

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

### **I.1 Proyecto 23QR2004T0046**

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

“Restauración Ambiental de playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc”.

#### **I.1.2 Ubicación del proyecto**

El proyecto se desarrollará en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, específicamente en las playas localizadas entre Punta Cancún y Punta Nizuc. El material para la conformación de las playas (arena) será obtenida de dos bancos de préstamo ubicados en las cercanías de la zona que han sido caracterizados por la CFE. Tanto el croquis de localización de la zona costera, como la de los bancos de préstamo se presentan en el Capítulo II de este documento.

#### **I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto**

La zona que pretende someterse al proceso de restitución se encuentra sujeta a un proceso erosivo constante; adicionalmente, se encuentra localizado en la trayectoria de huracanes y tormentas tropicales que han agudizado la situación de pérdida de playas.

Con base en los estudios previos que sustentan a esta manifestación de impacto ambiental, se estima que la vida útil del proyecto es de 20 años con la aplicación del mantenimiento regular que se propone como parte de las medidas de mitigación en el Capítulo VI.

#### **I.1.4 Documentación legal**

En consideración de que el presente proyecto es promovido por la Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Quintana Roo, se presenta, al final del presente capítulo, copia simple del nombramiento del Secretario de Turismo del Estado de Quintana Roo, Ing. Artemio Santos Santos, emitida por la Oficialía Mayor del Gobierno del Estado y con firma tanto de Oficial Mayor como del Gobernador Constitucional del Estado de Quintana Roo.

## I.2. Promovente

### 1. Nombre o razón social

Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo

### 2. Registro Federal de Causantes (RFC)

GEL741008-GY9

### 3. Nombre del representante legal

Proteccion de Datos LFTAIPG

### 4. Cargo del representante legal

Proteccion de Datos LFTAIPG

### 5. RFC del representante legal

Proteccion de Datos LFTAIPG

### 6. Clave Única de Registro de Población (CURP) del representante legal

Proteccion de Datos LFTAIPG<sub>1</sub>

### 7. Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones

Proteccion de Datos LFTAIPG

## I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

### 1. Nombre o razón social

Corporativo Acuicultura Profesional S.A. de C.V.

### 2. RFC

CAP-000410-R70

### **3. Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio**

Proteccion de Datos LFTAIPG

### **4. RFC del responsable técnico de la elaboración del estudio**

Proteccion de Datos LFTAIPG

### **5. CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio**

Proteccion de Datos LFTAIPG

### **6. Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio**

Proteccion de Datos LFTAIPG

### **7. Dirección del responsable del estudio**

Calle: **Proteccion de Datos LFTAIPG**

Colonia:

Ciudad:

Delegación:

Estado:

C.P.:

Teléfono:

Fax:

E-mail:

## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **II.1 Información general del proyecto**

#### **II.1.1 Naturaleza del proyecto**

El presente proyecto consiste en la restitución de las playas de la zona hotelera de Cancún, abarcando una distancia de 12.1 km, desde punta Cancún en el km 0+700 hasta el km 12+100 en Punta Nizuc . Para ello será necesario aportar 3,000,000 m<sup>3</sup> de arena con la finalidad de conformar una playa de 60 m de ancho, a partir del límite de las edificaciones hoteles hasta donde lo establece el diseño de operación, lo que implica que, no se observarán los 60 m en toda la longitud especificada dado que, al menos 20 m quedarán bajo la superficie marina conformando el talud de diseño. La conformación de las playas en la zona de proyecto se realizará mediante un relleno simple, sin la

intervención de estructuras de contención o cerramiento en los extremos, es decir, en las dos puntas.

En la Figura II.1 se presenta una proyección de la zona del proyecto una vez terminada la restauración de las playas.



Figura II.1 Proyección de la playa restaurada entre Punta Cancún y Punta Nizuc

Los materiales (arena) necesaria para realizar la restauración se obtendrán de dos bancos, previamente caracterizados por la CFE denominados "Megarrizaduras" y "La Ollita"

### **II.1.2 Selección del sitio**

No puede hablarse de un proceso formal de selección del sitio ya que el proyecto responde a la necesidad de recuperar las playas en un segmento de costa que se ha visto afectado tanto por la erosión natural de la región como por el azote de fenómenos meteorológicas de intensidad extraordinaria.

La zona hotelera de Cancún cuenta con una inversión en infraestructura turística cercana a los 5 mil millones de dólares y, dada la reducción paulatina pero constante de las playas de los hoteles ubicados en ésta, la afluencia turística también ha disminuido. Con base en la importancia que tiene el turismo nacional e internacional para la economía regional es que se ha llegado a la conclusión de la necesidad de realizar esta restauración de playas con el objeto de recuperar el turismo que ha optado por otros destinos al ir perdiendo Cancún el gran atractivo que representan sus playas.

Con relación a los bancos de materiales si se realizaron procedimientos para determinar cuáles, de los bancos caracterizados por la CFE en la región, serían los más adecuados para obtener la arena que se utilizaría para restituir las playas; algunos de los criterios y estudios utilizados para determinar lo anterior se precisan a continuación.

### Bancos de arena B3 (Megarrizaduras) y B4 (La Ollita)

La ubicación de los bancos de extracción de arena Megarrizaduras y La Ollita, así como sus volúmenes potenciales se indican en la Figura II.2, cuyas principales características físicas, como granulometría, color, densidad, clasificación petrográfica, etc. están contenidas en el **Anexo Técnico**.



Figura II.2 Ubicación de los bancos de arena

La estimación de los volúmenes de arena que se puede extraer de dichos bancos se indican en la Tabla II.1. Esta estimación se basó en los perfiles batimétricos y sísmicos registrados con equipo geofísico, haciendo comprobaciones mediante calas de contacto y observación directa en estaciones de buceo, para la validación directa de los espesores y la calidad de la arena.

Tabla II.1 Características Generales de los bancos

Características generales	Banco 3 Megarrizaduras	Banco 4 La Ollita
Área	7.4 km <sup>2</sup>	2.2 km <sup>2</sup>
Perímetro	13.5 km	6 km
Superficie del banco	7'271,381 m <sup>2</sup>	12'000,000 m <sup>2</sup>
Potencial de aportación	1 M m <sup>3</sup>	2.5 M m <sup>3</sup>
Profundidad promedio (m)	5 a 7	25
Volumen de dragado Millones (M) de m <sup>3</sup>	1 M m <sup>3</sup>	2 M m <sup>3</sup>

D <sub>50</sub> Diámetro promedio de la arena (mm)	0,34	0,36
Color	Blanco	Blanco
Clasificación de la arena	Arena calcárea fosilífera	Arena calcárea fosilífera
Distancia aprox. a la zona A (km)	31	--
Distancia aprox. a la zona B (km)	--	36,5
Distancia aprox. a la zona C (km)	--	40,9

Ambos sitios presentan ventajas y desventajas; algunas de estas se mencionan:

**Banco de arena B3 "Megarrizaduras"**

Ventajas:

- ⇒ Mayor cercanía al sitio de vertido.

Desventajas:

- ⇒ Se ubica cerca de un área natural protegida.
- ⇒ Profundidades reducidas con el consiguiente incremento en el costo de dragado.
- ⇒ Restricciones de navegación.
- ⇒ Fuertes restricciones de carácter ambiental.

**Banco de arena B4 "La Ollita"**

Ventajas:

- ⇒ Mejores condiciones de extracción (mayores profundidades).
- ⇒ Menores costos de dragado.

Desventajas:

- ⇒ Mayor distancia al sitio de vertido.

La información detallada de los bancos de préstamo se puede consultar en el **Anexo Técnico** y en los **Planos** que acompañan este estudio.

**II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización**

El proyecto contempla la restauración de las playas ubicadas entre Punta Cancún y Punta Nizuc, para lo cual se requiere de la explotación y transporte de arena de dos bancos ya caracterizados por el Departamento de Oceanografía de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La parte del proyecto que se realizará en la costa , es decir, la restauración de las playas de la zona hotelera se desarrollará entre las siguientes coordenadas extremas:

Coordenadas Extremas	UTM	
	X	Y

Norte		2 336 600
Sur		2 326 200
Este	523 600	
Oeste	522 600	

El croquis de localización se presenta como Figura II.3.

Los bancos de materiales seleccionados para extraer la arena y transportarla son los denominados "Megarrizaduras" y "La Ollita"; su ubicación es la siguiente:

Banco B3 Megarrizaduras

Vértice	UTM		GEOGRÁFICAS	
	X	Y	LN	LW
1	522 155,31	2 353 745,99	21°17'07.3"	86°47'11.1"
2	523 521,92	2 353 745,99	21°17'07.2"	86°46'23.7"
3	523 521,92	2 348 342,45	21°14'11.5"	86°46'24.0"
4	522 155,31	2 348 342,45	21°14'11.6"	86°47'08.9"

Banco B4 La Ollita

Vértice	UTM		GEOGRÁFICAS	
	X	Y	LN	LW
1	531 201,64	2 363 201,93	21°22'14.4"	86°41'56.5"
2	532 401,64	2 363 201,93	21°22'14.3"	86°41'14.9"
3	532 401,64	2 361 401,93	21°21'15.8"	86°41'15.0"
4	531 201,64	2 361 401,93	21°21'15.8"	86°41'56.6"



Figura II.3 Ubicación de la zona del proyecto entre Punta Cancún y Punta Nizuc

#### II.1.4. Inversión requerida

Se hizo una estimación de los costos probables de construcción incluyendo la movilización y desmovilización del equipo sugerido para la ejecución de la obra, y el dragado específico por banco. El presente proyecto de Preservación de la Playa de Cancún se estima en un costo global de \$ 19 millones de dólares estadounidenses. Esta estimación contempla un costo del orden de USD \$2,0 millones por concepto de movilización de las dragas requeridas, USD \$ 1,6 millones por la desmovilización de las mismas, USD \$ 14,9 millones por la ejecución de la obra, y 0,5 millones por conceptos de supervisión y monitoreo durante y después de la construcción.



## II.1.5 Dimensiones del proyecto

Como se ha mencionado previamente, el proyecto implica acciones en dos zonas: primero la explotación de los bancos de arena Megarrizaduras y La Ollita, el transporte del material dragado y, finalmente, la colocación de la arena en las playas ubicadas entre Punta Cancún y Punta Nizuc.

El banco de Megarrizaduras cubre una superficie de 7'271,381 m<sup>2</sup> y de éste se puede extraer un volumen de 1 M m<sup>3</sup>; el banco de La Ollita ocupa una superficie de 12'000,000 m<sup>2</sup> y de éste se pretenden extraer 2.5 M m<sup>3</sup>.

Por otro lado, la zona costera de 12 km donde serán depositados los 3 M m<sup>3</sup> se fragmentarán, para efectos de las actividades de construcción, en tres secciones que se precisan en la Tabla II.2

Tabla II.2 Segmentos de playa a ser restituidos

Área de playa	Metros lineales	Metros cuadrados	Millones de metros cúbicos requeridos
Área A	3,800	228,000	1
Área B	6,500	390,000	1.3
Área C	1,800	108,000	0.7
Total	12.100	726,000	3

La zona denominada A cubre el tramo entre Punta Cancún y Playa Marlin (0+700 a 4+600), la zona B abarca de Playa Marlin a Playa Ballenas (4+600 a 8+600) y la zona C, de Playa Ballenas a Punta Nizuc (8+600 a 12+100).

En las Figuras II.4, II.5 y II.6 se representan esquemáticamente estas tres zonas y se observa con claridad la situación que se ha mencionado previamente, referente a los 60 m de playa de los cuales cerca de 35 o 40 quedarán sobre la superficie (playa seca), y el resto conformando la pendiente de diseño, calculada para minimizar el arrastre y, en consecuencia, la pérdida de arena a tasas elevadas.

