>El paisaje que estos observadores perciben en esta zona es la de una zona urbanizada y turística.</p> <p>El paisaje que los observadores perciben del Sistema Ambiental es el de zonas donde convengan tres componentes principales, el <u>escenario urbano</u> que comprenden los desarrollos turísticos, habitacionales, y de servicios, vialidades y caminos; el SLN y zona de playa que ofrecen belleza escénica con los elementos naturales que enmarcan; y la <u>escasa vegetación natural</u>, conforman el tercer componente paisajístico del sistema ambiental ya que se integran de forma armónica con los demás elementos, creando un escenario natural en el que convergen la flora y fauna silvestre.</p> <p>El escenario del predio del proyecto, es muy visible para los espectadores, ya que la vegetación que se desarrolla en éste es de baja altura y está rodeado por un extremo la vialidad principal de acceso Blvd. Kukulcán, y por el otro lado los que transitan por la laguna.</p> <p>Cuando el proyecto se encuentra en operación, este podrá ser apreciado desde varios puntos del sistema ambiental.</p>
<b>Componente central y componentes restantes: unidades de paisaje (UP).</b>	<p>Para definir el componente central de paisaje para el proyecto se consideró que la mayoría de los observadores que fluyen por el área de estudio y del sistema ambiental lo hacen vía terrestre por el Blvd. Kukulcán.</p> <p>De acuerdo con la caracterización realizada en el SA convergen 4 unidades ambientales: la primera corresponde a vegetación natural formada por vegetación de manglar y secundaria derivada de matorral costero. La segunda a la porción Este del Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. La tercera a la playa arenosa. La última corresponde a los elementos antrópicos conformados por Infraestructura y, áreas sin vegetación.</p> <p>Dado este diagnóstico de las condiciones ambientales, el componente central del análisis de paisaje se dividiría en la parte terrestre por la instalación del área de servicios y muelle de entrada, y en la parte acuática la instalación del restaurante con sus obras asociadas.</p>
<b>Controlar las condiciones de visibilidad.</b>	<p><u>La visibilidad</u> del paisaje relativa a la construcción del proyecto se circumscribe a lo que se pueda apreciar por los observadores vía terrestre y en las embarcaciones. Las actividades de remoción de la vegetación y construcción solamente serán percibidas desde el Blvd. Kukulcán ya que el nivel de la laguna es más bajo y permanecerá la vegetación de manglar de borde. Adicionalmente, el proyecto también será visto desde la parte acuática por las obras que considera en esta zona.</p>
<b>Analizar calidad y</b>	<p><u>Calidad del paisaje</u></p> <p>Como se ha descrito a lo largo de este capítulo, el sistema ambiental presenta modificaciones importantes en sus unidades naturales y de paisaje,</p>

<b>fragilidad paisajística.</b>	<p>principalmente hacia el desarrollo turístico y urbano. En el caso particular del proyecto se sumará a los desarrollos turísticos construidos acorde a los parámetros y reglas urbanísticas que marque el POEL y PDU del Centro de Población de Cancún. De sus obras, la que sobresaldrá principalmente del paisaje será el estacionamiento en la parte terrestre y el restaurante en la parte acuática. En la parte terrestre se sumará al paisaje ya existente de restaurantes ya establecidos. En la parte acuática generará un punto focal ya que la infraestructura en la zona acuática corresponde principalmente a muelles.</p> <p><u>Fragilidad</u></p> <p>Se valora la fragilidad en función de los factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto específico considerando suelo, cubierta vegetal, pendiente, orientación y accesibilidad dado por la distancia y acceso visual a y desde los núcleos de observadores.</p> <p>A nivel del SA, la unidad de paisaje con vegetación mejor conservada es la de manglar, por lo que tiene un valor de fragilidad bajo siendo que presentan condiciones más apegadas a las naturales. Las unidades de paisaje con alta fragilidad corresponden a las áreas sin vegetación aparente, vegetación secundaria, infraestructura, carreteras y caminos.</p> <p>El predio presenta vegetación corresponde a vegetación secundaria con un sustrato irregular.</p>
---------------------------------	---

Con base en la descripción de la vegetación y el análisis del paisaje con base en los núcleos de observadores, se define que las obras del proyecto se integrarán al paisaje urbanizado que presenta el área, y que ha ido desarrollándose paulatinamente en apego a los usos de suelo y parámetros urbanos específicos.

#### **IV.8 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS.**

La región Caribe Norte del Estado de Quintana Roo, está conformada por la zona costera del Municipio de Benito Juárez (Cancún); la zona costera del Municipio de Solidaridad, así como la Isla de Cozumel e Isla Mujeres, cuya contribución conjunta a la generación de divisas, recursos fiscales, empleo y desarrollo regional por turismo es de suma importancia para la economía de México.

La información que se presenta en este apartado, se realizó tomado de referencia los resultados del censo de población y vivienda 2010 y el Censo Económico 2014, elaborados por el INEGI para el municipio de Benito Juárez.

Con la finalidad de evaluar los efectos socioeconómicos que el proyecto tendrá sobre la población, es necesario describir cada uno de sus procesos enfocándonos al municipio de Benito Juárez.

El municipio cuanta con una extensión territorial de 1,664 km<sup>2</sup> y 554 localidades, siendo la mayoría de estas, asentamiento y colonias irregulares conurbadas a la

ciudad de Cancún. No obstante, dentro de la estatificación nacional de las regiones socioeconómicas del país, el estado de quintana roo se encuentra con un nivel bajo de marginalidad.

El 8 octubre de 1974 se expidió el decreto que convertía al Territorio Federal de Quintana Roo, en Estado Libre y Soberano de Quintana Roo con siete municipios: Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Lázaro Cárdenas y Othón Pompeyo Blanco.

El 31 de octubre de 1973 se expidió el decreto de la conformación del Municipio de Benito Juárez con cabecera en la ciudad de Cancún limita al norte con el municipio de Isla Mujeres, al oeste con el de Lázaro Cárdenas y al sur con el de Solidaridad tiene una extensión territorial de 1,664 km<sup>2</sup> que representan el 3.27 % del total del territorio de Quintana Roo.

De acuerdo con el censo de población y vivienda, el Municipio de Benito Juárez pasó de 419,815 habitantes en el año 2000 a 1, 1,501,562 habitantes en el 2015<sup>14</sup>.

#### **IV.8.1 DINÁMICA POBLACIONAL.**

El estado de Quintana Roo ocupa el lugar 26 a nivel nacional por su número de habitantes, con un total de 1,325,578 de los cuales 673,220 hombres y 652,358 mujeres.

La estructura por edad de la población se ha transformado y hace evidente los cambios demográficos a través del tiempo. En 2010 la población menor de 15 años se reportó en 29.2% con respecto a la población total, mientras que la que se encuentra en edad laboral constituye 67.8%, la población en edad avanzada es 3% de los habitantes del estado. En comparación con el año 2000 la participación de estos grupos de edad era 35, 62.6 y 2.4%, respectivamente. Esta transformación en la estructura por edad es muy importante, puesto que indica que el estado transita por una etapa donde el volumen de la población en edades laborales alcanza su mayor peso relativo, en relación con la población en edades dependientes.

#### **IV.8.2 Migración.**

En el XIII Censo de Población realizado por el INEGI en el 2010, el estado de Quintana Roo, -que es catalogado como de fuerte atracción de población-, registró una ganancia neta de 8.0 % de saldo neto migratorio (la diferencia de inmigrantes y migrantes interestatales), el segundo porcentaje más alto en todo el país. Del total de residentes del estado el 54% nacieron en otra entidad o país (promedio estatal), y de esta media Benito Juárez tiene un porcentaje de migración mucho menor siendo 52.57%.

---

<sup>14</sup> Información consultada en el sitio web <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/groo/poblacion/default.aspx?tema=me&e=23> el día 19 de febrero de 2019.

#### **IV.8.3 Población Económicamente Activa (PEA.)**

El mayor porcentaje de la población del estado de Quintana Roo es económicamente activa (61.34%), y de este el mayor porcentaje se encuentra ocupada.

De la población ocupada, el 77% trabaja en el sector terciario, es decir, en el turismo, el comercio y en la prestación de diversos servicios; el 14.5 % en el sector secundario, que comprende la industria extractiva y de la electricidad, la manufacturera y de la construcción; y sólo el 6.8% trabaja en el sector primario, en actividades como la agricultura, ganadería, apicultura y pesca.

#### **IV.8.4 Vivienda.**

En Quintana Roo la más alta tasa de crecimiento de viviendas particulares se observa en el Municipio de Benito Juárez que concentra poco más de la mitad de viviendas (50.7%) de la entidad; lo anterior debido en gran medida al desarrollo turístico que impulsa un acelerado incremento poblacional y con ingresos requeridos para adquirir vivienda. No obstante en el municipio de Solidaridad existe un total de 69,301 viviendas colectivas y particulares, de los cuales 48,922 están ocupadas (70.59 %). Existe un total de 68,471 viviendas particulares de las cuales 48,092 (70.24 %) se encuentran ocupadas, 14,209 (20.75 %) se encuentran desocupadas y 6,170 (9.01 %) son de uso temporal.

Las viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje son del orden de 45,227 (66.05 %), mientras que las viviendas particulares habitadas sin ningún bien (radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular, ni internet) es de 844 (1.23 %).

Vivienda	Año		Tasa de crecimiento 2005-2010	Porcentaje
	2005	2010		
Estado Quintana Roo	249,375	363,066	7.80	100%
Benito Juárez	123,687	184,247	8.30	50.7%*
Cancún	117,815	179,360	8.77	97.3% **
Puerto Morelos	1,100	2,636	19.10	1.4%**
Leona Vicario	1,180	1,555	5.67	0.8%**
Resto del Municipio	3,592	696	-27.98	0.4%**

Fuente: Censo de Población y vivienda 2010 y Conteo de Población y vivienda 2005.

El 64.4% de la población del Municipio de Benito Juárez es derechohabiente de un servicio de salud. En estas instituciones se beneficiaron a un total de 42,5874 personas. Los servicios de salud se concentran en la zona centro de Cancún con 36 unidades destinadas a brindar estos servicios (25 unidades de la Secretaría de

Salud del estado, 10 del IMSS y 1 del ISSSTE). Con una total carencia en las zonas de asentamiento irregulares.