### ZONA A De Punta Cancún a Playa Marlin km 0+700 a 4+600

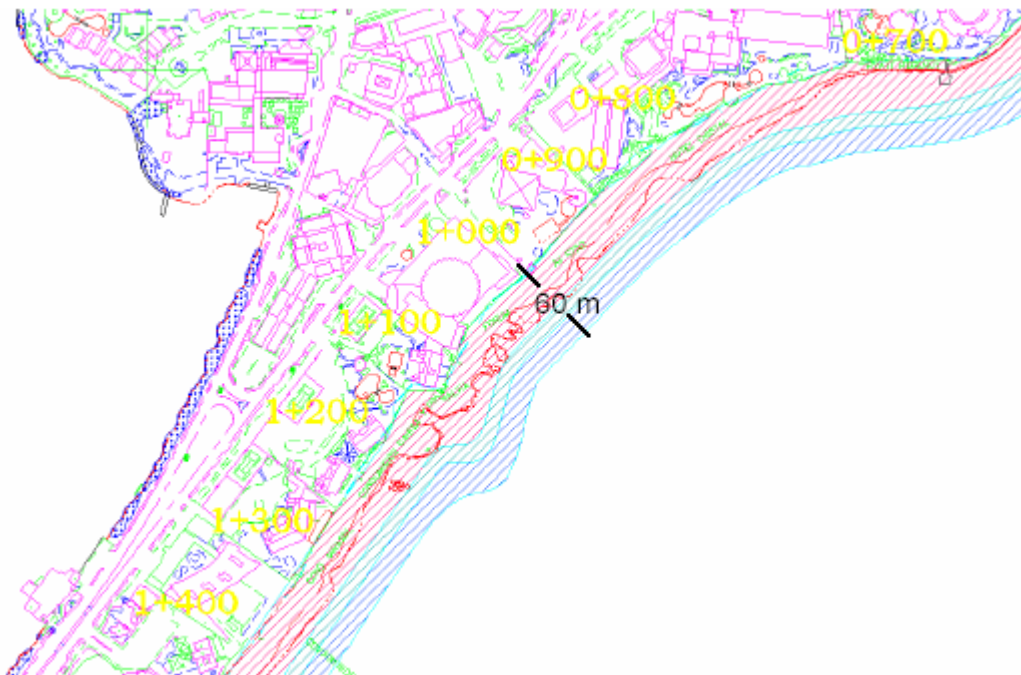
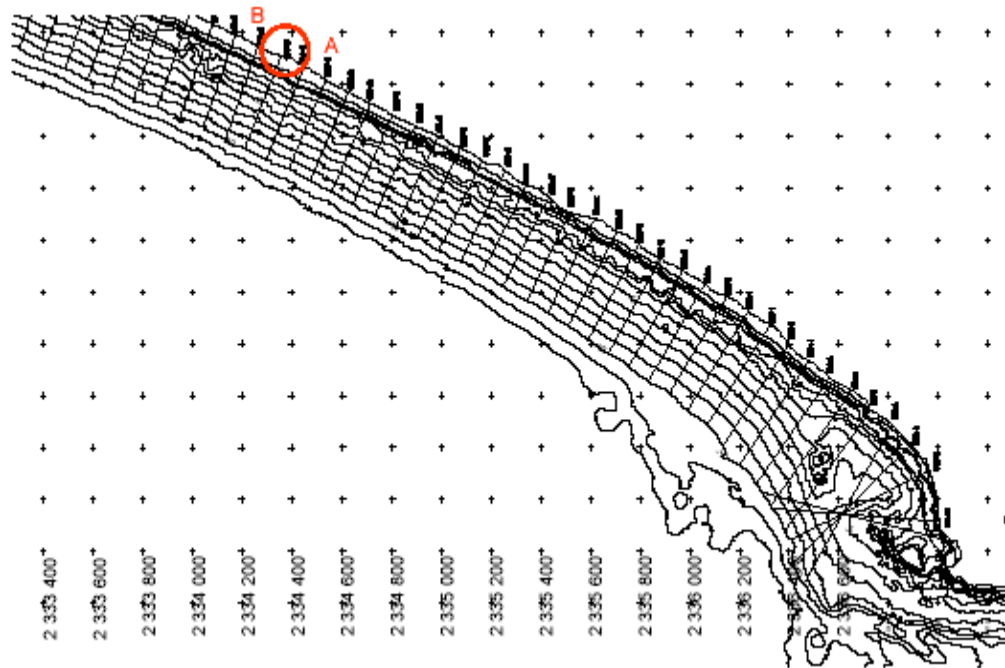


Figura II.4 Zona A

### ZONA B De Playa Marlin a Playa Ballenas km 4+600 a 8+600

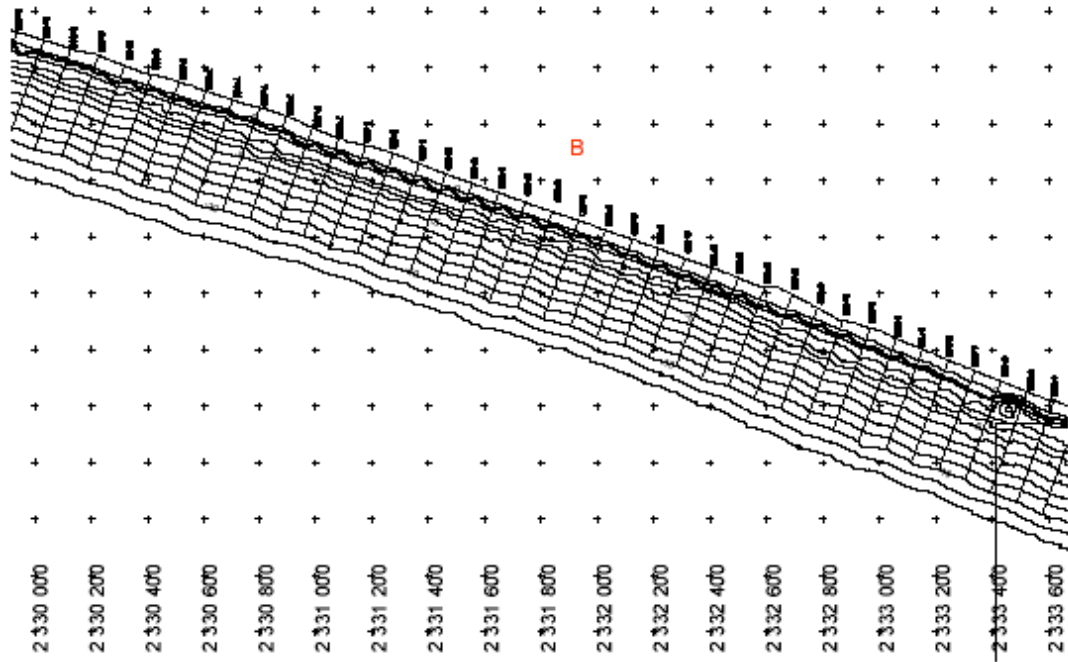


Figura II.5 Zona B

### ZONA C De Playa Ballenas a Punta Nizuc km 8+600 a 12+100

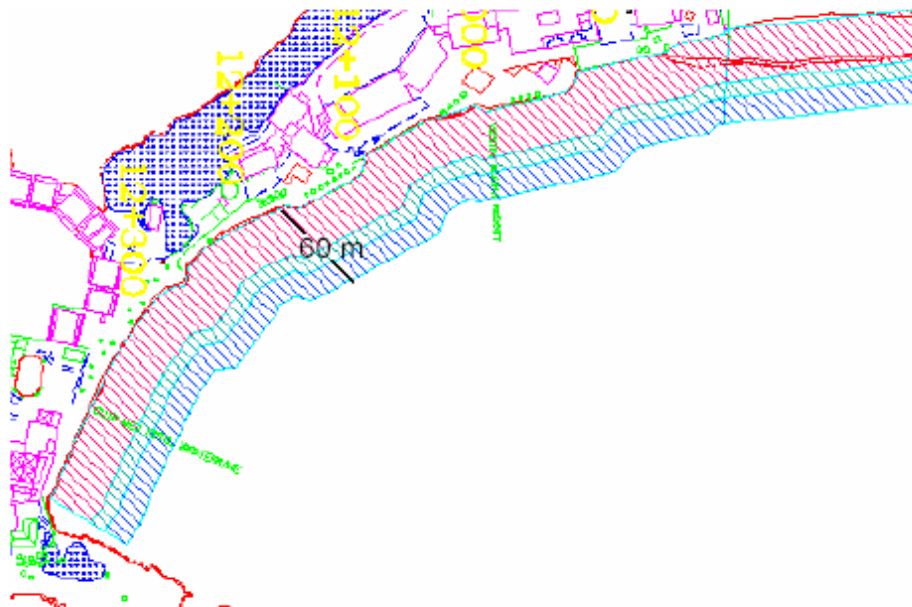
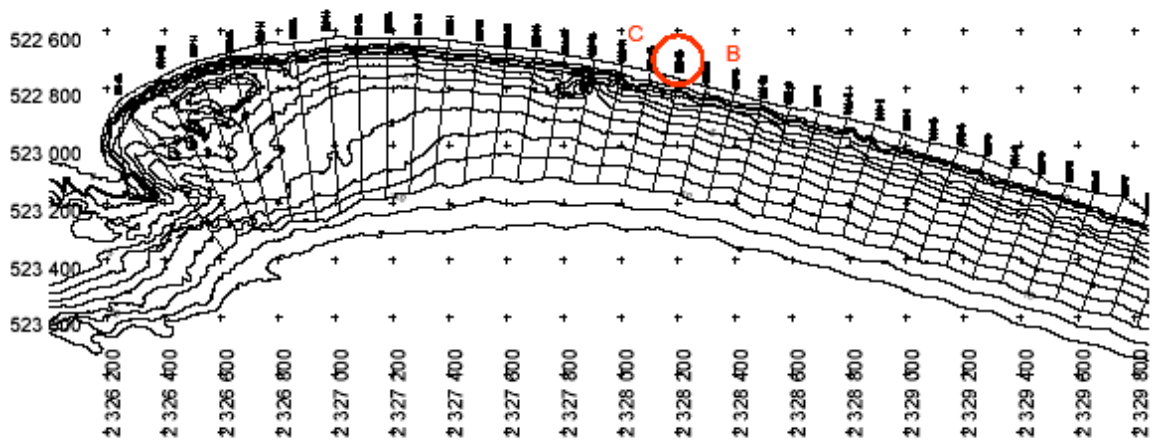


Figura II.6 Zona C

### **II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.**

En los bancos de Megarrizaduras y La Ollita no puede hablarse de un uso específico, dado que formalmente no están siendo usados; éstos representan bancos de arena que sustentan vida marina representada, principalmente, por equinodermos, celenterados y las denominadas praderas de *Thalassia tertudinum*; es importante destacar que, de acuerdo con los estudios realizados sobre la abundancia y diversidad de la flora y la fauna de las zonas de explotación, en ambos casos es mínima. Todos los detalles pueden encontrarse en el capítulo correspondiente al medio natural.

En la zona de playas, el uso es turístico y ha tenido el mismo uso desde hace 30 años que comenzó a desarrollarse, primero, Cancún y, posteriormente, toda la Riviera Maya. Independientemente de la importancia del turismo para la región y, para el país en general, es importante resaltar que la restauración de las playas de la zona hotelera de Cancún no solamente tiene una finalidad estética o recreativa, sino que la existencia de playas es necesaria para proteger a la zona del embate de fenómenos climatológicos de gran intensidad –como son los huracanes– y que han azolado la península con regularidad. En otros términos, la realización del proyecto no solamente cubrirá las necesidades de los empresarios hoteleros de la zona sino que, también, protegerá a los habitantes de la ciudad de daños mayores durante la temporada de huracanes.

### **II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos**

La zona donde se realizará la restauración de las playas es una zona hotelera consolidada desde hace más de 20 años que cuenta con todos los servicios e infraestructura turística de primer nivel. Es bien sabido que Cancún es el destino turístico más importante del país y, un indicador de tal situación es el dato referente a que el aeropuerto de Cancún es el que realiza mayor número de vuelos, después del de la Ciudad de México.

Los bancos de materiales de donde será extraída la arena para verterla en las playas de la zona hotelera de Cancún, es una zona natural que sustenta flora y fauna naturales y que, en consecuencia, no es una zona urbanizada.

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

Este proyecto tiene la característica particular de responder a una necesidad especial de la zona de Cancún en dos vertientes: en primer lugar, la necesidad de restituir las playas que se han ido erosionando de manera natural y que, por otra parte, se han visto disminuidas notoriamente en su superficie por la acción de huracanes regulares que azotan la región anualmente. Esta circunstancia incrementa cada año, el peligro en el que se encuentran

los habitantes de la zona al carecer, casi en su totalidad, de las estructuras de protección que representan las playas ante el embate de estos fenómenos naturales. En segundo término, se pretende proteger la inversión en infraestructura turística de la zona hotelera de Cancún, dado que al desaparecer las playas que utilizan los huéspedes de los hoteles que ahí se ubican, disminuye el principal atractivo de la región y, en consecuencia, la afluencia de turistas a nuestro país. A esta consideración es necesario adicionar el conocimiento de que Cancún es el principal destino turístico mexicano. Con base en lo anterior, se considera de gran relevancia la realización del proyecto de restauración de playas en el mencionado lugar.

### II.2.1 Programa general de trabajo

La totalidad de las acciones requeridas para el total desarrollo del proyecto se llevarán a cabo en un lapso de 6 meses; la mayoría de las actividades se realizarán de manera sincrónica, es decir, que conforme se va dragando la arena de los bancos, se transportará y verterá en las tres zonas definidas para ello (A, B y C) e, inmediatamente, se aplanará y conformará el nuevo perfil de playa. Se especifica un mes 7 con la finalidad de que durante este tiempo se terminen de detallar todos los elementos de esparcimiento y solaz (palapas, sillas, servicios de bar y snack, etc.) con los que se cuenta en las playas de gran turismo, como el que caracteriza a Cancún.

El programa de trabajo se basa en jornadas de trabajo continuo 24 horas diarias durante los 7 días de la semana, para obtener 168 horas de trabajo por semana. El plazo total de obras está calculado con base en la disponibilidad de las arenas de los 2 bancos, las características de la draga, el clima marítimo y la extensión de la zona a rellenar. Se ha estimado en 24 semanas, que se recomienda sean entre los meses de febrero a septiembre debido a que se tienen mejores condiciones meteorológicas, más de 3 a 4 semanas para la movilización y el mismo tiempo para la desmovilización del equipo. Se estima un avance promedio de 0,5 km/semana, por tanto se tendrán cierres parciales de frentes de playa de 0,5 km cada semana (en promedio).

Tabla II.3 Programa de Trabajo.

Acciones del proyecto	Meses						
	1	2	3	4	5	6	7
Movilización de maquinaria a sitios de obra	■						
Dragado de bancos de material		■	■	■	■	■	■
Transporte de arena al frente de playa		■	■	■	■	■	■
Vertimiento de arena en playa		■	■	■	■	■	■
Conformación de playa		■	■	■	■	■	■
Desmovilización de maquinaria						■	■
Adaptación de playas para uso turístico							■

## II.2.2. Preparación del sitio

Formalmente, no existen actividades especiales de preparación del sitio, con excepción de la movilización de la maquinaria que será utilizada para las actividades del proyecto que, en este caso, está representada únicamente por la draga y dos palas mecánicas con hoja topadora (tipo tractor D-8) para delinear el nuevo perfil de playa.

## II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

No existen actividades provisionales del proyecto, ya que, por su naturaleza, no requiere de éstas.

## II.2.4 Etapa de construcción

El proyecto contempla la construcción de un relleno simple con arena, desde Punta Cancún hasta Punta Nizuc en una longitud aproximada de 12 kilómetros, sin estructuras de ninguna clase en las zonas de las Puntas. El volumen de dragado y relleno estimado es de 3 millones (M) de  $m^3$  de arena para un ancho de playa de aproximadamente 60 m.

La Figura II.7 muestra el esquema del proyecto ejecutivo de la Preservación de la Playa de Cancún. El perfil del diseño (relleno), consiste en una berma horizontal de 35 m con una cota +2,5 m (msnm), más una pendiente dinámica de 25 m de ancho, para un ancho total de playa seca de 60 m.

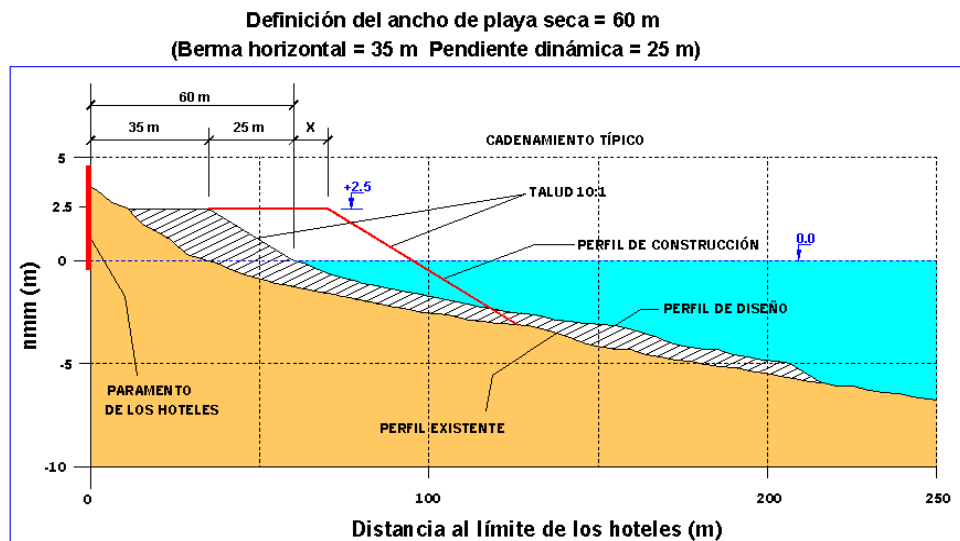


Figura II.7. Perfil de construcción y perfil de proyecto en una sección tipo

emás, esta figura muestra el perfil de construcción, el cual se verá modificado por la acción del oleaje y las corrientes, adquiriendo entonces el perfil de diseño del proyecto.

Debido a la dinámica costera a lo largo de los 12 kilómetros del tramo en estudio, se dividió el proyecto en tres áreas: A, B y C según se indica en la Tabla II.1 y las Figuras II.4, II.5 y II.6, además de la Figura II.8 que se presenta más adelante. Esto se debe a la configuración de los macizos rocosos que constituyen las puntas y la propia orientación de la costa, los cuales forman un sistema, en el que en la parte intermedia, el oleaje se transforma en menor medida que en las puntas. Una de las principales diferencias es que en la zona central, el oleaje incidente se disipa en cualquier dirección, no así en las puntas, donde en algunas regiones puede llegar a reconstituirse (aperaltarse) y cambiar de dirección significativamente.

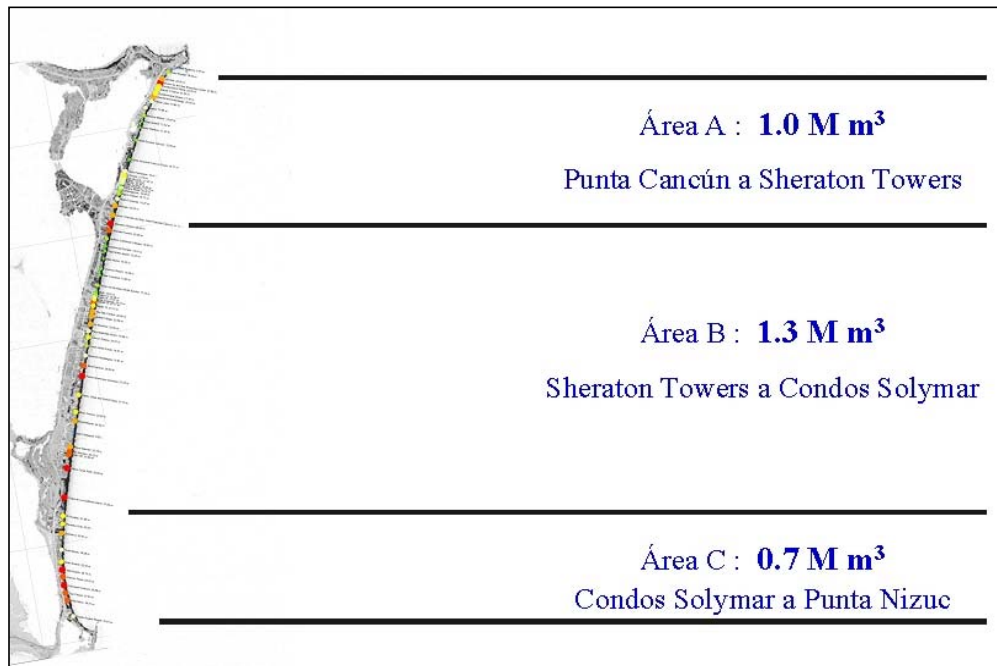


Figura II.8 Ubicación de los segmentos de playa que serán restituidos

El proyecto requiere de un volumen total de 3 millones de m<sup>3</sup> de arena, para rellenar las tres áreas A, B y C con volúmenes de arena de aproximadamente 1,0 M m<sup>3</sup>, 1,3 M m<sup>3</sup> y 0,7 M m<sup>3</sup>, respectivamente (Tabla II.1), de los cuales 2 M m<sup>3</sup> se extraerán del Banco B4 (La Ollita) y 1 M m<sup>3</sup> del Banco B3 (Megarrizaduras), tal y como se detalla en la Tabla II.4



Tabla II.4 Volúmenes de arena requeridos.

Área de playa	Desde	Hasta	Volumen requerido
Área A	Punta Cancún (0+000)	Hotel Sheraton (3+800)	1.0 M m <sup>3</sup>
Área B	Hotel Sheraton (3+800)	Condominios Solymar (10+300)	1.3 M m <sup>3</sup>
Área C	Condominios Solymar (10+300)	Punta Nizuc (12+100)	0.7 M m <sup>3</sup>
<b>Total</b>			<b>3.0 M m<sup>3</sup></b>

### **Volúmenes estimados de arena en los bancos.**

Como se mencionó previamente en el numeral correspondiente a la selección del sitio, la estimación de los volúmenes de arena que se puede extraer de dichos bancos se basó en los perfiles batimétricos y sísmicos registrados con equipo geofísico, haciendo comprobaciones mediante calas de contacto y observación directa en estaciones de buceo, para la validación directa de los espesores y la calidad de la arena. Cabe mencionar que en Megarrizaduras, se determinaron los posibles volúmenes de explotación que se tendrían a diferentes profundidades, con el objeto de tomar en consideración las posibles restricciones en las operaciones de dragado.

Tabla II.5 Volúmenes de arena estimados los Bancos Megarrizaduras y La Ollita.

<b>Volúmenes estimados de arena, en función de la profundidad de dragado</b>				
	<b>Megarrizaduras</b>			<b>La Ollita</b>
Profundidades mayores a:	5 m	6 m	7 m	25 m
Volumen (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> )	7.5 M m <sup>3</sup>	5.5 M m <sup>3</sup>	2.5 M m <sup>3</sup>	2 M m <sup>3</sup>

Para el cálculo de los volúmenes de extracción, se hicieron las siguientes consideraciones:

- ◆ Se respetará un espesor constante de 0,5 m de arena en el fondo del banco, y por lo tanto, dicho volumen no se incluye en el cálculo.
- ◆ Cuando el espesor de arena es menor a 1,0 m el área no se incluye.
- ◆ Las profundidades consideradas en este análisis, se determinaron a partir del reconocimiento geofísico del 2003, (ver **Anexo Técnico y Planos**).

De acuerdo con los estudios realizados y que se adjuntan en el Anexo Técnico, se determinaron los volúmenes de explotación en función de la profundidad de los bancos (Figura II.9).

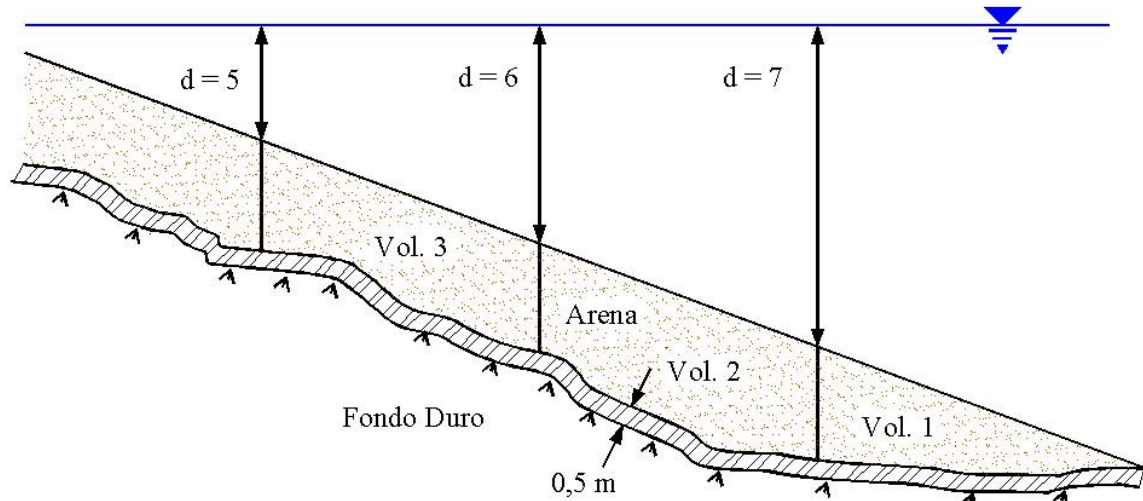


Figura II.9 Volúmenes de explotación en función de la profundidad

### **Procedimiento de Dragado**

La draga autopropulsada de succión en marcha irá dragando en forma progresiva y uniforme. El método de trabajo consiste en dar pasadas sobre el fondo para extraer el material; las capas de dragado varían entre 20 y 30 cm de espesor (Ver Figura II.10). Una parte de los finos se devuelven al mar por el sistema de rebose telescópico.

La draga que se pretende utilizar para los trabajos es una draga de succión con una capacidad de tolva de  $3,500 \text{ m}^3$ , de 95 m de eslora y 17 m de manga. La velocidad sin carga que puede desarrollar es de 11.5 nudos y, cargada completamente, ésta disminuye a 10 nudos. El calado de la draga es de 6 m y la profundidad de dragado va de 5-6 m hasta 25 (que son las profundidades de los dos bancos seleccionados).

Cuando se ha llenado la tolva de la draga, operación que puede tardar entre 60 y 80 minutos, se izan los tubos de succión, navegando hacia la zona de playa, en donde se ubica la pieza de acoplamiento de la red de mangueras flexibles y flotantes.

Las dragas, en términos generales, se diseñan para realizar trayectos promedio de 35 km de los bancos a las áreas de descarga y, éstos recorridos se completan en 1.8 horas. La descarga de la tolva completa se realiza en un máximo de 1 hora y media, invirtiendo 1.6 horas para regresar al banco a reiniciar el ciclo de dragado.

En este orden de ideas, un ciclo completo de dragado requeriría de 5.5 a 6 horas, por lo que en un día de trabajo pueden realizarse 4 ciclos (dragado, transporte, vertido).

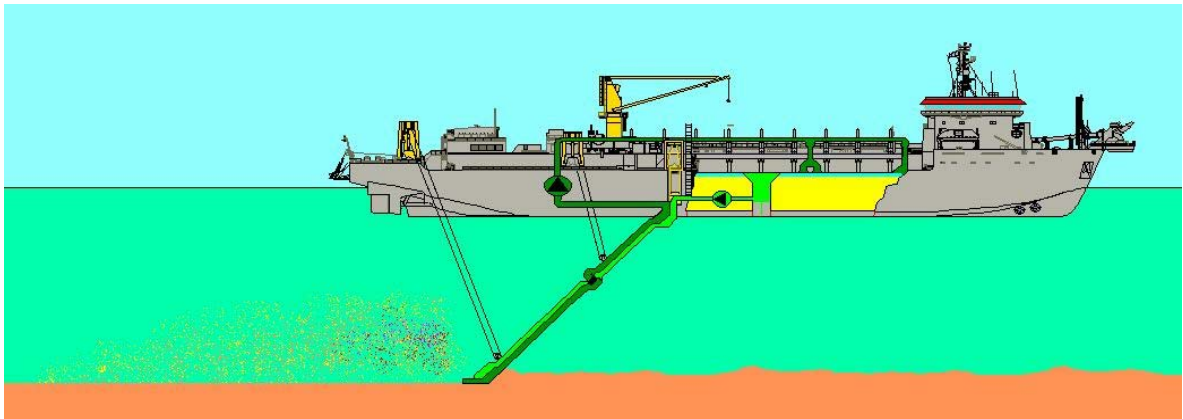


Figura II.10 Dragas de succión en marcha

### **Navegación y acceso a la playa**

De acuerdo con las restricciones de navegación en las zonas protegidas del área, las rutas indicadas para la navegación se presentan en la Figura II.11. Una vez que se cuente con la batimetría inicial de la obra, y ya establecida la ruta de navegación, se determinarán las zonas donde se requieran las profundizaciones necesarias para navegar con seguridad.