#### **IV.8.5 Aspectos urbanos.**

La tendencia de crecimiento de la zona urbana de Cancún es de tipo radial sea en áreas que cuentan con instrumentos de planeación o de ocupación irregular. La tendencia de expansión urbana es horizontal.

##### **Suministro de agua**

Las aguas subterráneas son las proveedoras más importantes de agua en Quintana Roo, aprovechadas básicamente por pozos y en números reducidos por aprovechamiento de manantiales.

En el citado “Los Retos del Agua en Quintana Roo” elaborado por el Gobierno del Estado señala que en la entidad existe una disponibilidad de agua de 2,959 m<sup>3</sup>/hab/año. De este volumen, la población utiliza el 13% del agua, por lo que se infiere se cuenta con suficiente líquido por lo menos para los próximos 20 años.

El abasto del agua para el centro de población de Cancún proviene de baterías de pozos localizadas al poniente de la ciudad, que por acueductos localizados al costado de la carretera Cancún-Mérida, la Av. José López Portillo, el Blvd. Luis Donaldo Colosio y el Blvd. Kukulcán, conducen el agua hacia las diversas zonas de la ciudad. El sistema para abastecer agua potable consta de 31 tanques de agua, 3 tanques hiperbólicos y dos plantas centrales que se ubican en el aeropuerto y otra en la zona centro. El servicio de agua es por tandeados y sólo en 23 supermanzanas se realiza las 24 horas.

El municipio de Benito Juárez cuenta con 132 pozos o fuentes de abastecimiento de agua, misma que entregan un volumen promedio de poco más 154 mil m<sup>3</sup> de agua. De este volumen poco más de 62% está destinado al sector turístico, mientras que el 24% se destina al sector doméstico y 11% al sector industrial.

De acuerdo con el INEGI (2010) en Cancún existen 18,454 viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada y se ubican principalmente en las zonas norte, sur y poniente de la ciudad, y que coinciden con asentamientos irregulares.

##### **Red de Drenaje Pluvial**

El centro de población de Benito Juárez no cuenta con un sistema planificado de drenaje pluvial y una parte importante del desalojo se realiza a partir de 3,500 pozos de absorción, los cuales han sido perforados principalmente para evitar los encharcamientos en las vialidades sin embargo no funcionan de manera correcta debido a falta de mantenimiento o por azolves por acumulación de residuos sólidos.

## Energía eléctrica

La energía eléctrica en Quintana Roo se encuentra a cargo por la CFE, la cual genera, trasmite, distribuye y comercializa este servicio. Su infraestructura principal es con base en seis centrales generadores; de las cuales dos se localizan en Benito Juárez en la ciudad de Cancún y tienen una capacidad de 102 Mw y 88 Mw. El suministro eléctrico hacia la ciudad de Cancún, se realiza atravesó de una red de alta tensión que llega desde la carretera Federal 180 la cual se bifurca a la altura de poblado de Leona Vicario para entrar en la Ruta de los Cenotes hasta llegar a Puerto Morelos. Existen también carreteras de distribución secundaria que corren paralelas a la carretera libre a Mérida y que entran por diversos caminos rurales para alimentar bombas eléctricas de la zona de extracción de agua dentro del municipio.

## Movilidad urbana

Las vías de comunicación de Benito Juárez están ampliamente distribuidas a lo largo y ancho de la superficie municipal. Actualmente existen vías de comunicación primaria, secundarias y terciarias. Las vías primarias son: la carretera federal 180 (Mérida-Puerto Juárez) cuya importancia radica en ser la principal vía carretera que conecta al municipio con la capital del Estado de Yucatán, otras vías es la carretera federal 307 (Reforma Agraria-Puerto Juárez), misma que conecta a Cancún con Chetumal, pasando por Puerto Morelos y la desviación hacia la llamada Ruta de los Cenotes. También existen carreteras Estatales que conectan la localidad de Leona Vicario y Puerto Morelos, pasando por Central Vallarta, y que es la zona donde está proyectado el desarrollo de la actividad inmobiliaria y turística alternativa a corto plazo, para el municipio.

La mayoría de las vialidades de la ciudad de Cancún se han desarrollado atendiendo la vertiginosa expansión de la ciudad y aprovechando en gran medida los derechos de vía de las líneas de energía eléctrica de alta tensión para el establecimiento de las avenidas principales, sin que se haya planeado su crecimiento ordenado. Es por esto que la ciudad carece de una correcta conectividad entre calles primarias, un transporte deficiente y nodos vehiculares en cruces de avenidas principales.

Cancún cuenta con más de 10 millones de metros cuadrados de vialidades que se encuentran en diferentes estados de deterioro, a pesar de constar con un constante mantenimiento de bacheos y pavimentación, el servicio es insuficiente para mantenerlas en buen estado.

Las carreteras que alimentan el tránsito vehicular del centro de población de Cancún son: la Carretera México 180 de cobro y la libre que van en dirección a la ciudad de Mérida; y la carretera que conecta al aeropuerto y entronca con la México 307 que va en dirección a Playa del Carmen.

## **IV.8.6 Equipamiento.**

### **IV.8.6.1 Manejo de Residuos Sólidos.**

Con la finalidad de mejorar la atención del servicio de acopio, recolección, transporte, trasferencia, almacenaje, aprovechamiento, reciclaje, trasformación, procesamiento y confinamiento de residuos sólidos urbanos de la población de Benito Juárez, se tomó la decisión de fortalecer el Organismo Público Descentralizado Denominado Solución Integral de Residuos Sólidos Urbanos Cancún (SIRE SOL, Cancún por sus siglas) para desligar el servicio de recolección, traslado, valorización y disposición final de los residuos urbanos de la Secretaría de Obras Públicas y Servicio. Este Organismo, tiene por objetivo mejorar el servicio que prestaba a través de la Dirección de Servicios Públicos, para dar una mejor calidad de vida a los habitantes del Municipio de Benito Juárez y su creación fue concretada en la décima sesión extraordinaria realizada el 20 de octubre del 2001 del Cabildo del H. Ayuntamiento de Benito Juárez<sup>15</sup>

Los residuos sólidos en la zona norte de Quintana Roo se han convertido en un elemento de riesgo al ambiente y a la salud humana, debido a un inadecuado manejo en la planeación y en su operación, vinculado la falta de recursos y obsolescencia de los procesos y procedimientos.

Para la disposición final de los residuos sólidos en el centro de población e Isla Mujeres, se tiene un relleno sanitario localizado a 3.5 km de Rancho Viejo al norte de la ciudad. Este recibe alrededor del 85% de los residuos del municipio.

La generación per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) en el Municipio de Benito Juárez es de 1.60 kg/hab/día y la generación total es de 750 Ton/día específicamente para Cancún. Los RSU en la mayoría de los municipios del Estado de Quintana Roo son de origen habitacional, residuos generados por el turismo y comercios; siendo las casas habitación, el comercio y el turismo de los mayores generadores de residuos (Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, México. 2009 -2013). La recolección de residuos se realiza diariamente en la zona turística, industrial, centro, comercial y residencial, mientras en las zonas rurales se realiza dos veces por semana (Colegio de Biólogos de Quintana Roo, A.C., 2006).

### **IV.8.6.2 Manejo de Residuos Líquidos.**

El sistema de red sanitaria en el centro de población se conforma por 11 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) casi todas en la zona centro y norte del área de estudio con un total de 8 unidades, de las cuales 6 fueron construidas en los años de 1993 a 2003. La zona hotelera cuenta con diversas unidades para completar este sistema. Esta cantidad de plantas cuenta con el 50% de la Región Caribe Norte, lo que representa el 73% del volumen de tratamiento de la región.

---

<sup>15</sup> <http://cancun.gob.mx/gobierno-municipal/files/2014/10/MO-SIRE SOL-2014p.pdf>.

En la zona hotelera se tienen 10 zonas de cárcamos y estaciones de bombeo, para dirigir la materia hacia las plantas de tratamiento mencionadas. El resto del centro de población cuenta con 52 unidades. Los pozos de visita de colector se localizan en el área centro con un total de 24 unidades.

Existen zonas de la parte norte, sur y poniente que no disponen de este servicio y se conectan a fosas sépticas realizan su disposición al aire libre, principalmente en las zonas de asentamientos irregulares y Alfredo V. Bonfil.

#### **IV.8.7 Actividades productivas.**

En general las actividades productivas o económicas de la región Norte del Estado de Quintana Roo, se basan en los recursos ambientales, su transformación en bienes y servicios con valor de mercado interno, y el aprovechamiento de sus beneficios, traspasando los costos a la sociedad. De esta manera, tanto los recursos y servicios prestados por el medio ambiente, como los insumos intermedios, el capital, la energía, el trabajo humano, se transforman en bienes por una parte y por la otra en perjuicios trasladados a la sociedad vía medio ambiente. Las estadísticas sobre los recursos naturales y servicios ambientales que son transformados por actividades humanas en bienes y satisfactores para la sociedad, pueden ser indicadores útiles de advertencia del cambio ambiental y pueden dar una idea de cómo intervenir a través de la gestión ambiental para un manejo sustentable de los mismos.

Cuadro 20. Actividades económicas del Estado de Quintana Roo.

Actividades	Número de empleados
<b>Actividades Primarias</b>	
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	1,877
<b>Actividades Secundarias</b>	
Minería	905
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	3,625
Construcción	18,357
Industrias manufactureras	7,551
<b>Actividades Terciarias</b>	
Comercio	38,615
Transportes, correos y almacenamiento	16,883
Información en medios masivos	3,189
Servicios financieros y de seguros	5,318
Serv. inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	27,995
Servicios profesionales, científicos y técnicos	3,194
Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	13,141

Servicios educativos	7,034
Servicios de salud y de asistencia social	4,388
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	3,465
Hoteles y restaurantes	46,901
Otros servicios excepto actividades del gobierno	14,438
Actividades del gobierno	8,794

Datos del INEGI de 2010 señalan que la población económicamente activa en el Estado de Quintana Roo es de 65.9%, mientras que para el municipio de Benito Juárez es del 61.8%, el porcentaje de personas no económicamente activa es de 36.4% y en condición de actividad no especificada representa el 1.8% del total de la población. En el municipio de Benito Juárez se encuentra el mayor número de empresas del Estado, seguida del Municipio de Solidaridad. De manera que una gran parte de estos establecimientos son micro o pequeños y orientados a la transformación de alimentos. En el rubro industrial se registran 470 micro y pequeñas industrias que se dedican básicamente al ramo alimenticio y la manufactura. Las actividades del sector primario como la agricultura y la ganadería no resultan tan significativas como el comercio.