El establecimiento de las rutas de transporte de los materiales de los bancos hacia la línea costera fue determinado por la SCT a partir de las rutas de navegación por esta instancia aceptadas. Es claro que para el establecimiento de la propuesta de las rutas de navegación se ha considerado que en algunas superficies se tendrá que transitar en superficies que corresponden a áreas protegidas (Parque Marítimo Isla Mujeres, Cancún, Nizuc); en este sentido, las rutas se han propuesto de manera tal que estos tránsitos sean mínimos y que siempre cumplan estrictamente con los lineamientos y regulaciones del Programa de Manejo correspondiente.

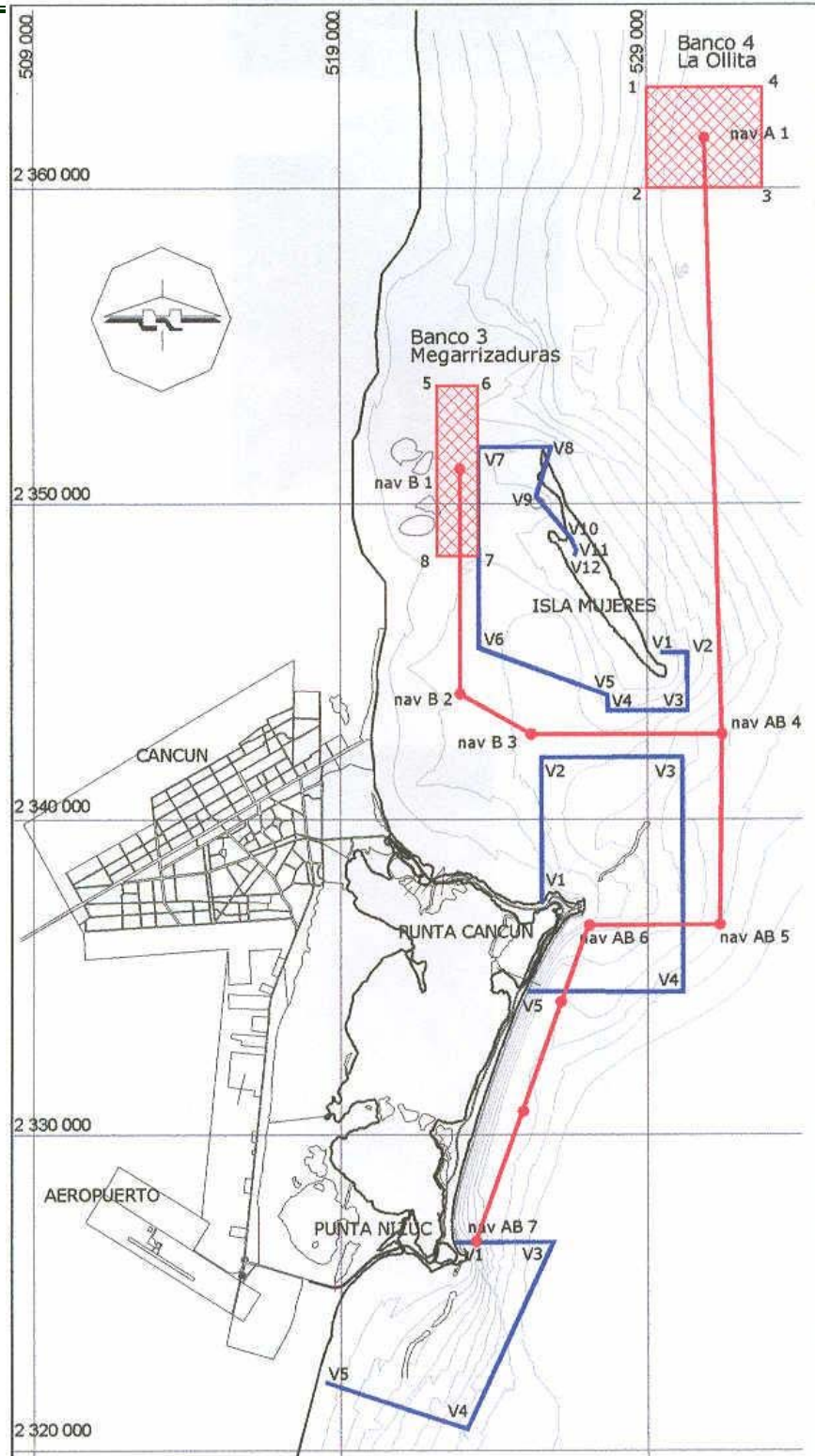


Figura II.11 Rutas de Navegación

## **El bombeo**

Una vez conectada la draga a la red de mangueras flexibles flotantes (Figura II.12), se inicia el bombeo de la arena desde la tolva de la embarcación hacia la playa, mediante una mezcla de agua y arena (90 al 70% de agua con 10 al 30% de arena).

Se ha estimado que la draga podrá colocarse a una distancia de la playa cercana a los 150 m; de este modo, las molestias causadas a los turistas que se encuentren en Cancún durante el lapso de realización de las obras, será mínimo a nivel auditivo

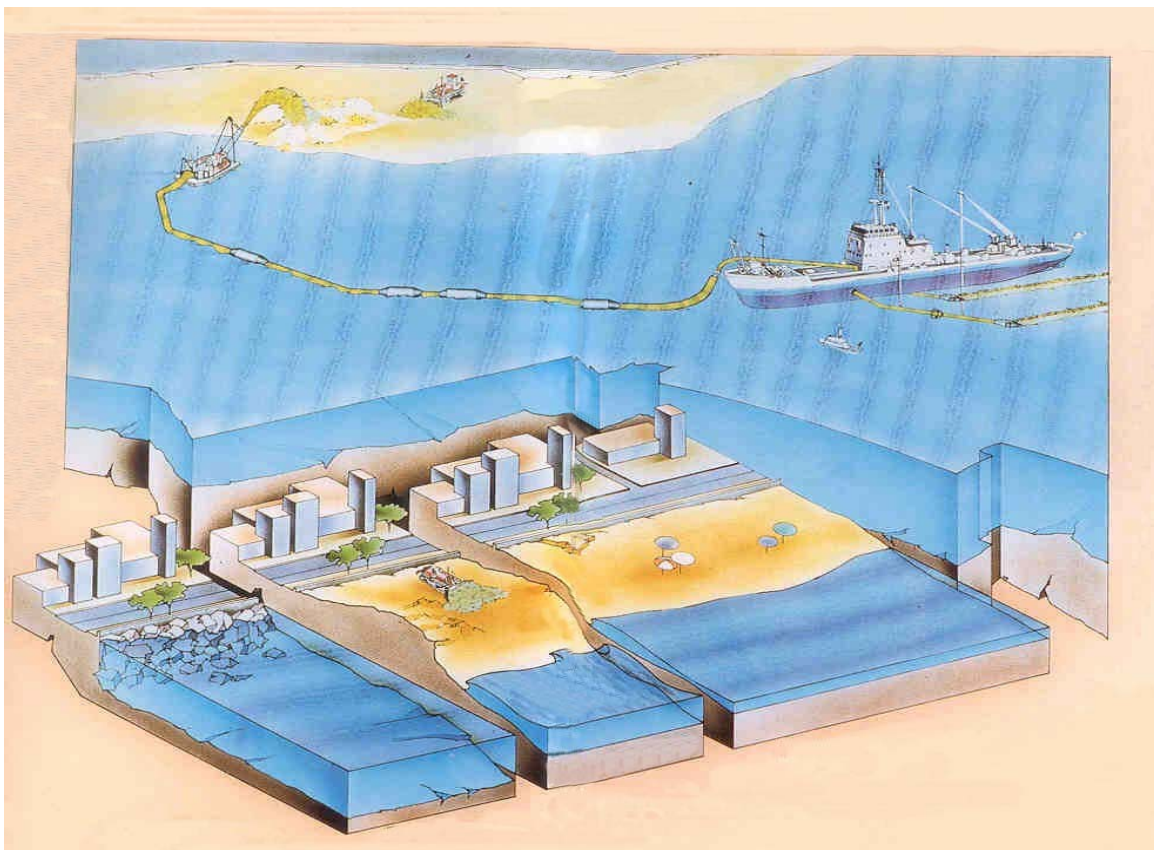


Figura II.12 Procedimiento de construcción y delimitación de la playa

El perfilado de la arena vertida en la playa se llevará a cabo con equipo terrestre del tipo pala mecánica con hoja topadora (Figura II.13). Dicho equipo y otros auxiliares se propone que tengan acceso a la zona del relleno, a través de los predios baldíos.



Figura II.13 Equipo terrestre y avance de obra.

### **Distribución de la arena**

El proyecto contempla la construcción de un relleno simple con arena, desde Punta Cancún hasta Punta Nizuc sin estructuras de ninguna clase en las zonas de las Puntas. La totalidad de la playa a restituir se ha segmentado en tres porciones cuyas dimensiones y requerimientos de arena ya se han presentado en la Tabla II.3 La Figura II.7 muestra el perfil de construcción el cual se verá inmediatamente después del relleno y la nivelación con los equipos terrestres, que tendría un ancho de playa de 60 m con porciones secas variando entre 35 y 45 m. Con el tiempo, este perfil inicial será modificado por la acción del oleaje, adquiriendo el perfil de diseño del proyecto.

### **II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento**

Es difícil hablar de una etapa de operación formal, en tanto que las playas restituidas serán utilizadas más que operadas; no obstante, puede decirse que la operación del proyecto está conformada por todas las actividades recreativas, de solaz y esparcimiento que se realizan en una playa.

En este caso particular, el mantenimiento si tiene gran importancia dado que la tendencia natural de las playas es a irse erosionando por los movimientos oceánicos. Se ha previsto dar mantenimiento regular a las playas restituidas, mismo que estará constituido por las acciones que se mencionan en su generalidad a continuación:

- Efectuar campañas continuas de mediciones de oleaje y corrientes con equipo autónomo en la zona de las Puntas Cancún y Nizuc, a una profundidad aproximada de 10 m, así como en la parte central, donde conviene se instale a la batimétrica – 20.
- Llevar a cabo sistemáticamente levantamientos batimétricos, de preferencia cada 2 meses en el frente marino de 12 km, con secciones cada 250 m, hasta una profundidad de 20 m, con topografía detallada de la playa seca, incluyendo los paramentos de los hoteles. Con la información batimétrica y el clima marítimo incidente en la zona, se establecerá la respuesta de la obra al oleaje y corrientes presentes en la zona, lo cual servirá para calibrar el modelo de evolución costera utilizado.
- Establecer un programa de monitoreo del comportamiento de la línea de costa en tiempo real, mediante imágenes de satélite.
- Monitoreo continuo de bancos de arena disponibles, con los permisos actualizados y vigentes para la extracción de material de relleno en las zonas que así lo requieran.
- En caso de ocurrencia de un temporal o marejada alta que provoque erosiones considerables en la zona de proyecto, se requiere efectuar un monitoreo previo y post-tormenta para conocer la respuesta de la obra ante eventos extraordinarios.

## II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

Dada la naturaleza del proyecto que consiste, solamente, en extraer arena de los bancos determinados, transportarla hacia la playa, verterla en la playa y delinear el perfil de la misma con maquinaria, no requiere de ningún tipo de obra asociada.

## II.2.7 Etapa de abandono del sitio

Dado el tipo de proyecto, no se contempla una etapa de abandono ya que, aunque el proceso de erosión natural de la zona es considerable (además de la presencia regular de fenómenos climatológicos) se ha previsto dar un mantenimiento permanente a la zona restaurada con el objeto de preservar la belleza recuperada y la inversión realizada. Parte

de las actividades de mantenimiento corresponden con la realización de monitoreos periódicos en la región para determinad la velocidad de erosión y el desplazamiento de las arenas.

### II.2.8 Utilización de explosivos

No se contempla el uso de explosivos en ninguna de las etapas del proyecto.

### II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Dadas las características del proyecto, no se generarán residuos sólidos o líquidos en ninguna de las etapas de su realización y desarrollo.

Tanto la operación de la draga que extraerá la arena de los bancos de materiales, como el desplazamiento de la draga hacia la playa y el delineamiento de la playa por las dos palas mecánicas con hoja topadora generarán emisiones atmosféricas. Existen parámetros oficialmente publicados para la maquinaria tipo Tractor D-8 pero no para la draga, dada la diversidad de las mismas. Por ello se presentan, únicamente, las emisiones promedio diarias para jornadas de 8 horas de operación continua de las dos palas mecánicas.

Tabla II.6 Estimación de emisiones de contaminantes por jornada de operación de la maquinaria de tierra

TIPO DE MAQUINARIA	EMISIÓN DE CONTAMINANTES <sup>1</sup> (kg/jornada de 8 horas)					
	CO	HC	NOx	HCOH	Sox	PST
Dos Palas mecánicas (tipo Tractor D-8)	2.152	0.880	9.120	0.192	0.992	0.800

### II.2.10 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Como se ha mencionado previamente, dada la naturaleza del proyecto, no se espera generar residuos de ningún tipo. Durante el dragado, habrá parte de la arena capturada que será devuelta al mar; aquella que no cumpla con las características de diámetro de grano que sean determinadas y sean filtradas por la draga. De ningún modo puede esta considerarse como residuo.

<sup>1</sup> U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. SUPPLEMENT D TO COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS. PUBLICATION AP-42. TABLE II.7.1 EMISSION FACTORS FOR HEAVY DUTY DIESEL POWERED CONSTRUCTION EQUIPMENT. PP II.7.4



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

La realización del **proyecto de restauración ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo** implica, tal y como se ha señalado en el capítulo anterior, la planeación y ejecución de tres actividades básicas – dragado, transporte del material dragado y disposición de este para la restauración de playas-, orientadas a disminuir los impactos que sobre la población y la economía local provoca la incidencia de huracanes mayores a grado tres y recuperar el paisaje y las condiciones recreativas y de esparcimiento que han caracterizado históricamente la oferta turística de Cancún.

Dado el interés económico, social y ecológico presente en la zona de estudio, es que se encuentra regulada territorial y ambientalmente por el **Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Sistema Lagunar Nichupté, Cancún, Quintana Roo** (PO Gobierno de Quintana Roo, 30 de noviembre de 1994) y el **Programa de Manejo Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc** (DOF, 6 de agosto 1998), documentos que conjuntamente con algunos otros instrumentos de política ecológica se analizan y comentan a continuación.

#### III.1 Planes de ordenamiento ecológico del territorio

La zona donde se llevará a cabo el proyecto de rehabilitación ambiental de playas, parcialmente se localiza dentro de las unidades de gestión ambiental (UGA's) M-1 y T-11 del Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Sistema Lagunar Nichupté, Cancún, Quintana Roo.

La **UGA M-1**, tiene asignada una política ecológica de **PROTECCIÓN**, vocación de uso marino como **APTA PARA ACTIVIDADES RECREATIVAS, CIENTÍFICAS Y ECOLÓGICAS** y criterios de ordenamiento ecológico **A3** y **A4**.

En tanto que a la **UGA T-11**, le corresponde una política ecológica de **APROVECHAMIENTO**, con vocación de uso de suelo como **APTA PARA TURISMO DE DENSIDAD ALTA (HASTA 50 CUARTOS/HA)** y criterios de ordenamiento ecológico **A2, C2, C3, D2, D4, D5, D6, D7, D10, D11, D12, D13, D14, D17, D19, D22, E5** y **E7**.

UGA/ Criterio	Texto del criterio ecológico	Vinculación del proyecto con el criterio
<b>M-1/A3</b>	<i>Se prohíbe recolectar, pescar, anclar embarcaciones y arrojar desperdicios de cualquier tipo en el área correspondiente a los arrecifes.</i>	De acuerdo a su localización, los arrecifes de interés, se encuentran por fuera de las áreas donde se llevarán a cabo las tres actividades básicas del <b>proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún</b> . Aún así, durante las tareas de transporte del material dragado y de su disposición para la restauración de playas, habrán de aplicarse medidas de control ambiental para garantizar la navegación segura de la draga y, en su oportunidad, la dispersión de arena.
<b>M-1/A4</b>	<i>Únicamente se permitirán las actividades de contemplación e investigación científica, conforme a lo establecido en el decreto publicado en el diario oficial de la federación el 7 de febrero de 1973, en el cual se considera a los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc, Zona de Refugio de Flora y Fauna Marina. La unidad estará sujeta a Plan de Manejo y en tanto entre en vigor, las actividades se sujetarán a las bases de manejo expedidas por la Secretaría de Desarrollo Social.</i>	De acuerdo al programa de manejo del Parque Nacional "Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc", la realización de las actividades de navegación y de disposición del material dragado se llevara a cabo, parcialmente, dentro de los polígonos de Punta Cancún y de Punta Nizuc, dentro de la normativa prevista. Las rutas de navegación, ya autorizadas por la SCT, a través de la Dirección General de Marina Mercante (mediante oficio número 109.202.404.064.0287, de fecha 28 de enero de 2004), responden a los criterios establecidos en las Reglas Administrativas de Manejo, cuya <b>Regla 3</b> define que la <i>Zona de Navegación, es el área sin arrecifes coralinos y a más de 200 m de las playas; comprende el área restante de este polígono (Punta Cancún), que esta delimitado por los vértices establecidos en el decreto del Parque.</i> La disposición del material de dragado se realizara de manera confinada (utilizando cercos de material geotextil o tabla estacado) de tal manera que no se incumpla con lo señalado en la <b>Regla 56, inciso g) Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que generen suspensión de sedimentos o provoquen la formación de fangos y limos dentro del Parque.</b>

UGA/ Criterio	Texto del criterio ecológico	Vinculación del proyecto con el criterio
<b>T-11/A2</b>	<i>Dentro de las unidades de uso turístico y urbano que colinden con áreas aptas para la protección ecológica, se deberá establecer una franja de amortiguamiento, a partir del límite de la zona de protección hacia la zona de aprovechamiento.</i>	El establecimiento de este criterio fue posterior al desarrollo turístico costero de Cancún, por lo que se observa, tanto en Punta Cancún como en Punta Nizuc, la ausencia de dicha franja de amortiguamiento. Incluso, la mayoría de los hoteles han sido construidos adelante o sobre la duna costera, lo que ha provocado la erosión de las playas colindantes. De hecho el del <b>proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún</b> , tiene como premisa recuperar las condiciones anteriores al paso del huracán Gilberto en 1988.
<b>T-11/C2</b>	<i>Las zonas urbanas y turísticas deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y el agua tratada podrá ser empleada en el riego de áreas verdes. Aquellas zonas que no tengan acceso al suministro de servicios de agua y drenaje, deberán ser consideradas como prioritarias en la dotación de tales servicios y, en tanto esto es posible, deberán de disponer de sus residuos de conformidad con las normas vigentes.</i>	La ejecución del proyecto no conlleva la operación de unidades turísticas. Además de que el total de las instalaciones turísticas ubicadas en el litoral cumplen con el tratamiento de sus aguas residuales generadas.
<b>T-11/C3</b>	<i>Los efluentes producto de toda planta de tratamiento de aguas residuales, deberán cumplir estrictamente con las condiciones particulares de descarga y con la norma oficial mexicana NOM-CCA-031-ECOL/1993, del 18 de octubre de 1993.</i>	La ejecución del proyecto no conlleva la operación de unidades turísticas. Además de que el total de las instalaciones turísticas ubicadas en el litoral cumplen con el tratamiento de sus aguas residuales generadas. Regularmente, la calidad de las aguas cumple con los parámetros establecidos por la NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997, dependiendo si se descargan a la red operada por Baja Mantenimiento o se utilizan en el riego de áreas verdes.
<b>T-11/D2</b>	<i>Únicamente se desmontarán las áreas necesarias para las construcciones y vías de acceso conforme se avance en la obra o actividad de que se trate,</i>	Las obras del proyecto no corresponden a lo establecido por el criterio ecológico. Sin embargo, la actividad de disposición del material dragado para la rehabilitación de

UGA/ Criterio	Texto del criterio ecológico	Vinculación del proyecto con el criterio
	<i>realizando inmediatamente después las actividades de excavación, nivelación y relleno. En todo caso se cumplirán las disposiciones del Reglamento de Ecología y Gestión Ambiental del municipio Benito Juárez.</i>	playas conlleva la nivelación y compactación de la zona federal marítimo terrestre, para recuperar las condiciones anteriores al paso del Huracán Gilberto (1988).
<b>T-11/D4</b>	<i>Adicionalmente al cumplimiento de las normas establecidas en los reglamentos municipales, queda prohibido verter al mar o a los cuerpos de agua, los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, etc.), fertilizantes, aguas de lavado, bloques, losetas, ventanería, así como aguas negras, jabonosas y con agroquímicos, plaguicidas o bien con residuos que ocasionen daño a las poblaciones de estos ecosistemas.</i>	Se establecerá una oficina de supervisión ambiental que verifique que el personal participante en el total de las actividades previstas no disponga de manera inadecuada basura o cualquier otro tipo de residuos o materiales.
<b>T-11/D5</b>	<i>Cuando en los sitios con política de aprovechamiento, se causen afectaciones en los recursos naturales, se deberán realizar acciones de restauración.</i>	Como se ha señalado la ejecución del <b>proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún</b> , tiene como premisa recuperar las condiciones anteriores del litoral, particularmente de la zona de playas, antes del paso del Huracán Gilberto en la región, en 1988.
<b>T-11/D6</b>	<i>Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de caminos, deberán realizarse evitando la remoción innecesaria de vegetación y el movimiento de grandes volúmenes de tierra.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico.
<b>T-11/D7</b>	<i>No se permitirá la instalación de infraestructura de comunicaciones (postes, torres, estructuras, equipamientos, edificios, líneas y antenas) en sitios de alto valor escénico.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico.
<b>T-11/D10</b>	<i>Todos los proyectos de desarrollo deberán considerar los procesos ecológicos del área, cubriendo los</i>	Como se ha señalado la ejecución del <b>proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta</b>

UGA/ Criterio	Texto del criterio ecológico	Vinculación del proyecto con el criterio
	<i>aspectos de protección de los recursos naturales durante la selección y preparación del sitio, etapa de construcción, etapa operativa y abandono, así como en las actividades de mantenimiento de infraestructura.</i>	<b>Cancún</b> , tiene como premisa recuperar las condiciones anteriores del litoral, incluida la protección que generan las playas a favor de la integridad de los recursos naturales y de las personas y sus bienes, local y regionalmente.
<b>T-11/D11</b>	<i>Se evitarán las construcciones en áreas inundables y en sitios donde se puedan causar afectaciones directas al sistema arrecifal.</i>	Si bien la disposición del material de dragado no es una actividad constructiva, ésta se realizara de manera confinada (utilizando cercos de material geotextil o tabla estacado) de tal manera que no se incumpla con lo señalado en la <b>Regla 56, inciso g) Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que generen suspensión de sedimentos o provoquen la formación de fangos y limos dentro del Parque.</b>
<b>T-11/D12</b>	<i>Las edificaciones nuevas no deberán rebasar la altura la altura máxima promedio de la vegetación de la zona, apegándose a lo dispuesto por el plan director urbano vigente en Cancún.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico.
<b>T-11/D13</b>	<i>En la realización de cualquier obra o actividad deberá evitarse la obstrucción de los accesos actuales a la zona federal marítimo-terrestre. Asimismo, los proyectos localizados en la zona costera, deberán crear nuevos accesos a dicha zona federal, en el caso que carezcan de ellos, o bien sustituir los accesos existentes cuando los proyectos autorizados así lo justifiquen.</i>	Durante la disposición del material de dragado se limitará temporalmente el acceso a las secciones de playa donde se lleve a cabo la actividad. Se establecerá un programa de difusión, mediante el cual se presenten la naturaleza, características y alcances del proyecto de rehabilitación ambiental de playas, así como la ubicación y temporalidad de las actividades previstas.
<b>T-11/D14</b>	<i>Se evitarán las construcciones en áreas inundables y se deberán conservar las zonas de dunas costeras y las crestas rocosas a lo largo del litoral.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico.
<b>T-11/D17</b>	<i>Los planes y proyectos de desarrollo urbano deberán cumplir con la normatividad ambiental vigente para garantizar la conservación de los elementos naturales: suelo, aire y agua.</i>	Debido a que el desarrollo costero de Cancún se dio bajo un vacío normativo, que no ponderaba la conservación de las dunas costeras y de las playas, es que ahora se requiere instrumentar el proyecto de rehabilitación ambiental de playas.

UGA/ Criterio	Texto del criterio ecológico	Vinculación del proyecto con el criterio
<b>T-11/D19</b>	<i>Las construcciones que se realicen en esta unidad, en el margen del sistema lagunar Nichupté, estarán sujetas a estudios ecológicos especiales.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico, dado que el total de las actividades se realizara en el litoral marino.
<b>T-11/D22</b>	<i>Se deberá conservar la máxima porción de las características naturales, sin afectar ecosistemas excepcionales contiguos, tales como el sistema lagunar Nichupté, laguna Morales, manglares y arrecifes ente otros, así como las poblaciones de flora y fauna, especialmente las endémicas y en peligro de extinción.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico, dado que el total de las actividades se realizara en el litoral marino, fuera de las áreas de influencia directa del sistema lagunar.
<b>T-11/E5</b>	<i>En las áreas verdes se deberá evitar el uso de plaguicidas y agroquímicos no autorizados, así como la introducción de las siguientes especies: <u>Casuarina equisetifolia</u>, <u>Schinus terebinthifolius</u>, <u>Meleleuca quinquenervia</u>, <u>Colubrina asiatica</u>, <u>Eucaliptus sp.</u>, <u>Gmelina sp.</u>, <u>Ficus sp.</u>, <u>Delonix regia</u>, <u>Terminalia catappa</u></i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico. No se encuentran previstas acciones de reforestación u ornamentación.
<b>T-11/E7</b>	<i>En las áreas no construidas deberá procurarse la conservación y en su caso la restitución y mejoramiento de la cubierta vegetal existente. Los espacios abiertos construidos deberán disponer de áreas verdes.</i>	Las obras del proyecto no corresponden a las actividades previstas por el criterio ecológico. No se encuentran previstas acciones de reforestación u ornamentación.

### III.2 Planes y programas de desarrollo urbano

De la revisión del Plan Director de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez (PO Gobierno de Quintana Roo, 17 de enero de 1985) y sus modificaciones posteriores, igualmente publicadas en el Periódico Oficial (15 de julio de 1994 y 15 de enero de 1999), se observa que las actividades que integran **proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo**, no se encuentran reguladas por lo establecido en la Zonificación y Ocupación del Suelo, en su cuadro de compatibilidad de los usos, destinos y reservas del suelo.

### III.3 Normas oficiales mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas que por materia regulan en la ejecución del proyecto de rehabilitación ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, son:

CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-001-SEMARNAT-1996	<i>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.</i>	Se considerarán los parámetros establecidos por la NOM, como referencia para garantizar la calidad del agua marina antes y después de los trabajos de dragado y de disposición del material dragado en playa.

EMISIONES A LA ATMÓSFERA POR FUENTES MÓVILES		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-041-SEMARNAT-1999	<i>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.</i>	Como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana no existe un programa de control y verificación de contaminantes.
NOM-044-SEMARNAT-1993	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que</i>	Igualmente, como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana no existe un programa de control y verificación de contaminantes.