La actividad económica básica del Municipio de Benito Juárez se refiere a los servicios para la atención al turismo: hoteles, restaurantes, discotecas, agencias de viajes, arrendamientos de autos, transporte turístico, etc. El turismo es la actividad principal no solo de estos municipios sino del Estado, ya que durante el 2012, la afluencia de turistas a estos destinos vacacionales (Cancún, Puerto Morelos y Playa del Carmen), fue de alrededor de 5.3 millones de visitantes. La oferta habitacional del estado prevista para el 2013 fue de 85,918 habitaciones en 905 centros de hospedaje con diferentes categorías, de los cuales la mayoría se localizan en Cancún y Playa del Carmen.

En complemento con el turismo, la actividad comercial también es muy importante; existen todo tipo de establecimientos que se dedican al comercio de diferentes productos, desde ropa típica mexicana y artesanías de todo el país, hasta las marcas de prestigio internacional. Se encuentran plazas comerciales importantes, mercados públicos y diversas tiendas departamentales.

#### **IV.8.8 Sector terciario: Turismo.**

Sin duda, la actividad económica preponderante en el estado es el turismo y los servicios que lo rodean han registrado un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos años. De acuerdo al censo 2010 el 77% de la población estatal está ocupada en el sector comercio y de servicios.

La región Caribe Norte del estado de Quintana Roo, y en especial el Municipio de Benito Juárez y Solidaridad demostraron en los últimos tiempos ser muy vulnerables a ciertas variables exógenas del desarrollo. Desde luego que esta vulnerabilidad se

manifiesta de manera más fuerte por el modelo de desarrollo productivo que se tiene en la zona: dependencia casi absoluta del turismo como motor del desarrollo, y nuestro propio modelo de desarrollo turístico, basado en gran parte en la oferta de instalaciones hoteleras “todo incluido”.

En el 2015 Quintana Roo registra una afluencia de 10, 634,681 visitantes, de los cuales 4, 622,286 turistas se hospedan en Cancún, 4, 661,641 en la Riviera maya que incluye la localidad de Playa del Carmen y Tulum.

El gasto estimado por visitante tiene una relación con la estadía promedio, la oferta de servicios turísticos complementarios disponible en el destino y su calidad; por tal razón Cancún en 2011 tiene el más alto de todos los destinos turísticos de la entidad al registrarse \$USD 937.17 por estancia/visitante con una derrama económica estimada en \$2,920.93 (Millones de Dólares).

#### **IV.8.9 Sector Primario: Agricultura.**

Las actividades del sector primario que se realizan en el Municipio de Benito Juárez son: agricultura, principalmente cultivo de maíz de temporal para autoconsumo; ganadería; apicultura; y pesca.

De acuerdo al Censo 2010 solo 6.8% de la población del estado está ocupada en este sector.

La agricultura en el ámbito del centro de población es nula debido a la carencia de productos y no existen condiciones del suelo para la actividad. La ganadería se realiza en pequeña escala y también en su mayoría es para autoconsumo. La apicultura sobresale en el municipio y existe una gran potencia para su explotación.

La pesca es una actividad en declive en el ámbito municipal y sólo existen pequeños proyectos de acuacultura gracias a los apoyos gubernamentales.

#### **IV.8.10 Sector Secundario: Industria.**

De acuerdo al Censo del INEGI realizado en el año 2010, el 14.5% de la población del Estado está ocupada en el sector industrial y de la construcción. En las ciudades de Cancún, la presencia de industria manufacturera y de la construcción son las más relevantes.

### **IV.9 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA AMBIENTAL.**

En términos generales el estado de conservación de los ambientes del SA definido para el Proyecto “Zazil Ha” se encuentran en constantes cambios desde 1972 de la creación Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún, estos cambios, no solo se han visto reflejados en la disminución de la vegetación natural, si no también, en

cambios en los patrones de escurrimiento y calidad del agua del Sistema Lagunar Nichupté.

Las áreas con mejor conservación registradas en el SA, corresponde a las zonas donde se desarrolla la vegetación de Manglar y la Asociación de Pastizal/ Tular/ Manglar, mismas que forman parte del polígono del ANP Manglares de Nichupté, lo que es un indicativo de que esta sección se encuentra en mejor estado de conservación y que tiene atributos biológicos de mayor importancia.

Por otra parte, el Sistema Lagunar Nichupté presenta un grado de conservación Medio a Bajo, debido a los grados de afectación derivado del asolvamiento e interrupción de los flujos y corrientes lagunares lo que se refleja en el poco intercambio de aguas con el mar abierto, además de la contaminación que se genera por las descargas de aguas residuales de forma clandestina y escurrimientos pluviales que arrastran al cuerpo de agua gran cantidad de sedimentos y residuos, además de los escurrimiento de lixiviados y metales pesados ocasionados por el antiguo relleno sanitario ubicado en la zona oeste de la Laguna.

Los impactos de eventos hidrometeorológicos en la zona son prácticamente imperceptibles, ya que tras 17 años de haber pasado (en el caso de los huracanes Emily y Wilma que impactaron las costas en Julio y octubre de 2005), la vegetación se observa recuperada y sin indicios de afectación por estos eventos.

Las zonas con grado de conservación bajo están representadas por el área urbana de Cancún la cual incluye la Zona Hotelera, el Malecón Tajamar y la zona del ejido Alfredo V. Bonfil, y la Laguna Bojórquez, esta última por problemas de eutrofización aunado a problemas de salvamiento e interrupción de los flujos y corrientes lagunares.

En cuanto a la fauna que se desarrolla dentro del SA se puede determinar que esta es muy diversa, ya que el estado de la vegetación es idóneo para su desarrollo y reproducción. No obstante, su diversidad está estrechamente relacionada con las condiciones de la vegetación las cuales son buenas. Esta simbiosis ha permitido el establecimiento del ANP Manglares de Nichupté.

La armonía de un ecosistema depende del grado de transformación. No obstante, hay que señalar que en ocasiones no es solamente por la intervención del humano o por sus actividades, sino que la pérdida de armonía en un ecosistema es provocada por la propia naturaleza, que también contribuye a grandes cambios. Esto se puede observar en las modificaciones del SA presentadas después del Huracán Wilma en el 2005, donde la Selva baja fue la que mayor afectación presentó, con una disminución considerable poco más 139 ha, seguida la vegetación de manglar que tuvo una disminución de poco más de 20 ha por otra parte, la Asociación de Pastizal/ Tular/ Manglar disminuyó 15.10 ha y el Matorral costero lo hizo en 2.45 ha.

Como resultado de este diagnóstico, y de acuerdo a las características ambientales del SA, se concluye que es necesario establecer medidas de prevención, mitigación y compensación para atenuar los impactos ambientales que pudieran generarse durante las diferentes etapas del proyecto.

En el caso particular del área de estudio y con el análisis a detalle de sus condiciones ambientales, la zona terrestre presenta un estado de conservación bajo, ya que este carece de vegetación y actualmente funge como un área ajardinada establecida sobre material de relleno.

La zona terrestre donde se desarrollan los componentes del proyecto, corresponde a un área totalmente urbanizada, ubicándose en su parte Este, el Blvd. Kukulcán que es una vialidad de alto nivel de tránsito, ya que es la única vialidad de entrada y salida de la zona hotelera. La parte acuática del SLN, es una zona de tránsito de embarcaciones en el canal de navegación. Cabe mencionar que a raíz de la caracterización ambiental realizada para el sitio del proyecto, se logró determinar que la vegetación donde se realizó el proyecto corresponde a una vegetación de matorral costeo, entre las que destacan especies como *Chechem* (*Metopium brownei*), *uva de mar* (*Coccoloba uvifera*), lirio de mar (*Pancratium maritimum*), *Circote* (*Cordia dodecandra*), *Jabin* (*psidia piscicula*), *Akit* (*Thevetia gaumeri*), *Chaca* (*bursera simaruba*), así como la palma chit (*Thrinax radiata*) y Guano (*Sabal yapa*). Estas especies coinciden con algunas de las especies identificadas por PROFEPA en el acta de inspección. También se observan especies como el almendro (*Terminalia cattapa*), Especies considerada por la CONABIO como especie invasora.

En las áreas ajardinadas del proyecto se pueden apreciar especies ornamentales no invasoras, entre las que se encuentran las Palma kerpis (*Veitchia merrillii*), palo del Brasil (*Paubrasilia echinata*), adelfas (*Nerium oleander*), palma del Madagascar (*Dypsis lutescens*), pala estrella (*Raphis excelsa*), por citar los más abundantes.

Cabe mencionar que en el margen de la zona terrestre con el área lagunar se desarrolla vegetación de manglar, compuestas por las especies de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), y mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

La vocación de los usos de suelo establecidos por el Programa de Ordenamiento Local del Municipio de Benito Juárez (2014) determina para la zona terrestre del proyecto que está dentro de la zona urbana o UGA 21 la cual establece que los usos de suelo aplicables, están determinados por lo que marque el Programa Director del Centro de Población de Cancún, mismo que para el proyecto, tiene un uso de suelo como Zona Federal Marítimo Terrestre, es decir, que estará sujeta a lo que marque la Dirección de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros de la SEMARNAT en el Titulo de Concesión de Zona Federal Marítimo Terrestre. Para este caso, se cuenta con el Titulo de Concesión DGZF-583/06 vigente para uso general y conformación de obras civiles en su superficie.

Por otra parte, el área lagunar está regulada por la UGA 25 denominada Sistema Lagunar Nichupté cuya regulación, *Se remite a la competencia federal por mandato constitucional (Art. 27) y por mandato legal (Ley de Aguas Nacionales), así como también se reconoce el polígono y superficie de esta UGA como parte del territorio municipal de Benito Juárez, Quintana Roo, de conformidad con la Constitución Local (Art. 128)*. En este sentido corresponde a la federación, la regulación de las actividades económicas dentro de esta UGA.

El proyecto constituye una fuente de empleos y fuente de ingresos para el municipio, ya que es un comercio de comida, que está considerando en su diseño los parámetros arquitectónicos necesarios para garantizar el cumplimiento de los criterios de la normatividad aplicable.

## **V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

La evaluación del impacto ambiental debe partir del análisis de las diferentes etapas del proyecto y del estudio del entorno o área de influencia de aquél. Tal información se ha documentado en los capítulos precedentes y sustenta el desarrollo del presente capítulo. Sin embargo es de importancia mencionar que el presente proyecto se encuentra en etapa de operación, para el cual se busca la regularización de las obras construidas para el mismo.

Por lo anterior, el presente capítulo se centrará en establecer los criterios de evaluación para identificar los efectos positivos, negativos y neutrales que incidan en la etapa de operación del sitio, en específico de las siguientes obras y actividades que se desarrollan dentro del área lagunar y zona terrestre correspondiente a zonafederal t terrenos ganados al mar siendo estas las siguientes:

<b>Numero</b>	<b>Tipo de obra</b>	<b>Superficie en m2</b>
1	Edificio de servicios	<b>536</b>
2	Area del Lobby	<b>130</b>
3	Area de estacionamiento con muro de contencion	<b>428</b>
4	Andador a la laguna	<b>989</b>
5	Plataforma sobre la laguna	<b>4410</b>
6	Palapas de comensales (Restaurantes)	<b>2741</b>
7	Andador de servicios	<b>50</b>
<b>Totales</b>		<b>9284</b>

Para efectos del presente capítulo, en primer lugar, se iniciará la descripción de la metodología a utilizar; la cual comprenderá la descripción de los indicadores de impacto a utilizar, seguidamente la identificación de las acciones del proyecto

susceptibles a causar impacto, posteriormente se describen los criterios específicos utilizados en la matriz de causa-efecto. Enseguida se procederá a valorar los impactos identificados a través del uso de la matriz mencionada para finalizar con la descripción detallada de cada uno de los impactos y la conclusión.

### **V.1.-Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales**

Para identificar y evaluar los impactos ambientales que generará el proyecto en la etapa de operación, se utilizó el método de tabla modificada de Leopold et al (1971), esta matriz considera acciones y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental.

La Matriz de Leopold pertenece a un grupo denominado como “matrices causa-efecto”. En esta tipología de matrices de doble entrada, las columnas están constituidas por las acciones que producen los impactos, mientras que las filas, constituyen los factores del medio susceptibles de recibir estos impactos. Se trata de una forma sencilla de interaccionar las acciones con los efectos, es por esta razón que este método solo permite identificar impactos directos.

Para construir esta matriz, normalmente se dividen las acciones en cada una de las etapas del proyecto: preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento, y etapa de abandono; sin embargo para el presente proyecto solo se tomará en cuenta la etapa actual en la que se encuentra, la cual es la etapa de operación.

De primera instancia se fijan 100 acciones posibles (columnas) y 88 factores ambientales (filas), los que supone un total  $88 \times 100$  celdas de cruce (8,800 interacciones posibles); solo una parte son relevantes por lo que se procede a depurar la matriz, identificando las acciones y factores más importantes del proyecto.

Los indicadores de impacto, son los elementos del medio que podrán ser afectados por alguna de las actividades del proyecto. En el presente proyecto se clasificaron los siguientes factores de importancia en el medio: medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico. Estos factores ambientales se usaron como índices cualitativos por ser representativos y de fácil identificación, así como los indicadores de impacto utilizados para la evaluación (**Tabla V.1**).

**Tabla V. 1. Indicadores de impacto a utilizar para la valoración de impactos ambientales**

Factor	Componente	Indicador
Medio abiótico	Suelo	Contaminación del suelo

Factor	Componente	Indicador
	Atmósfera	Topografía
		Erosión del suelo
		Uso del suelo
	Aguas	Calidad del aire
		Confort sonoro
	Paisaje	Calidad del agua
		Cantidad del agua
	Medio biótico	Calidad visual
		Diversidad
		Importancia
	Medio socioeconómico	Fauna y Flora
		Motilidad
		Población
		Sector laboral
		Calidad de vida
	Economía	Transporte y flujo de tráfico
		Sector público
		Comercio

### **V.1.1.-Descripción de los indicadores de impacto**

Los indicadores de impacto se definen como “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio” (Ramos, 1987). Por esto, son considerados variables que evidencian las alteraciones sobre el factor ambiental, siendo de esta forma, un indicador capaz de caracterizar cualitativa o cuantitativamente el estado del factor que se pretende valorar.

Los indicadores de impacto regularmente están representados en unidades heterogéneas, incommensurables, por lo que se requiere transformarlos a unidades homogéneas y dimensionales para hacerlos comparables. Esto es debido a la finalidad de jerarquizar los impactos y totalizar la alteración que generará el proyecto.

Con el fin de elegir los indicadores de impacto ambiental que sean representativos y de relevancia en el área de estudio se escogieron los elementos que en base a la

caracterización de los factores; medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico, sean cualitativos y de fácil identificación (**Tabla V.2**).

**Tabla V. 2. Descripción de los indicadores de impacto ambiental utilizados.**

Factor	Componente	Indicador de impacto	Impacto ambiental
<b>Medio Abiótico</b>	Suelo	<i>Contaminación del suelo</i>	Se refiere a la posible contaminación del suelo por la generación de residuos en las diferentes etapas del proyecto
		<i>Cambios en topografía</i>	Creación de pendientes o terraplenes inestables que puedan provocar deslizamientos, derrumbes, vuelcos.
		<i>Erosión del suelo</i>	Pérdida de la capa vegetal y mineral del suelo.
		<i>Uso del suelo</i>	Alterará los usos actuales. Provocará un impacto en una superficie de tamaño considerable dependiendo las dimensiones del proyecto a evaluar.
Atmósfera		<i>Calidad del aire</i>	En éste apartado se identifican los factores que pudieran alterar los estándares de CO <sub>2</sub> y partículas liberadas a la atmósfera a causa del manejo de equipo durante la obra.
		<i>Confort sonoro</i>	Se considera al sonido inarticulado y confuso, alboroto auditivo no deseado por el receptor.
Agua		<i>Calidad del agua</i>	La calidad del agua, refleja los aportes desde la atmósfera, el suelo y las reacciones agua-roca (meteorización), así como las fuentes de contaminación tales como minas, áreas despejadas, agricultura, lluvias ácidas, residuos domésticos e

Factor	Componente	Indicador de impacto	Impacto ambiental
			industriales, los vertidos a un sistema público o privado de aguas residuales.
		<i>Cantidad de agua</i>	Se refiere al volumen de agua requerido para las diferentes actividades.
			Afectación del manto freático por extracción del agua del subsuelo
	Paisaje	<i>Calidad visual del paisaje</i>	Está conformado por elementos de percepción como las características intrínsecas del sitio, en términos de visibilidad y riqueza urbana y/o biológica, dependiendo del sitio donde se encuentre inmerso el proyecto.
<b>Medio Biótico</b>	Fauna	<i>Diversidad</i>	Se refiere a la variedad de especies de fauna encontradas en el área. En el cambio en su abundancia y diversidad.
		<i>Importancia</i>	Se refiere a las especies con algún estatus de importancia, tales como las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
		<i>Motilidad</i>	Se refiere a la afectación de la movilidad de las especies de fauna de un lugar a otro.
	Flora	<i>Diversidad</i>	Se refiere a la variedad de especies de flora encontradas en el área de estudio, la cual presenta un evidente deterioro. Cambio en su abundancia y diversidad.
		<i>Importancia</i>	Se refiere a las especies con algún estatus de importancia, tales como las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Factor	Componente	Indicador de impacto	Impacto ambiental
			Pérdida de fragmentación hábitat y los ecosistemas.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Población	<i>Sector laboral</i>	En este elemento se encuentran los empleos directos temporales y permanentes para el desarrollo del proyecto y por otro lado también existe la generación de empleos indirectos como consecuencia de las transacciones de compra-venta de insumos durante el proyecto.
		<i>Calidad de vida</i>	Este factor se refiere a la mejora en la calidad de vida de la población por consecuencia de un trabajo que aporte ingresos a la economía de los trabajadores.
			Alterará la distribución de la población humana así como el tamaño de la misma.
		<i>Transporte y flujo de tráfico</i>	Movimiento adicional de vehículos. Tendrá un impacto sobre los sistemas actuales de transporte, así como un aumento en el riesgo de circulación para vehículos motorizados, bicicletas, peatones, etc.
	Economía	<i>Sector público</i>	Se refiere al beneficio por el pago de permisos para la operación del proyecto (servicios municipales, recaudación fiscal, etc.)
		<i>Comercio</i>	En este rubro se contempla el impacto benéfico, ya que durante la construcción y operación del proyecto se requerirá de materiales e insumos.
			Cambiará el valor del suelo

## **V.2.-Identificación de los impactos ambientales**

De acuerdo con la metodología propuesta, se realizó la identificación de las principales acciones del proyecto así como sus indicadores y posibles impactos tomando en cuenta sólo la etapa de operación (**Tabla V.3**).

**Tabla V. 3. Acciones del proyecto durante las etapas del desarrollo y su relación con los indicadores ambientales.**

<b>Etapa</b>	<b>Acción/actividades</b>	<b>Indicador ambiental</b>
<b>Operación</b>	-Contratación y tránsito de personal	Contaminación del suelo
	-Prestación de servicio	Confort sonoro
	-Mantenimiento general de instalaciones	Calidad visual del paisaje
	-Actividades de manejo de residuos sólidos domésticos	Calidad del agua
	-Mantenimiento de áreas verdes	Cantidad del agua
		Transporte y flujo de tráfico
		Comercio
		Sector público

## **V.3.-Criterios de importancia para la evaluación**

Para la interpretación de la matriz modificada de Leopold, el código que se usa en las celdas de la matriz, describe las características de los impactos y si es posible mitigarlos o no, para este análisis se utilizan los criterios y definiciones de cada código.

Cada celda de intersección se divide con una diagonal y se procede de la siguiente manera:

- En la esquina superior izquierda de cada celda se indica la **magnitud** del impacto, es decir, el grado de extensión o escala del impacto precedido del signo positivo (+) o negativo (-), si el impacto es beneficioso o perjudicial según sea la característica del impacto. La magnitud se puntúa del 1 al 10 (1 si la alteración es mínima y 10 si es máxima).
- En la esquina inferior derecha se hará constar la **importancia**, es decir, el grado de intensidad o grado de incidencia de la acción impactante sobre un factor. La importancia puntúa del 1 al 10.