EMISIONES A LA ATMÓSFERA POR FUENTES MÓVILES		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
	<i>usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kg.</i>	
NOM-045-SEMARNAT-1996	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.</i>	También deberá tenerse como compromiso de la empresa constructora que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana no existe un programa de control y verificación de contaminantes.
NOM-050-SEMARNAT-1993	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.</i>	Como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana no existe un programa de control y verificación de contaminantes.

RESIDUOS PELIGROSOS		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-052-SEMARNAT-1993.	<i>Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</i>	La empresa constructora deberá estar registrada como generadora de residuos peligrosos, dada la naturaleza y características de los residuos producidos durante las tareas de mantenimiento de maquinaria, equipos y vehículos que utilicen en la ejecución de las actividades previstas.



EMISIONES A LA ATMÓSFERA - RUIDO		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-081-SEMARNAT-1994	<i>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</i>	La maquinaria, equipo y parque vehicular que se utilice durante la ejecución de las actividades previstas tendrán que sujetarse a los parámetros establecidos por la norma. Se definirá una estricta jornada horaria, para disminuir posibles impactos sobre la fauna y los turistas ubicados en las zonas de trabajo.

PROTECCIÓN DE ESPECIES		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-059-SEMARNAT-2001	<i>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.</i>	Se establecen los criterios de identificación de las especies con estatus, además de las estrategias para su manejo y conservación, particularmente para proteger y garantizar la anidación de tortugas marinas en la zona de playa durante los trabajos de restauración.

### III.4 Decretos y programas de manejo de áreas naturales protegidas

De acuerdo a la ubicación geográfica de las tres principales actividades que conlleva el **proyecto de restauración ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo**, será necesario establecer una serie de acciones de control ambiental que eviten poner en riesgo los procesos y recursos naturales del **Parque Nacional "Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc"** (DOF, 19 de julio de 1996 y 7 de junio de 2000).

Ello, debido a que el banco de arena denominado Megarrizaduras se haya colindante, hacia el oeste, del **Polígono 1. Costa Occidental de Isla Mujeres**, con una superficie aproximada de 7.4 km<sup>2</sup>, un perímetro de 13.5 km y un volumen estimado de 5x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. El transporte del material dragado, navegación de la draga entre los bancos y las áreas de disposición del material dragado, se hará por fuera de las áreas del **Polígono 1. Costa Occidental de Isla Mujeres** y del **Polígono 3. Punta Nizuc Costa**; sin embargo, cruzara el **Polígono 2. Punta Cancún**, aproximadamente frente a las instalaciones del centro de diversiones The City, dado que las rutas de navegación han sido previamente autorizadas por la Dirección General de Marina Mercante, mediante oficio número 109.202.404.064.0287, de fecha 28 de enero de 2004, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en apego a que no se presentan formaciones coralinas. La disposición del material dragado, destinado a la restauración de las playas a su condición previa a la incidencia del huracán Gilberto en 1988, ocupará pequeñas superficies adyacentes a la línea de costa (no mayor a 60 m de ancho, de acuerdo a un diseño geométrico establecido) de los polígonos **2. Punta Cancún** y **3. Punta Nizuc**, sin afectar a los arrecifes colindantes.

Para esta situación en particular, es importante señalar que el proyecto de restauración de playas implica, por extensión, la recuperación física y administrativa de la zona federal marítimo terrestre, ya que no contraviene lo establecido en el decreto del Parque Nacional, debido que en la descripción de los polígonos 1 y 2 utiliza los límites exteriores de la propia zona federal marítimo terrestre.

En el **Programa de Manejo del Área Natural Protegida Parque Nacional “Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc”** (DOF, 6 de agosto de 1998 y 7 de junio de 2000), en el **Anexo I Reglas Administrativas de Manejo**, en la **Regla 3**, numeral **19**, define *Zonificación. Sistema mediante el cual se divide el Parque en áreas geográficas específicas, para las que se definen las actividades y usos permisibles, así como la intensidad y rango de los mismos, en atención a las características de dichas áreas y a sus necesidades de protección.* En este se describen los tres polígonos que integran el parque nacional, incluida la definición de la *Zona de Navegación, es el área sin arrecifes coralinos y a más de 200 m de las playas; comprende el área restante de este polígono, que esta delimitado por los vértices establecidos en el decreto del Parque*, lo que garantiza que no se contraponen la autorización de la SCT con las reglas administrativas de manejo.

En materia de prohibiciones, la **Regla 56**, inciso *g) Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que generen la suspensión de sedimentos o provoquen la formación de fangos y limos dentro del parque*, situación que habrá de evitarse durante la disposición de la arena en la zona de playa, mediante la utilización de cercos de material geotextil o tabla estacado, mismos que serán retirados una vez que se garantice que la calidad del agua cumple con la condición previa al inicio de la actividad. Las características físicas de la arena que se obtenga de los bancos Megarrizaduras y/o la Ollita corresponden a las de las playas que serán rehabilitadas, a lo largo de los 12.1 km de litoral, entre Punta

Cancún y Punta Nizuc, permiten prever que no se "formarán fangos y limos" en los sitios de disposición.

Independientemente, de las posibilidades ambiental y social que tiene por si mismo el **proyecto de restauración ambiental de playas entre Punta Nizuc y Punta Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo**, se analizaron la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** y su **Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental**, con objeto de precisar la modalidad bajo la cual habría de realizarse la presente manifestación de impacto ambiental para, consecuentemente, darle también una mayor viabilidad jurídico administrativa. Las actividades a realizar se resumen en:

- ✚ Extracción de arena mediante dragado de dos bancos (Megarrizaduras y La Ollita) ubicados al norte de Punta Cancún, con profundidades entre los 6 y 25 metros, a 7 y a 12 km de distancia, respectivamente.
- ✚ Transporte del material dragado a los frentes de obra que se extienden a lo largo de 12.1 km en la línea de costa entre Punta Nizuc y Punta Cancún, por fuera de los polígonos del Parque Nacional Isla Mujeres-Cancún-Nizuc
- ✚ Disposición de arena y conformación de playas de acuerdo con un diseño geométrico establecido.

Las cuales se encuentran dentro de los supuestos del artículo 28, fracciones I, IX y X de la LGEEPA, que señala:

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

***I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;***

***IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;***

***X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;***

Y bajo ninguna de las fracciones del artículo 11 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

## **ARTICULO 11.**

***Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:***

- I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;***

Como se ha mencionado, el proyecto consiste en tres actividades básicas, ninguna de las cuales corresponde a las incluidas en el párrafo anterior, dado que con su instrumentación se pretende la restauración de playas en el área señalada.

- II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 (23) de este reglamento***

El proyecto no incluye un conjunto de obras. Se trata de una sola obra que requiere de la ejecución tres actividades (obtención de material, transporte marítimo al sitio de disposición y conformación de playa). El proyecto que se pretende realizar no se inserta en ninguno de los Planes o Programas de Regulación Territorial vigentes en el área de interés.

- III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y***

Como se ha mencionado, el proyecto no involucra algún otro asociado, ni la ejecución u operación de un conjunto de obras distintas a las manifestadas.

- IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.***

Dadas la naturaleza del proyecto y las características de las actividades que involucra, los impactos ambientales previstos durante su instrumentación, no resultarán, en ningún caso como sinérgicos, acumulativos o residuales. Los impactos adversos hasta ahora

identificados, se consideran de temporalidad limitada, de alcance territorial reducido y en la mayor parte de los casos de poca o moderada significación. De hecho, el proyecto en sí mismo, corresponde a una acción de mejoramiento ambiental, en la que podrán observarse, en el corto y mediano plazos, una serie de impactos benéficos a favor de la economía y la condición de vida de la comunidad en la que se inserta.

Con objeto de confirmar el análisis realizado a la legislación en materia de impacto ambiental, mediante el cual se determinó que la modalidad de elaboración de la MIA correspondía a una Particular, éste se presentó ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cual a través del oficio S.G.PA./DGIRA.DEI.2651.04, del 15 de octubre de 2004, establece que *...deberá presentar ante esta DGIRA una manifestación de impacto ambiental en su modalidad particular.*

Por último, a manera de conclusión, es necesario llamar la atención sobre el hecho de que la primera declaratoria de protección a favor de los arrecifes de Punta Cancún y Punta Nizuc, como **Zona de Refugio de Flora y Fauna Marina** (DOF, 7 de febrero de 1973), se asocia al inicio de la construcción y operación del desarrollo turístico de Cancún. De hecho, los procesos de transporte litoral, asociados a los problemas de diseño generados por el centro turístico (construcciones delante y sobre las dunas, rellenos, etcétera) provocan diversos riesgos a la integridad de los propios recursos naturales locales y regionales, a la comunidad ahí asentada, así como a los bienes y servicios que sustentan el desarrollo económico y social, durante la época de huracanes en la región del Mar Caribe. Como ha sido documentado al paso del huracán Gilberto (1988) y recientemente con la presencia del huracán Iván (septiembre de 2004).

## IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Cancún es un lugar turístico considerado el centro vacacional más rentable de México, distinguido a nivel internacional. La zona hotelera de Cancún se extiende a lo largo de una barra de 12 km. de longitud, que comienza en Punta Cancún al norte y termina en Punta Nizuc al sur, donde se encuentran playas como Tortugas, Caracol, Chac-Mool y El Rey, además de otras frente a los numerosos hoteles que conforman el complejo turístico. Es en esta barra donde se ha presentado problema mayúsculo: la severa erosión de las playas, por estar expuesta a huracanes y otros fenómenos meteorológicos.

Los huracanes, sobre todo Gilberto, pero también Roxanne e Isidoro entre otros, han contribuido en gran medida a la desaparición de playa en la región. Sin embargo, la edificación de hoteles sobre la duna costera, (muy cercanos unos de otros) que impiden la circulación del viento, han favorecido dicha erosión. Se estima que ha disminuido hasta en 40m la amplitud de la playa ubicada entre Punta Cancún y Punta Nizuc, que corresponde a la zona de mayor afluencia turística.

El área de estudio está ubicada en la Península de Yucatán, al norte del estado de Quintana Roo, delimitada entre 92° y 85° de longitud y 17° a 29° de latitud.

El municipio de Benito Juárez, se encuentra situado en el paralelo 21° 10' De latitud norte y meridiano 86° 56' de longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Lázaro Cárdenas e Isla Mujeres, y el Mar Caribe; al este y al sur con el Mar Caribe y municipios de Solidaridad y Lázaro Cárdenas y al oeste con el municipio de Lázaro Cárdenas. Al sureste de Cancún se ubican las lagunas de Nichupté y de Bojorquez, delimitadas por dos barras, de 12 km. al este y de 6 km aproximadamente al norte.

Tiene una extensión de 1664 km<sup>2</sup>, lo que representa 32.7% del territorio del estado.

Ocupa una parte de la planicie de la Península de Yucatán. La máxima elevación alcanza apenas 10 msnm, la superficie presenta una suave inclinación de oeste a este.

El sustrato geológico está formado por rocas calizas altamente permeables que impiden formación de escurrimientos superficiales.

De manera puntual, el área de estudio se circunscribe, por un lado a la línea litoral de casi 12 Km de extensión que se desarrolla entre Punta Nizuc y Punta Cancún.

Por otra parte, el área de influencia del proyecto ubica su límite norte de forma coincidente con el límite norte del banco de extracción "La Ollita". El límite sur coincide con Punta Nizuc. El análisis de las zonas aledañas al área de trabajo, la velocidad de las corrientes y condiciones del sitio, así como las consideraciones hechas sobre las operaciones de dragado, conducen a determinar que la extracción de arena no influirá más allá de los límites definidos.

La zona de influencia del proyecto, incluyendo la zonas de operación (vertimiento de arena 12Km de Punta Cancún a Punta Nizuc) y de dragado (bancos Megarrizaduras y La Ollita) comprende aproximadamente 200 km<sup>2</sup>.

## **IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental**

Se presenta una descripción del medio físico de las zonas de extracción y depósito de arena. Sus características geológicas y geomorfológicas, de suelos, hidrológicas así como climatológicas, con énfasis en fenómenos hidrometeorológicos, que tienen gran relevancia para el proyecto y para las condiciones ambientales y socioeconómicas de la región. No sólo por la frecuencia con que estos fenómenos se presentan dada la ubicación y condiciones climáticas del área de estudio; sino también y de manera muy importante, por la actual y creciente vulnerabilidad de la zona a desastres (entendiéndose éstos, como

procesos sociales complejos, produciendo graves daños que afecten a la población, e infraestructura y que conlleven un largo periodo de recuperación), producidos por huracanes y tormentas tropicales.

Así mismo se presenta una descripción del medio biótico del área donde se desarrollará la obra.

## **IV.2.1 Aspectos abióticos**

### **IV.2.1.1 Clima**

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Según la clasificación de climas s de Köppen modificada por García, el clima de Cancún es Aw1, del grupo de climas cálidos húmedos con lluvias en verano y con un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 10.2%.

La isoterma (única) para Quintana Roo es de 26°, con una oscilación entre 5 y 7 ° C, lo que indica que la temperatura promedio anual es similar para toda la entidad, debido a la escasa elevación sobre el nivel del mar que presenta toda la región.

De acuerdo con los datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), para el periodo comprendido entre 1991 – 2000, las temperaturas medias anuales oscilaron entre 26.6 y 27.7 ° C, siendo los promedios mínimo de 19° C y máximo de 35° C.

La precipitación anual promedio oscila entre 1000 y 1100 mm., en agosto y septiembre se registra el mayor porcentaje de lluvias, pues son los meses en que se presentan la mayoría de las perturbaciones ciclónicas.

La humedad relativa es del 82% aproximadamente.