La estimación de la **magnitud** y de la **importancia** está en función de la experiencia del evaluador. La matriz se acompaña de una explicación, justificando los impactos señalados, resaltando los más significativos; aquellos cuyas filas y columnas aparecen con calificaciones altas. También se hace constar si los impactos evaluados son a corto, mediano y largo plazo. Al momento de realizar la Matriz de Leopold las acciones se establecen bajo los siguientes criterios:

- son representativas de la realidad del proyecto,
- son relevantes, es decir, con una capacidad apreciable para generar alteraciones,
- son excluyentes, sin solapamientos ni redundancias con otras acciones,
- son independientes y si
- son fáciles de cuantificar.

El código que se usa en las celdas de la matriz modificada, denota las características de los impactos y si es posible corregirlos o no, para este análisis se utilizaron los criterios que se definieron en la descripción de los indicadores de impacto ambiental complementando con los descritos a continuación (**Tabla V.4**).

**Tabla V. 4. Criterios empleados en la matriz de Leopold para el análisis de impactos ambientales.**

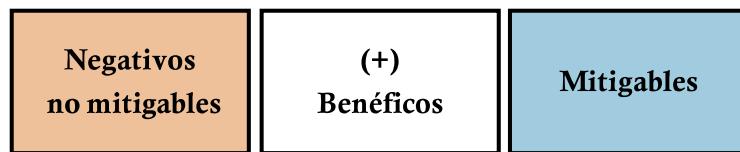
Criterio	Símbolo	Descripción
Intensidad	S = Significativo I = Insignificante	Se refiere al grado de afectación del medio (físico, biológico y socioeconómico-cultural) por la ejecución del proyecto. Para su evaluación se considera insignificante o sutil cuando no hay cambios o estos son imperceptibles y significativos o notables cuando son evidentes las repercusiones en el medio ambiente.
Extensión	P = Predio L = Local	Se refiere a las repercusiones del impacto in situ y en algunos casos este trasciende más allá de sus límites hacia las localidades, municipio, estado o región.
Duración	F = Fijo T = Temporal	Se considera la temporalidad de los impactos. Los que ocurren durante el proceso de preparación del sitio y construcción por lo que éstos son considerados temporales y los impactos permanentes, es decir, los que generan condiciones de cambio permanentes o

---

quedan fijos, aunque la actividad sea concluida o bien siguen generando por la operación del proyecto.

---

En cada una de las celdas de interacción entre los posibles impactos provocados a los elementos del medio ambiente se señala el símbolo que muestra la información de los criterios de la matriz por medio de letra, símbolo y color (**Figura V. 1**).



**Figura V. 1. Código de colores de la matriz modificada de Leopold**

Los impactos benéficos señalados con el símbolo (+), refiriendo a acciones que contrarrestan los efectos del impacto humano o bien resultan propositivos para el medio. Adicionalmente las celdas que aparecen sombreadas con azul indican los posibles impactos negativos pero susceptibles de aplicar medidas de prevención y/o mitigación sobre el mismo impacto, mientras que las celdas sombreadas de color naranja se refieren a los impactos negativos de carácter irreversible, para los cuales se propondrán medidas compensatorias.

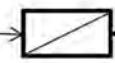
#### **V.4. Valoración de los impactos**

De acuerdo a la metodología empleada, se realizó la evaluación de los impactos por medio de dos matrices modificadas de Leopold (1971) (**Tabla VI. 5** y **Tabla VI. 6**). Cabe mencionar que debido a los antecedentes del proyecto en el cual se imputaron las medidas de seguridad y multas necesarias descritas en el apartado correspondiente, sólo se valoriza la etapa de operación de las obras ya existentes para las cuales se busca la regularización de las mismas.

**Tabla V. 5. Valoración de impactos por Matriz modificada de Leopold (A).**

Matriz de Leopold modificada			PROYECTO: Zazil ha					
Indicadores ambientales			Operación y mantenimiento					
Criterios de evaluación de los impactos								
Intensidad	Insignificante	I	Carácter					
	Significativo	S		■	No mitigable			
Magnitud	Predio	P	Beneficio					
	Localidad	L						
Duración	Fijo	F	Mitigable					
	Temporal	T						
ABIÓTICO	Suelo	Contaminación de suelo	IPF		IPF		IPF	IPF
		Topografía						
		Erosión del suelo						
		Uso del suelo						
	Atmósfera	Calidad del aire	IPF		IPF			
		Comfort sonoro			IPF		IPF	IPF
	Agua	Calidad del agua	IPF		IPF		IPF	
		Cantidad de agua	IPF		IPF		IPF	IPF
	Paisaje	Calidad visual						SPF
BIÓTICO	Fauna	Diversidad			IPF		IPF	SPF
		Importancia			IPF		IPF	SPF
		Motilidad			IPF		IPF	SPF
	Flora	Diversidad			IPF		IPF	SPF
SOCIO-ECONÓMICO	Población	Importancia			IPF		IPF	SPF
		Sector laboral	ILF					
		Calidad de vida	SLF		ILF			
	Economía	Transporte y flujo de tráfico	ILF		ILF			
		Sector público			ILF			
		Comercio			ILF			

**Tabla V. 6. Valoración de impactos por Matriz modificada de Leopold (B).**

Matriz de Leopold modificada		PROYECTO: Zazil ha							
		Indicadores ambientales		Operación y mantenimiento			Proyecto		
		Criterios de evaluación de los impactos							
En cada cuadro de la matriz se anotan los valores para la MAGNITUD e IMPORTANCIA asignados a los impactos potenciales derivados del desarrollo del proyecto. La escala de estos va de 1 a 3. Los impactos benéficos de marcan con un (+)									
		Importancia		Magnitud					
				Contratación de personal	Prestación de servicio	Mantenimiento general de instalaciones	Manejo de residuos sólidos	Mantenimiento de áreas verdes	
ABIÓTICO	Suelo	Contaminación de suelo			+3	+2	+3	+2	
		Topografía							
		Erosión del suelo							
		Uso del suelo							
	Atmósfera	Calidad del aire						-2	
		Confort sonoro						-2	
	Agua	Calidad del agua		+2	+1	+3	+2	-1	
		Cantidad de agua			+2	+1		-2	
	Paisaje	Calidad visual					+2	+2	
								2	
BIÓTICO	Fauna	Diversidad		+1	+2	+1	+3	+2	
		Importancia		+1	+2	+1	+3	+2	
		Motilidad		+1	+2	+1	+3	+2	
	Flora	Diversidad		+1	+2	+1	+3	+2	
		Importancia		+1	+2	+1	+3	+2	
								5	
SOCIO-ECONÓMICO	Población	Sector laboral	+2	+3				3	
		Calidad de vida	+3	+2	+2	+3		5	
		Transporte y flujo de tráfico	+1	+1	+2	+3		4	
	Economía	Sector público		+2	+1			1	
		Comercio		+3	+3			3	
Evaluación		6	6	4	3	-1	4	13	
								20	
								17	
								10	
								39	
								43	

En el cuadro de la Matriz modificada de Leopold A y B se resumen los resultados donde se identifican 38 impactos producto de 5 acciones en la presente etapa de operación.

En la **Tabla V. 7** se describen a detalle las acciones que se realizarán durante el desarrollo del proyecto, así como los impactos que se generarán sobre cada uno de los indicadores ambientales.

**Tabla V.7. Descripción de las acciones y la valoración de sus impactos**

Acción	Contratación de personal												
Descripción	Durante la etapa operativa se contratará personal fijo para el mantenimiento de las instalaciones así como la prestación del servicio, buscando que dicho servicio sea proporcionado por gente de la población de Cancún. Esto reflejará en un impacto positivo para los sectores laborales y de calidad de vida de los trabajadores. Así mismo, la afluencia de dicho personal se incrementará en la zona Hotelera después de haber pasado una pandemia, sin embargo al ser mínimo el requerimiento de personal se ha calificado con intensidad insignificante. Aunado a lo anterior, el proyecto es de dimensiones pequeñas, por lo que serán pocos los empleos fijos a generar. A pesar de esto, la calidad de vida de las personas a contratar mejorará con un ingreso económico.												
Es de Indicadores que afecta	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sector laboral</li> <li>-Calidad de vida</li> <li>-Transporte y flujo de tráfico</li> </ul>												
Impactos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th><th>Carácter</th><th>Benéfico</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-Generación de empleo fijo</td><th>Intensidad</th><td>Insignificante</td></tr> <tr> <td>-Mejora en la calidad de vida de los trabajadores</td><th>Magnitud</th><td>Localidad</td></tr> <tr> <td></td><th>Duración</th><td>Fijo</td></tr> </tbody> </table>		Carácter	Benéfico	-Generación de empleo fijo	Intensidad	Insignificante	-Mejora en la calidad de vida de los trabajadores	Magnitud	Localidad		Duración	Fijo
	Carácter	Benéfico											
-Generación de empleo fijo	Intensidad	Insignificante											
-Mejora en la calidad de vida de los trabajadores	Magnitud	Localidad											
	Duración	Fijo											
Acción	Prestación de servicio del proyecto												
Descripción	Durante la etapa de operación del proyecto, evaluado formaran parte de un restaurante con amediociones que brindaran servicios a comensales que visitan la zona hotelera de Cancún. Con esta acción se contempla el funcionamiento u operación de los servicios tales como el uso de sanitarios, aires acondicionados, uso de cocina, entre otros. Estos dos últimos pueden generar ciertos												

residuos que se liberarán a la atmósfera (generación de partículas por el uso del aire acondicionado por ejemplo). Adicionalmente, el uso de sanitarios generará aguas residuales así como se empleará de agua para dicha acción, sin embargo, es preciso señalar que los desechos son conectados a la red hidráulica del municipio por lo que se califican como insignificantes en la intensidad a utilizar.

Adicionalmente, se generarán residuos sólidos domésticos a partir de la prestación de dicho servicio, para la cual se pretende realizar medidas de mitigación. Muchas de las actividades que se desembocan por la prestación del servicio son mitigables.

Con respecto a los indicadores de impacto del sector público, comercio, calidad de vida y transporte y flujo de tráfico que se generan a partir de la prestación del servicio, se califican como benéficas ya que al activar dichos restaurantes aumentará la economía de la localidad de Cancún. A pesar de ello, las obras y actividades a regularizar son de dimensiones pequeñas comparada con las que rodean al proyecto. Por esta misma razón, algunos de estos indicadores se calificaron como insignificantes en la intensidad.