#### **IV.2.1.1.1 Viento**

Los vientos dominantes de febrero a julio son alisios, provenientes del sureste con velocidades de 10 km/h en promedio y hasta 30 Km/h durante perturbaciones tropicales. Se presentan vientos del norte durante los meses de invierno, particularmente e noviembre a marzo. Estos vientos, los llamados "nortes", son masas de aire húmedas y frías que provienen del norte del Océano Atlántico, así como del continente y que alcanzan altas velocidades. Provocan fuertes lluvias, acompañadas de vientos con rachas de hasta 100 km/h, lo que hace descender la temperatura local considerablemente. Estos fenómenos se presentan en los meses de noviembre a febrero, y eventualmente hasta marzo.

Los vientos afectan la región debido a la escasa oposición a ellos, por ser todo el territorio de la Península de Yucatán una planicie. Se considera que los nortes son uno de los principales factores que contribuyen al proceso de erosión de las playas de Quintana Roo.

#### **IV.2.1.1.2 Huracanes y tormentas tropicales.**

Caso especial de estudio ocupan los fenómenos hidrometeorológicos, representados en la región principalmente por los ciclones tropicales o huracanes, por el impacto que tienen sobre la infraestructura costera y el perfil de las playas.

Los huracanes se forman en el Hemisferio Norte en las regiones oceánicas ecuatoriales al norte de los 5° de latitud, desde mayo hasta principios de noviembre.

México presenta cuatro zonas matrices de formación de huracanes, dos de las cuales se ubican en el Caribe.

El Caribe Oriental es la segunda zona matriz que se establece en julio cuando el calentamiento de la zona es elevado, dando origen a huracanes de gran recorrido y potencia. La tercera zona se ubica en la porción atlántica formando huracanes aún más potentes que la anterior. Estas zonas matrices pueden desarrollar desplazamientos ya que están en función de la formación de centros de máximo calentamiento marino asociados a la deriva de la "Corriente del Golfo".

Los huracanes son tormentas ciclónicas que se mueven circularmente alrededor de una zona de calma, caracterizados por fuertes vientos que sobrepasan los 120 km/h, (si presentan velocidades menores se denominan tormentas entre 63 y 119 Km /h o depresiones tropicales menor a 62 km/h), así como lluvias intensas que pueden registrar hasta 1000 mm., sobre todo durante septiembre, mes en el que son más frecuentes.

Los huracanes en el Mar Caribe formados en la región occidental durante junio y julio se repiten a finales de septiembre, octubre y noviembre, generalmente viajan hacia el noroeste o hacia el noreste atravesado la Península de Yucatán hacia el Golfo de México y desapareciendo sobre las costas de Estados Unidos. Los ciclones tropicales originados durante octubre y noviembre generalmente siguen su curso al este de Centroamérica recurvando hacia el noreste pasando sobre Cuba.

Por su parte los huracanes originados en el Atlántico se desarrollan durante agosto y septiembre. Pueden tener gran intensidad al pasar sobre el Caribe y Golfo de México, suelen presentar un comportamiento similar a los originados en el Caribe. Es característico que presenten trayectorias caprichosas que describen curvas cerradas originadas a partir de un decaimiento y recuperación de su intensidad debida a la transformación del anticiclón de las Azores y a la intromisión de aguas marinas de menor temperatura (De la Lanza 1991).



Los huracanes que se generan en la zona ciclógena del Atlántico Norte y el Caribe oriental, a su paso por las costas del sureste mexicano han puesto al descubierto a la vulnerabilidad de este litoral, generando cuantiosos daños en las obras e instalaciones costeras, así como la población en general (Soriano 1990).

#### Vientos ciclónicos.

Los vientos generados por huracanes pueden alcanzar y sobrepasar los 250 km/h en el límite del radio de máximos vientos ciclostróficos, con rachas de más de 300 km/h. El poder destructivo del viento aumenta con respecto al cuadrado de la velocidad, esto significa que al triplicar la velocidad del viento el factor destructivo aumenta hasta nueve veces.

El viento, ya sea por su impacto directo o por objetos arrastrados por él, es el fenómeno que produce la máxima destrucción en infraestructura en zonas costeras (Díaz 201).

#### **Lluvias e inundaciones**

Las lluvias que acompañan a los huracanes varían e forma dramática y son muy difíciles de predecir. Estas pueden ser muy intensas y durar varios días o simplemente se pueden disipar en cuestión de horas. La topografía local, la humedad y la velocidad del viento ciclónico son factores que las afectan directamente.

Las destrucciones que pueden ocurrir debido a la presencia de lluvias extraordinarias se pueden dividir en:

- a) Infiltración de lluvia en estructuras sólidas causando daños estructurales internos.
- b) Inundaciones, con los consecuentes daños en infraestructura (vías de comunicación, líneas telefónicas, instalaciones eléctricas) y por tanto a la población.

#### Marea de tormenta.

La marea de tormenta se define como una sobrelevación temporal del nivel del mar. Esta se debe principalmente a la conjunción de varios factores como: La fuerza de arrastre que el viento genera en el cuerpo de agua al aproximarse a la costa; el equilibrio hidrostático que el agua experimenta para equilibrar la depresión atmosférica, la superposición del oleaje, y la disminución del fondo marino. Se estima que por cada 100mb que disminuye la presión atmosférica en el huracán, el nivel del mar aumenta aproximadamente 1m en la zona cercana al centro del huracán.

La magnitud de la marea de tormenta en un sitio determinado está en función directa a los vientos ciclónicos máximos y a su configuración geométrica con respecto al radio

ciclostrófico que se presente. Se debe considerar también la configuración del fondo marino en las zonas de aguas poco profundas o someras.

La marea de tormenta ocasiona los daños más grandes y directos en las comunidades costeras, 90% de las mareas ocurridas en los grandes desastres históricos en los últimos veinte años sobre las costas mexicanas se deben a la presencia y acción de la marea de tormenta. Las inundaciones de una marea de tormenta afectan directamente a las zonas más bajas, extendiéndose hasta varios kilómetros tierra adentro (Díaz 2001).

Quintana Roo es el estado que posee menos plataforma continental (8,969 km<sup>2</sup>), que en determinados puntos llega a tener profundidades de 100 m. a los 15 a 20 km. de la costa, por lo que en esta entidad se pueden esperar las máximas alturas de ola generadas por el paso de los huracanes.

#### Vulnerabilidad de la Península de Yucatán.

La presencia y acción de los huracanes sobre las costas mexicanas se traduce en un riesgo inminente para las poblaciones e infraestructura costera, con pérdidas millonarias a lo largo de las costas del Mar Caribe.

Comúnmente, la mayor parte del daño causado por la presencia y acción de los huracanes, cuando se aproximan a tierra, ocurre dentro de las primeras seis horas a partir de que se manifiestan las tormentas.

El hecho de que un huracán cruce el territorio continental, se debe no sólo a su intensidad, sino también a la orografía, este factor que actúa como medio disipador de la energía de los huracanes, en ocasiones no alcanza a disipar totalmente la energía de éstos.

En el caso de los estados de la Península de Yucatán, están ubicados en una zona de planicie, que no presenta grandes ondulaciones ni macizos, su elevación máxima no supera los 300 msnm (Soriano 1991).

La destrucción ocasionada por los huracanes en los últimos años, especialmente en las zonas del Caribe Mexicano, se ha caracterizado por cambiar constantemente las configuraciones costeras. El peligro aumenta al crearse una combinación de factores que acompañan a un huracán; tales como aumento del nivel del mar, vientos extraordinarios y lluvias intensas.

La información relacionada con daños asociados a la presencia de huracanes se ha recopilado desde finales de los años 30's; es notorio que mientras que la magnitud y fuerza destructiva parece no cambiar con el transcurso del tiempo, las poblaciones y asentamientos humanos han aumentado considerablemente en las zonas costeras de alto riesgo.

El huracán Gilberto (1988) que fue, el más intenso del siglo XX registrado en el hemisferio tropical occidental (Rodríguez 1998), y que azotó las costas mexicanas; causó pérdidas millonarias en infraestructura y cobró un gran número de vidas humanas probando que, inclusive en Cancún, un importantísimo polo de desarrollo nacional, el diseño de la infraestructura es insuficiente para resistir los embates de huracanes de gran magnitud.

Gilberto, comenzó como una onda tropical el 3 de septiembre de 1988 en las cercanías de la costa Norte de África, seis días después, el sistema cruzó el Atlántico y se convirtió en una tormenta tropical. Alcanzó las costas de Jamaica el 12 de septiembre con una categoría 3 (Saffir-Simpson) y se desplazó hacia el Oeste a lo largo de la isla ganando fuerza conforme se movía hacia el noroeste, tocó la Península de Yucatán el 14 de septiembre alcanzando la categoría de huracán clase 5. Para el día 16 perdió fuerza y se disipó en la costa este de México. Los vientos sostenidos alcanzaron más de 250 km/h la presión barométrica fue la menor jamás alcanzada en el hemisferio Norte con 888mb, el ojo alcanzó los 56 km de diámetro. Cuando el huracán Gilberto tocó costas mexicanas generó una marea de tormenta de más de 4 metros y una lluvia extraordinaria de aproximadamente 400mm.

El gobierno de México reportó que el huracán Gilberto causó 200 muertes y aproximadamente 200,000 damnificados. La Península de Yucatán sufrió grandes pérdidas en la infraestructura turística y en las extensiones de los arrecifes de coral y las playas.

Otro huracán que causó grandes daños fue Isidoro.

Las imágenes de satélite muestran que cubrió completamente los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, así como partes de Tabasco y Chiapas.

Durante el 22 y 23 de septiembre de 2002 la península de Yucatán fue azotada por este ciclón tropical, que en su momento de mayor intensidad, alcanzó la magnitud 3 en la escala Saffir-Simpson. Justo cuando alcanzó mayor fuerza, el huracán tocó tierra en costas yucatecas y devastó amplias zonas incluso ubicadas a 100km tierra adentro. Las pérdidas por los daños en avicultura, apicultura, porcicultura, infraestructura eléctrica, urbana y carretera, fueron multimillonarias.

El principal agente destructivo fue el viento, que alcanzó ráfagas de hasta 240km /h y viento sostenido de 205 km/ h; por lo que estructuras ligeras, sobre todo de viviendas fueron severamente afectadas. En la zona costera el oleaje y la marea de tormenta también ocasionaron daños importantes.

La devastación dejada por Isidoro, fue más grande que la dejada por otros huracanes (incluyendo a Gilberto 1988) en los últimos 50 años, al menos en Yucatán, ya que ninguno de magnitud comparable había seguido la trayectoria hacia zonas tan densamente pobladas.

La devastación fue considerable, debido al lento avance del ciclón en tierra, pues después de ingresar en la costa yucateca, permaneció 34 en tierra. El ojo del huracán se movía tan sólo a 18 km/h, descendiendo hasta 7 km/h. Los efectos más severos se extendieron hasta un radio de 400 km.

El huracán más reciente que azotado la región caribeña, fue Iván, que el 14 de septiembre del 2004, pasó por el canal de Yucatán hacia el Golfo de México, para esa fecha ya había alcanzado categoría 5 en escala Saffir-Simpson. El gobierno mexicano emitió un “aviso” de huracán para el noreste de la Península de Yucatán, desde Tulum, Q. Roo, hasta Progreso, Yuc., incluyendo Cozumel y Cancún.

El estado de Quintana Roo, estuvo en alerta roja, en el municipio de Benito Juárez se habilitaron 32 refugios. Se cancelaron cerca de 88 vuelos y alrededor de 10,000 turistas de distintas nacionalidades quedaron varados en Cancún.

Aproximadamente unas 11,000 personas fueron evacuadas de las zonas costeras e insulares de Quintana Roo.

La Iván siguió su trayectoria el sureste de Estados Unidos, después de dejar 67 muertos en varias islas del Caribe como Jamaica, República Dominicana, Cuba, Barbados, Granada y Antillas Holandesas y en regiones costeras de Colombia y Venezuela.

La Península de Yucatán ha sufrido el embate de 86 huracanes de diversas intensidades entre los años 1949 a 2001. Las trayectorias e intensidades de los eventos parecen no tener un patrón bien definido ni una duración predecible.

De acuerdo a (Díaz 2001), el noreste de la península de Yucatán es de alta vulnerabilidad. La ciudad de Cancún, las principales zonas arqueológicas de Quintana Roo y parte de la ciudad de Mérida se encuentran en esta zona, así como la parte Sur de Quintana Roo.

Tabla IV.1. Número y probabilidad de ocurrencia de avisos de tormentas tropicales y huracanes en la zona.

Clase	Descripción	Número	%
1	Tormenta tropical	0	0
2	Depresión tropical	94	56
3	Huracán clase 1	43	25.5
4	Huracán clase 2	7	4.2
5	Huracán clase 3	10	6
6	Huracán clase 4	6	3.6

7	Huracán clase 5	8	4.7
	Total	168	100

#### IV.2.1.2 Geología y geomorfología

Caribe Mexicano.

La plataforma continental del Caribe Mexicano es muy estrecha, con sólo 20 km frente a Cancún y gradualmente se atenúa hacia el sur, y en Puerto Morelos prácticamente desaparece, confundándose con la ladera del talud continental que tiene una pendiente mayor a 4° y alcanza rápidamente 400m de profundidad.

La secuencia de afloramientos submarinos es muy irregular, y está formada principalmente por sedimentos que contienen grandes cantidades de carbonatos de tipo biogénico y zonas arrecifales. Cerca de la costa este de la Península de Yucatán, dominan las arenas carbonatadas biogénicas con un contenido de hasta el 70% de carbonato de calcio que refleja la presencia de sistemas arrecifales localizados sobre la plataforma continental del borde oriental de la península y en el litoral de la Isla de Cozumel (De la Lanza 1991).