<b>Indicadores que afecta</b>	-Calidad del aire	<b>Carácter</b>	Mitigable
	-Calidad del agua		
	-Cantidad del agua		
	-Contaminación del suelo		
<b>Impactos</b>	-Generación de partículas	<b>Intensidad</b>	Insignificantes
	-Generación de aguas residuales		<b>Magnitud</b>
	-Uso de agua	<b>Duración</b>	Predio
	-Generación de residuos		Fijo
<b>Indicadores que afecta</b>	-Sector público		
<b>Impactos</b>	-Contribución pagos de derechos y servicios municipales	<b>Carácter</b>	Benéfico
			Insignificante
			<b>Magnitud</b>
			Localidad

		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Indicadores que afecta</b>	-Comercio		
		<b>Carácter</b>	Benéfico
<b>Impacto</b>	-Derrama económica -Atracción al turismo	<b>Intensidad</b>	Insignificante
		<b>Magnitud</b>	Localidad
		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Acción</b>	<b>Mantenimiento general de instalaciones</b>		
<b>Descripción</b>	<p>Al prestar el servicio como restaurantes, se procederá a la limpieza periódica tanto al interior de los restaurantes que se encuentra en evaluación, como cada una de las infraestructuras que componen el proyecto. Esto pudiera acarrear una posibilidad de contaminación ligera en el suelo debido a los productos diversos a utilizar, se generará cierto ruido sin embargo de intensidad insignificante.</p> <p>Al limpiar se podrían generar cierto tipo de aguas jabonosas cuyos productos, si no se tiene cuidado pudieran perjudicar tanto a la fauna y flora existente en el predio o permear hasta el subsuelo.</p> <p>Así mismo para dicha actividad se utilizará cantidades considerables de agua para esto. Todas estas actividades son de carácter mitigable, desde los productos biodegradables a utilizar para el mantenimiento hasta las cantidades de estos y de agua a utilizar, para lo cual será tomado en cuenta en el capítulo correspondiente de este documento.</p> <p>Esta acción favorecerá a la diversidad, motilidad y conservación (importancia) de la flora y fauna del área circundante. A pesar de todo lo anterior, la mayoría de los indicadores calificados son de intensidad insignificante debido a las dimensiones pequeñas del predio.</p>		
<b>Indicadores que afecta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Contaminación del suelo</li> <li>-Calidad del agua</li> <li>-Cantidad del agua</li> </ul>		
<b>Impactos</b>	-Uso de productos químicos contaminantes	<b>Carácter</b>	Mitigable
		<b>Intensidad</b>	Insignificante

	-Generación de aguas jabonosas -Uso de agua	<b>Magnitud</b>	Predio
<b>Indicadores que afecta</b>	-Confort sonoro	<b>Duración</b>	Fijo
		<b>Carácter</b>	Mitigable
<b>Impactos</b>	-Generación de ruido	<b>Intensidad</b>	Insignificante
		<b>Magnitud</b>	Predio
		<b>Duración</b>	Temporal
	-Diversidad de flora y fauna		
<b>Indicadores que afecta</b>	-Importancia de flora y fauna  -Motilidad de fauna		
		<b>Carácter</b>	Benéfico
<b>Impactos</b>	-Ambiente propicio para el desarrollo de flora y fauna	<b>Intensidad</b>	Insignificante
		<b>Magnitud</b>	Predio
		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Acción</b>	<b>Actividades de manejo de residuos sólidos domésticos</b>		
	El manejo de residuos que se realizará con base en un programa, incidirá de forma positiva en la prevención de la contaminación del suelo, calidad y cantidad de agua.		
<b>Descripción</b>	Tomando en cuenta que en la localidad se cuenta con servicio de limpia y recolección de basura municipal, el transporte de los residuos sera mas sencillo sin embargo la prmoente llevara a canp actividades de separacion y clasificacion de los resiudos solidos urbanos generados a efecto de minimizar los residuso que fuesen al rellenos anitario del Municipio de Benito Jaurez.		
	Entre las principales actividades de manejo de residuos a realizar al interior del predio se encuentran:		
	a) La separación de residuos orgánicos e inorgánicos b) Colocar letreros de no tirar basura y cuidado al medio ambiente		

- 
- c) Almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos  
 d) Almacenamiento temporal de residuos peligrosos

Esta acción favorecerá a la diversidad, motilidad y conservación (importancia) de la flora y fauna del área circundante. A pesar de todo lo anterior, la mayoría de los indicadores calificados son de intensidad insignificante debido a las dimensiones pequeñas del predio.

---

<b>Indicadores que afecta</b>	-Contaminación del suelo	<b>Carácter</b>	Benéfico
	-Calidad del agua		
	-Cantidad del agua		
<b>Impactos</b>	-Se cumplirá con el Plan de Manejo de residuos	<b>Intensidad</b>	Insignificante
		<b>Magnitud</b>	Predio
		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Indicadores que afecta</b>	-Diversidad de flora y fauna	<b>Carácter</b>	Benéfico
	-Importancia de flora y fauna		
	-Motilidad de fauna		
<b>Impactos</b>	-Ambiente propicio para el desarrollo de flora y fauna	<b>Intensidad</b>	Insignificante
	-Eliminación de zonas que propicien fauna nociva y dificultad de motilidad para especies de la región	<b>Magnitud</b>	Predio
		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Acción</b>	<b>Mantenimiento de áreas verdes</b>		
<b>Descripción</b>	Durante la operación del proyecto se llevará a cabo el mantenimiento de todas las áreas del predio, incluyendo las áreas verdes las cuales se reforestarán con especies de la región, lo cual repercutirá positivamente en los indicadores ambientales de calidad visual del paisaje, la flora y fauna del sitio, así como calidad del suelo ya que se evitará su contaminación con esta acción		

propiciando así la mejora de estos como hábitat para diversas especies de la zona.

Al realizar dicha actividad, se generará cierta emisión de sonido en ciertas ocasiones por medio de las herramientas a utilizar, sin embargo se califica de intensidad insignificante para la flora, fauna y personas aledañas. El uso del agua será el único impacto adverso pero insignificante dado las dimensiones pequeñas del proyecto, por lo que se considera un impacto leve y mitigable. Adicional a esto, se conservarán y mantendrán áreas que puede ser refugio para diverso tipo de fauna y flora.

	-Confort sonoro		
<b>Indicadores que afecta</b>	-Cantidad de agua -Contaminación del suelo	<b>Carácter</b>	Benéfico
<b>Impactos</b>	-Generación de ruido -Uso de agua	<b>Intensidad</b>	Insignificante
	-Mejora en la calidad del suelos	<b>Magnitud</b>	Predio
	-Calidad visual	<b>Duración</b>	Temporal/Fijo (para suelos)
<b>Indicadores que afecta</b>	-Diversidad y motilidad de fauna -Diversidad de flora		
<b>Impactos</b>	-Preservación del paisaje del entorno -Conservación y refugio de flora y fauna respectivamente	<b>Carácter</b>	Benéfico
	-Ambiente propicio para el desarrollo de flora y fauna	<b>Intensidad</b>	Significativa
		<b>Magnitud</b>	Predio
		<b>Duración</b>	Fijo
<b>Indicadores que afecta</b>	-Importancia de fauna -Importancia de flora		
<b>Impactos</b>		<b>Carácter</b>	Benéfico

-Cumplimiento de normatividad ambiental	<b>Intensidad</b>	Insignificante
-Conservación de flora y fauna	<b>Magnitud</b>	Predio
	<b>Duración</b>	Fijo

## **V.V.-Conclusión de la valoración de los impactos**

De acuerdo a la metodología aplicada y su análisis, se encuentra que el proyecto en su etapa de operación se mantendrá realizando cinco acciones, las cuales generarán 38 impactos. Un total de 16 impactos serán recibidos por el medio abiótico, 15 por el medio biótico y 7 por el socio-económico. De todos estos, sólo 11 impactos son de carácter mitigable, los cuales recaen en su totalidad en medio abiótico; los restantes (27 impactos) son de carácter benéfico (Figura V. 2).

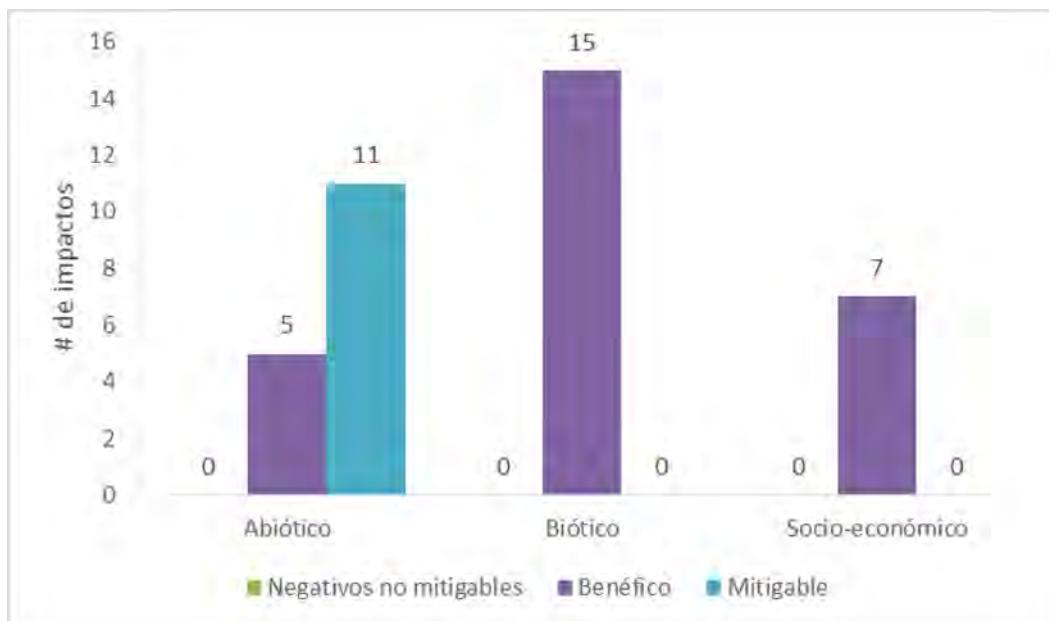
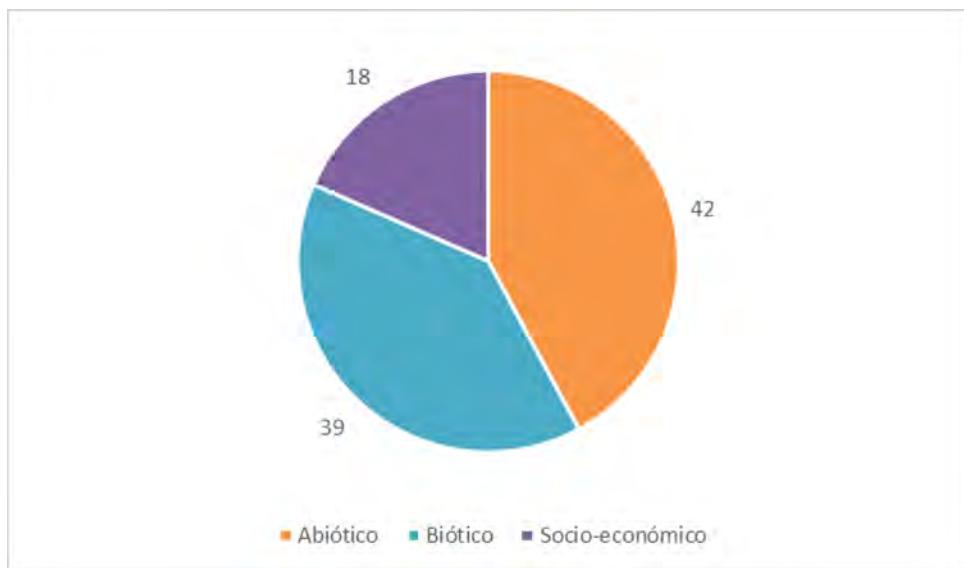


Figura V. 2. Total de impactos generados por cada componente ambiental evaluado

Consecuentemente, un 18 % de los impactos generados durante la etapa de operación del proyecto recaen en el componente socio-económico, un 42 % en el abiótico y un 39 % en el biótico (Figura V. 3).



**Figura V. 3.** Porcentaje de impactos por cada componente ambiental evaluado

El análisis de los impactos se realizó comparando las características actuales del medio abiótico, biótico y socioeconómico del área del proyecto y su sistema ambiental. El resumen de la cantidad de impactos generados durante la etapa de operación del proyecto por componente ambiental y su carácter (benéfico, no mitigable y mitigable) se observa en la **Tabla V. 8**.

**Tabla V.8. Resumen de impactos generados al ambiente por la operación del proyecto.**

Factores ambientales	Total de impactos			Total
	+	NM*	M*	
Medio abiótico	5	0	11	16
Medio biótico	15	0	0	15
Medio Socioeconómico	7	0	0	7
	<b>Total</b>		<b>38</b>	

\*Carácter del impacto: + = benéfico; NM = No Mitigable; M = Mitigable.

Como se puede apreciar en la tabla, los impactos benéficos serán los dominantes, siendo que no habrá ningún impacto no mitigable durante la operación del proyecto por lo cual dicha etapa es factible para llevarse a cabo.

Los impactos mitigables recaen con mayor frecuencia en los indicadores del agua, la atmósfera y suelo. A pesar de esto, el hecho de ser mitigables hace viable la operación de la casa de descanso.

## VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 30 indica:

*“...para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente...”.*

En este sentido y en cumplimiento a lo establecido por el Artículo 30 de la LGEEPA, en este capítulo se detallan las estrategias para la prevención y corrección de los impactos ambientales que generados por la operación de los restaurantes y obras adyacentes para la operación del proyecto denominado ZAZIL HA en evaluación por materia de impacto ambiental, motivo de este documento.

### **VI.1.-Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental**

Las medidas generales que se aplicarán durante el desarrollo de la etapa de operación del presente proyecto son las siguientes:

- a) Las obras y actividades a utilizar y a realizar se desarrollarán exclusivamente al interior del predio, el cual está referido en el capítulo II.
- b) Para emergencias menores durante la operación del proyecto, se contará con un botiquín de primeros auxilios con los medicamentos e instrumental de curación necesarios para proporcionar la atención en primeros auxilios. En caso de emergencia mayor, el personal u ocupante lesionado será trasladado al centro de salud más cercano.
- c) Se prohíbe la creación y el uso de fogatas, armas de fuego y explosivos dentro del área del proyecto y zona colindante.
- d) Se implementará un Plan de Manejo de Residuos.
- e) Las aguas residuales generadas serán dispuestas a través del drenaje municipal toda vez que el sitio se ubica dentro de la zona hoteelra de la localidad de cancun.

- f) La generación de ruidos no rebasará los niveles máximos permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.
- g) Se llevarán a cabo actividades para un uso eficiente y razonable de los recursos (agua y energía eléctrica).
- h) Se establecerá un Programa de Monitoreo Ambiental para el seguimiento de las presentes medidas.

A continuación se describen las medidas de prevención, mitigación, correctivas, remediación y control (**Tabla VI.1**) que se requieren en cada indicador que pudiera ser impactado de forma negativa por la realización del proyecto, de acuerdo a los resultados de la valoración de impactos, descrita en el capítulo anterior.

Por criterio de aplicación las medidas han sido catalogadas en: preventivas (Pr), de mitigación (Mi), correctivas (Co), de remediación (Rm) y de Control (Ct).

**Tabla VI. 1. Medidas para aplicar al proyecto en su etapa actual de operación y mantenimiento.**

<b>Impacto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medidas</b>	<b>Aplicación</b>
Generación de ruido	Confort sonoro	La generación de ruidos no rebasará los niveles máximos permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.	Pr
Generación de residuos	Contaminación del Suelo	Para un correcto manejo de los residuos se elaborará un Plan de Manejo de Residuos, las actividades incluirán la separación, minimización de los mismos utilizando productos reciclables, biodegradables y de índole amigable con el ambiente; se realizará el almacenamiento temporal y su entrega al servicio de limpia contratado a terceros para su disposición final adecuada.	Ct
		Se contará con señalamientos que refieran al reciclaje de materiales como	Pr

<b>Impacto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medidas</b>	<b>Aplicación</b>
		son: latas de aluminio, cartón, papel, etc.	
		Se prohíbe el uso de fogatas y explosivos dentro del área del proyecto y zona colindante	Ct
Emisiones a la atmósfera	Calidad del aire	Se dará mantenimiento periódico a los equipos que pudieran emitir gases o partículas a la atmósfera, tales son los equipos de refrigeración (aires acondicionados), entre otros.	Ct
Generación de aguas residuales		Se conectará al sistema de drenaje municipal, separando la descarga pluvial de las aguas residuales.	Pr
Generación de aguas jabonosas/ Uso de productos químicos	Contaminación del Suelo y Calidad del agua	Se realizarán instalaciones necesarias tales como trampas entre otros para la captación de aguas jabonosas.	Pr
		Para la limpieza general de los restaurantes y áreas anexas se hará uso de productos biodegradables.	Pr
Uso de agua	Cantidad de agua	Se contará con señalamientos que refieran al uso racional del agua.	Pr
		Se contemplará el uso de instalaciones hidráulicas ahorradoras de agua.	Rm
Conservación de la vegetación	Diversidad de flora Importancia de Flora	Se reforestará tanto al interior del predio en las áreas desprovistas de vegetación, especies propias de la region caracteeristicas del sitio.	Pr
		En las labores de mantenimiento de las áreas verdes se utilizarán sustancias biodegradables.	

<b>Impacto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medidas</b>	<b>Aplicación</b>
Conservación de fauna		Se contará con señalamientos que refieran a la protección de la flora silvestre.	Pr
		Se colocarán señalamientos con leyendas que prohíban arrojar basura a las áreas verdes.	Pr
		No se permitirá alterar, molestar o atrapar los ejemplares de fauna silvestre que se encuentren en el sitio.	Pr
	Diversidad de fauna	En caso de avistamiento o anidación de tortugas se acatará el procedimiento a seguir conforme a lo manifestado por la Secretaría de Ecología del Estado, sin embargo este tipo de situación es remota, ya que las instalaciones se encuentran duera de anidación de tortugas.	Pr
	Importancia de fauna	La limpieza de las áreas verdes del predio se realizará por etapas de tal forma que la fauna silvestre del predio no se vea afectada drásticamente y se permita su desplazamiento a los predios aledaños	Pr
		Se contará con señalamientos que refieran a la protección de la fauna silvestre.	Pr

## **VI.2.-Impactos residuales**

Se entiende por impacto residual al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación. Es un hecho que muchos impactos suelen carecer de medidas de mitigación, otros, por el contrario, pueden ser ampliamente mitigados o reducidos, e incluso eliminados con la aplicación de las medidas propuestas, aunque en la mayoría de los casos los impactos quedan reducidos en su magnitud.

Derivado de la descripción y evaluación de los impactos ambientales se proponen un total de ocho medidas generales y 18 específicas de las cuales 14 son preventivas, una de remediación y tres de control. Estas minimizarán los impactos ambientales adversos que se prevé se generen por las actividades de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Debido a lo anterior, se considera que los posibles impactos residuales evaluados en el presente estudio como aquellos no mitigables. Sin embargo, el proyecto y sus obras y actividades en evaluación, no generarán impactos negativos no mitigables, siendo que en su mayoría serán benéficos y en menor cantidad mitigables. Al darse estas características, se reducirán en gran magnitud e intensidad los impactos residuales que se pudieran generar con el tiempo.

El impacto residual identificado en el presente estudio recae en el indicador de cantidad de agua y el impacto de uso de agua, ya que constantemente se utilizará dicho recurso para las actividades que intrínsecamente competen para la operación del proyecto, como de la limpieza y mantenimiento de los mismos, lo que se adiciona a la cantidad a utilizar para el mantenimiento de áreas verdes.

## **VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

En esta sección se realizará un análisis para visualizar los posibles escenarios futuros de la zona de influencia y sistema ambiental del proyecto, considerando en primer término al escenario sin proyecto, seguido de otro escenario con proyecto y finalmente, uno que incluya al proyecto con sus medidas de mitigación.

### **VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.**

El estado actual del sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto muestra un escenario con un sistema ambiental impactado, resultado de la construcción de la

Zona Hotelera de Cancún; en el escenario se encuentra una avenida principal así como colindancias con establecimientos de restaurantes, hoteles y gasolineras por mencionar algunos establecimientos. El predio del proyecto es un punto de referencia y un destino con alta tasa de visita diaria, por lo que el actual escenario puede ser un elemento negativo para el paisaje urbano de la zona hotelera de Cancún.

La vegetación terrestre y acuática del sistema ambiental presenta condiciones de perturbación, principalmente por las actividades realizadas en su periferia dado que en los sitios colindantes se llevan a cabo actividades turísticas y comerciales.

## **VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto.**

El proyecto “Zazil ha” corresponde a la operación de restaurantes y amenidades que darán vista a la zona hotelera de Cancún, acciones que ya se realizan en los alrededores por lo que beneficiaría al paisaje urbano de la zona hotelera de Cancún y contribuiría al beneficio social y económico de sus habitantes.

El desarrollo del proyecto no representa una pérdida para el ecosistema a pesar de la presencia de vegetación, toda vez que no se realizarán actividades que afecten a la remoción de vegetación. Al llevar a cabo la ejecución del proyecto sin las medidas de mitigación, aumentaría la intensidad del impacto ambiental sobre el medio natural.

## **VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.**

Las medidas de mitigación son fundamentales para la ejecución de un proyecto. Si son aplicadas correctamente, se reduce el impacto ambiental sobre el medio natural. Como se explicó anteriormente, el proyecto consiste en la operación de tres restaurantes y amenidades.

Los residuos generados serán dispuestos de acuerdo al Plan de Manejo de Residuos del establecimiento para la operación del proyecto ZAZIL HA para evitar la dispersión de los residuos al aire libre. Con la ejecución del proyecto, se mejorarían las condiciones turísticas en las inmediaciones del sitio, beneficiando a la economía regional y a la calidad de vida de los habitantes.

#### **VII.4. Pronóstico ambiental.**

Los tres escenarios planteados para la implementación del proyecto destacan el estado en el que se encuentra el sistema ambiental del sitio, un sistema impactado en el cual contiene obras no culminadas, aprovechar las obras preexistentes favorecería el paisaje urbano del predio, sin embargo, la mejor de efectuar el proyecto es tomando en cuenta las medidas de mitigación planteadas en el capítulo VI, de esta forma se asegura que el proyecto minimizará el impacto ambiental producido y evitará provocar efectos perjudiciales en el ecosistema.

#### **VII.5. Evaluación de alternativas.**

No se consideran alternativas para el proyecto, dado que la superficie donde se plantea llevar a cabo el proyecto “ZAZIL HA” se estableció teniendo en cuenta la baja presencia de pastos marinos, las obras preexistentes a los costados así como la avenida que atraviesa la zona hotelera de Cancún ademas de considerar que el proyecto cumple con la regulación ambiental y los instrumentos de planeación aplicables.

#### **VII.3 Conclusiones**

Una vez realizados las evaluaciones de impacto y la vinculación con las leyes y normas aplicables, se concluye lo siguiente: el proyecto ZAZIL HA se considera compatible con la reglamentación ambiental vigente, como resultado del análisis del proyecto y su valoración ambiental, se obtuvo que los impactos ya no serían significativos ya que earea de influencia del proeyco se ubica dentro de la zona urbana de la localidad de cacnun. El presente proyecto influirá al desarrollo de la Zona Hotelera de Cancún además de impactar positivamente en la socioeconomía de la región al generar empleos temporales. Considerando que el proyecto generará impactos positivos en la economía e influirá en la calidad de vida de la región y que, los impactos negativos generados son en su mayoría temporales y mitigables, la ejecución del proyecto se considera viable al llevar a cabo las medidas de mitigación descritas previamente.

## **VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **VIII.1 Presentación de la información.**

De acuerdo al artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregará un ejemplar impreso de la Manifestación de Impacto Ambiental, un resumen ejecutivo y cuatro usb con al informacion completa de la Manifestacion de Impacto Ambiental de los cuales uno será utilizado para consulta pública. Asimismo, todo el estudio será grabado en memoria magnética, incluyendo imágenes, planos e información que complementa el estudio, mismo que deberá ser presentado en formato Word.

### **VIII.2 Referencias Bibliográficas.**

Aranda-Sánchez, J.M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Xalapa, Veracruz, México. 198 p.

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Bautista, F. y A. Palacio (eds.). 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán. Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal, México. 282 p.

Calmé, S. 2011. Uso y manejo de fauna silvestre. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 165-170.

Calvo-Irabién, L. 2011. Usos de las palmas. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 151-156.

CAM, 2002. Caracterización Ambiental del Municipio Benito Juárez. Ecosistemas y Tipos de Vegetación. Benito Juárez, Quintana Roo.

Carnevali F. C., G. J. L. Tapia-Muñoz, R. Duno de Stefano & I. Ramírez Morillo (Editores generales) 2010. Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado florístico. CICY A. C. Mérida Yucatán México. 328 p.

CCAD-PNUD/GEF, 2002. "Proyecto Para La Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano". GUÍA METODOLÓGICA DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE BIENES, SERVICIOS E IMPACTOS AMBIENTALES. Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM. Radoslav Barzev. Editor. CMB.

CONABIO, 1998. La diversidad Biológica de México. Estudio de País. Capítulo 7. Valoración económica de los recursos biológicos del país. Edmundo de Alba, María Eugenia Reyes, pp. 212-233.

CONAFOR. Regla de Operación del Programa Nacional Forestal 2104. Pago por Servicios Ambientales; Modalidad Conservación de la Biodiversidad.

De los Santos V. M. 1976. Tablas de volúmenes para montes de la Península de Yucatán. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. 82 p.

Diario Oficial de la Federación. 13 de enero de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Diario Oficial de la Federación. 23 de abril de 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

Dirección General de Ecología, Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, 2001. Manual de Identificación de la Flora Nativa del Municipio de Benito Juárez Quintana Roo. p. 32.

Durán R. y M. Méndez (Eds.). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PNUD, CONABIO, SEDUMA, 496 p.

Ek-Díaz, A. 2011. Vegetación. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El

Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 62-77.

Flores, J. S. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, Fascículo 3. 135 pp.

Forster, R., N. Armijo y L. Arguelles. 2011. Recursos forestales. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 140-150.

Gaona Vizcaíno, S., Gordillo de Anda T. y Villasuso Pino M., 1980. Cenotes, Karst característico: mecanismos de formación. UNAM, México, Inst. de Geología, Rev. Vol. 4, núm. 1 (1980). p. 32-36.

González Medrano F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Segunda edición. INE-SEMARNAT. México, D.F.

Hernández Morales Gleybis. (2010). Cálculo de la Tasa de Erosión Hídrica y Propuesta de Obras de Conservación de Suelo en la Línea de Tendido Eléctrico La Ventosa-Juile, Oaxaca. Tesis Profesional. Ingeniero en Restauración Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Mex.

Herrera, J. y J. Heredia 2011. Recursos hídricos: Hidrología superficial. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 42-49.

Lesser, H., 1976. Estudio Geohidrológico e hidrogeoquímico de la Península de Yucatán. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 62 p.

Lozano, R. y J. Olivares. 2011. Sociedad y economía. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 86-109.

Macario M., P.; E. García, R. Aguirre y E. Hernández-X.1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana* 32:11-23.

Mario Martínez Méndez. Estimación de la Erosión del Suelo. Año 2005. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.

Miranda F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de Vegetación en México y su Clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28.

Navarro, D. T. Jiménez y F. Juárez. 1990. Los mamíferos de Quintana Roo. En: Navarro, D. y J.G. Robinson. 1990. Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo: 371-450.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Publicación miércoles 17 de abril de 2002.

Patiño, V. F., J. L. López T., y D. A. Gómez. Selva (Versión 4). Paquete de Cómputo para Procesar Datos de Inventarios Forestales para Especies de la Península de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Mérida, Yucatán. 46 p.

Pérez-Gil, Salcido, Fernando Jaramillo Monroy, Ana María Muñiz Salcedo y María Gabriela Torres Gómez. 1995. Importancia económica de los vertebrados silvestres de México. Consultores, S. C. y Conabio, México, 170 p.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 29 de junio de 2001. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 27 de febrero del 2014. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POELMBJ).

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 16 de septiembre del 2022. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (2022).

Pozo, C. (ed.). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación. Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. 271 p.

Reyes, V., J. Fallas, M. Miranda, O. Segura y R. Sánchez. 2002. Parámetros para la valoración del servicio ambiental hídrico brindado por los bosques y plantaciones de Costa Rica. Serie Documentos de Trabajo 008-2002. FONAFIFO y Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sustentable. Costa Rica. 28 p.

Romahn de la Vega, C.F. y Ramírez Maldonado, H. 2006. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. 2<sup>a</sup>. Edición corregida y aumentada. Publicación digital. México. 294 p.

Rzedowski, J., 1981. Vegetación de México. Limusa, México.

Sánchez, O., C. Donovarros-Aguilar y J. Sosa-Escalante (editores). 2000. Conservación y manejo de vida silvestre: vertebrados del trópico de México. Unidos para la Conservación-Sierra Madre, Dirección General de Vida Silvestre, INE-SEMARNAP, CONABIO, USFWS, UADY. México. 190 p.

Sosa-Escalante, J. 2000. Valoración y seguimiento de la biodiversidad: Implicaciones en conservación y manejo. In Conservación y manejo de vida silvestre: vertebrados del trópico de México. Sánchez, O., C. Donovarros y J. Sosa-Escalante (eds.). Unidos para la Conservación-Sierra Madre, Dirección General de Vida Silvestre, INE-SEMARNAP, CONABIO, USFWS, UADY. México. p. 49-67.

Sousa M. y Cabrera E. 1983. Listados Florísticos de México. II Flora de Quintana Roo. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. México, D. F.

Thomassiny, J. y E. Chan 2011. Cambios en el uso de suelo. In Riqueza Biológica

de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 1. Pozo, C., A. Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Tipper, R. 2000. Carbon offsets from forestry projects in developing countries. Report commissioned by the Department of the Environment, Transport, and Regions. ECCM, Edimburgo. 27 p.

Torres, J. y A. Guevara. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: Captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica* 63: 40-59.

Valdez-Hernández, M. y G. Islebe. 2011. Tipos de vegetación en Quintana Roo. In Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su Conservación, Tomo 2. Pozo, C. (ed.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México D.F. p. 32-36.

### **VIII.3.- Cartografía y mapas elaborados para este estudio.**

- Plano de la ubicación general del predio.
- Plano de conjunto del proyecto ZAZIL HA
- Plano de ubicación del predio con respecto a la UGA 21.
- Plano de ubicación del predio con respecto al PDU
- Plano de los sitios de muestreo en el predio y SA.