Quintana Roo.

El estado tiene costa de mar marginal, con costas primarias de erosión terrestre, con numerosos cañones y sumideros. Comprende costas secundarias por depositación marina que originan playas e islas de barrera y costas secundarias por organismos marinos que favorecen la formación de arrecifes coralinos y zonas de arrecifes bordeantes (Cozumel).

Los distintos procesos de formación de la costa implicados en el mecanismo de clasificación influyen directamente sobre la arquitectura de la zona litoral y dan origen, a depresiones que pueden constituir lagunas costeras. El nacimiento de este sistema se remonta a 180 mil años durante la elevación del nivel del mar que invadió depresiones costeras, formándose la actual línea costera que incluye bahías y entrantes al mar (De la Lanza 1991).

Municipio Benito Juárez.

El municipio está ubicado en una planicie con elevaciones máximas de 10 msnm, ubicadas en zonas alejadas de la línea de costa. Las rocas que afloran en el área de estudio varían desde el Mioceno (Formación Carrillo Puerto) hasta sedimentos de playa de Holoceno. Por su morfología actual, la zona de estudio se caracteriza por una dinámica neutral de la línea de costa y procesos dominantes de acumulación-erosión ocasionados por la acción marina.

Recientemente se ha observado un avance del mar hacia la porción terrestre, pérdida de playa que ha sido comentada anteriormente.

En la línea de costa, se observan afloramientos de estratos medianos a gruesos de arena fina a mediana; estos sedimentos son ligeramente anteriores a los depósitos de playas ya que aparentemente han tenido más tiempo para que ocurran sobre ellos procesos diagenéticos como compactación y cementación.

De acuerdo con la Caracterización Ambiental Municipal (CAM 2003) en la región son predominantes las estructuras cársticas que se manifiesta en un desarrollo típico del karst que es la planicie de plataforma, escalonada por fallas. En función de las formas cársticas reconocidas y dadas las condiciones de flujos de agua que acontecen en el subsuelo, el área se define como Holokarst debido a que es posible identificar zonas de absorción, aireación, fluctuación estacional, saturación completa, emergencia y circulación profunda.

#### **IV.2.1.2.1 Geología física**

Las costas de Quintana Roo, están sometidas a una dinámica erosiva intensa, soportando un proceso de continuo retroceso, especialmente por la frecuente presencia de tormentas y huracanes característicos de la región. Esta actividad destructiva es contrarrestada por las comunidades biológicas, ya que la línea de costa parece ser estable, y en algunos lugares avanza debido a la contribución de las comunidades coralinas al depósito calcáreo.

A pocos kilómetros al este y noreste, fuera de la costa de Cancún, varias partes de una cordillera sumergida compuesta de calizas de eolinita se extienden hacia el borde marino de una plataforma alrededor de los 9 metros bajo el nivel del mar. Isla Contoy, Isla Mujeres y Cancún son parte remanente de crestas de eolinita depositadas en el borde externo de la terraza de los 9 metros durante una cercana baja del nivel del mar, probablemente durante estadios tempranos de la regresión del Wisconsin.

En cuanto a la topografía submarina, la península de Yucatán es una zona de transición entre un continente y un océano. Las aguas que bañan sus costas corresponden al Mar Caribe y al Golfo de México. El relieve submarino en ambos flancos es totalmente diferente, esto afecta notablemente la circulación oceánica y por lo tanto la distribución de los arrecifes coralinos. La parte principal del Mar Caribe está ocupada por cuencas oceánicas profundas, separadas entre sí por un sistema de crestas casi paralelas.

#### **IV.2.1.3 Suelo**

El suelo es un elemento del medio físico que se encuentra en continua transformación, su desarrollo se debe a la historia geológica que generó la roca madre, al clima, al relieve, orientación, flora y fauna del sitio entre otros factores.

El área de playas de Puerto Juárez y la Zona Hotelera de Cancún, desde Punta Cancún hasta Punta Nizuc, es homogénea constituida por regosol calcárico (Rc).

#### **IV.2.1.4 Hidrología**

Los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres, se localizan en la cuenca de Quintana Roo, perteneciente a la región hidrológica RH32 Yucatán Norte, debido a la conformación geológica y topográfica, las corrientes de agua son subterráneas, y carece de corrientes superficiales. En el territorio son los cenotes, lagunas y aguadas las únicas manifestaciones de agua superficial, los dos últimos tiene su origen en zonas donde se forman llanuras de inundación, que permanecen temporal o permanentemente inundadas.

El mayor cuerpo de agua presente es el Sistema Lagunar Nichupté, que se alimenta de las corrientes subterráneas, la precipitación pluvial y el agua de mar. El sistema se localiza en los paralelos 21° 06' N y 86° 47' W, formado por siete cuerpos de agua que en conjunto abarcan un área de 12 Km., de ancho por 21 Km., de largo.

#### **IV.2.1.5 Oleaje y mareas**

De acuerdo a trabajos realizados por Jiménez 1990, (Instituto de Ingeniería), tiempos de acción de oleaje ordinario se presentan los siguientes datos.

En primavera las alturas mayores alcanzadas por el oleaje fueron de 3.95m, en dirección NE.; en dirección E hasta 6.58m. Dirección SE y S las olas alcanzaron 7.81 y 2.07 m, respectivamente.

En verano las olas variaron de 2.96 m dirección NE, hasta 10.0m en dirección E, pasando por 4.43 al SE y 2.78 dirección sur.

En otoño se presentaron alturas de 4.63 m al NE; 8.17 al sur, 2.37 al SE y al S, 0.86m

Al NE 3.9m, 6m al E, 2.50 al SE y al S 1.2m fueron las alturas máximas alcanzadas por las olas en invierno.

Por otra parte, en condiciones extraordinarias. Encontramos en verano 14 de septiembre de 1988, durante el huracán Gilberto olas de 12.46m en dirección NE. En septiembre del 67, las olas alcanzaron 5.94m dirección SE por el ciclón tropical Beulah y con Allen, dirección NE (agosto de 1980) llegaron olas hasta de 8.87m.

En condiciones de oleaje ordinarias, en la estación de verano, la altura de ola varía en un cierto rango que en general, moldea playas con pendientes más o menos continuas o con

cambios graduales y ocurre sedimentación. En cambio, en la estación invernal la altura de ola se incrementa, lo que provoca una erosión en las playas, depositando por lo general esa arena removida en la zona donde rompen las olas (zona de rompiente), formando una barra longitudinal y paralela a la línea de costa. (Jiménez 1990).

### Mareas.

El régimen de mareas en Cancún corresponde al tipo mixto semidiurno, de baja amplitud. De acuerdo con la tabla de predicción de mareas, se registran los siguientes valores.

Tabla IV.2 Predicción de mareas

Pleamar máxima registrada	0.400 m
Nivel de pleamar media en sicigias	0.232 m
Nivel de pleamar media superior	0.170 m
Nivel medio del mar	0.103 m
Nivel de bajamar media	0.017 m
Nivel de bajamar media inferior	0.000 m
Nivel de bajamar media en sicigias	-0.035 m
Bajamar mínima registrada	-0.148 m

### **IV.2.1.6 Transporte litoral**

Transporte de arena. El transporte de arena total o arrastre playero total tiene relación con el sistema de corrientes próximo a la playa, generado por el oleaje en la zona de aguas poco profundas.

El sistema tiene dos componentes: Una corriente paralela a la línea de costa y dirigida en el sentido del oleaje llamada corriente litoral y una corriente hacia mar adentro y a la playa, llamada corriente de resaca, que llega a una zona mar adentro, formando una acumulación de arena llamada cabeza de la corriente de resaca, para regresar a la playa arrastrada por las olas.

El transporte de arena dentro de la zona de resaca tiene también dos componentes, una corriente paralela a la costa, que sirve a su vez de alimentación a los depósitos que efectúan las corrientes de resaca hacia mar abierto (arrastre litoral) y otra en dirección perpendicular a la costa (transporte on shore-off shore), que lleva los sedimentos hacia tierra y hacia altamar, respectivamente.

Las mediciones en campo y laboratorio han confirmado que el movimiento off shore está caracterizado por un perfil de tormenta con la presencia de una cara de playa erosionada



y una barra longitudinal hacia mar adentro. Mientras que el movimiento on shore está se caracteriza por un perfil de playa "normal" sin ninguna barra. En condiciones extraordinarias como en el caso de un huracán, la sobre-elevación del nivel medio del mar producido por la marea de tormenta y la existencia de varias rompientes antes de llegar la costa modifican el comportamiento antes descrito.

Otro punto a considerar es que la arena quede distribuida en una zona de resaca ampliada por un ciclón, al situarse la zona de rompientes a cientos de metros de la costa y entonces el periodo de recuperación de playa en condiciones ordinarias tardará mucho más tiempo, ya que en dichas condiciones, los depósitos de arena quedarían desplazados a zonas de rompiente lejanas. En este caso es posible que, el transporte long shore tuviera influencia en la recuperación de las playas. Si esto no sucediera, es posible que el movimiento on shore- off shore, en un largo plazo sea el principal mecanismo de la recuperación natural de las playas (Jiménez 1990).

Según con estudios efectuados por CFE, en el año 2000, se observa erosión de las playas en el tramo estudiado (de Punta Cancún a Punta Nizuc), llegando a agudizarse en algunas zonas, en las cuales el oleaje está actuando directamente sobre los muros utilizados como protección, que separan las edificaciones del mar.

En los **Planos** pueden observarse los desplazamientos y cambios de las batimetrías de 1985 y 2000. A partir de aquí se obtiene lo siguiente:

Tabla IV.3 Movimiento de la línea de costa entre 1985 y 2000.

<b>Cadenamiento</b>	<b>Sentido del Corrimiento</b>	<b>Distancia promedio (m)</b>
0+600 a 1+700	Hacia tierra	21
1+700 a 3+600	Hacia tierra	32
3+600 a 6+300	Hacia tierra	15
6+300 a 11+000	Hacia tierra	18
11+000 a 11+900	Hacia tierra	14
11+900 a 12+300	Hacia tierra	0,5

#### IV.2.1.7 Corrientes.

Con relación a la circulación costera, se observa de manera general una corriente paralela a la costa con dirección N-NE a nivel oceánico (20-30 millas de la costa), con velocidades entre 0.5 y 3 m/s. También se presentan corrientes, debidas al choque con los puntos costeros prominentes de la Península de Yucatán, formando con el flujo hacia el norte, giros ovalados en dirección sur, su extensión e intensidad varía con el viento, las mareas, morfología y batimetría costeras, así como por la influencia de la corriente de Yucatán.

Por otro lado, simulaciones realizadas en el municipio de Isla Mujeres, como parte de estudios de oceanografía elaborados por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M, en las corrientes cercanas a la costa generadas por el oleaje, establecen que las velocidades en la zona son del orden de 0.05 m/s. De acuerdo con el análisis del oleaje realizado, se presenta una dominancia de las corrientes en las direcciones noreste, este y sureste, o sea en dirección paralela a la costa. Lo anterior se debe tanto a la influencia de la topografía submarina, como a la dirección del viento dominante.

#### **IV.2.1.8 Perfil de playa**

En octubre del 2004 se realizó un recorrido por la zona de estudio, encontrando se observó que en algunas playas frente a los hoteles han desaparecido o son reducidas. Lo que ocasiona que el oleaje impacte casi directamente en la infraestructura de los hoteles.



Figura IV.1 Vista panorámica de playa frente al hotel Club Med, Punta Nizuc.



Figura IV.2 Estrecho espacio de playa frente al hotel Sunset.



Figura IV.3 Escasa porción de playa, el mar está en contacto con las construcciones



Figura IV.4 Hotel Krystal sin playa, el oleaje impacta directamente en la barda.



Figura IV.5 Hotel Misión, no se observa playa.  
El oleaje llega directamente a la barda del inmueble.



Figura IV.6 Vista general Punta Cancún.





Figura IV.7 Oleaje sobre el paramento de las construcciones en sitios donde la playa ha desaparecido

#### IV.2.1.9 Batimetría

En relación a la batimetría, la pendiente de la plataforma en el norte del estado hacia el mar es de 4 a 15 km entre la línea de costa y la isobata de las 100 brazas. La inclinación gradual de la costa se interrumpe en varios niveles. En el norte del estado, la configuración estrecha de la plataforma continental es controlada por una serie de fallas normales en bloque y el piso marino desciende a profundidades sobre serie de fallas

normales en bloque y el piso marino desciende a profundidades sobre los 400m en espacios menores de 10 km.

## **IV.2.2 Medio biótico**

### **IV.2.2.1 Vegetación**

La vegetación existente en el área de estudio es el resultado de la combinación de condiciones ambientales como son la topografía de dunas costeras, aridez fisiológica por la elevada salinidad ambiental y del suelo, cepillado de las frondas por la brisa marina, todos los cuales determinan el tipo de vegetación de matorral de dunas.

Las comunidades vegetales terrestres de la zona de estudio son: la duna costera, el matorral de duna costera y el manglar. De ellos el área de influencia del proyecto abarca sólo la duna costera.

#### Duna costera.

Existe a lo largo de la línea de costa, cubriendo una franja aproximadamente de 20 m de ancho plantas herbáceas adaptadas a las concentraciones salinas y altas temperaturas. Esta vegetación es halófila, la altura de sus individuos no rebasa el metro, las especies reportadas en el área de estudio son *Bouyeria verticillata*, *Toumefortia gnaphalodes*, *Sophora tomensa*, *Suriana maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Flaveria Linearis*, *Scaevola plumerii*, *Ambrosia hispida*, *Distichlis spicata*, *Cakile lanceolata* e *Ipomoea pesca-prae*. Además existen las gramíneas *Cymbopogon glomeratus*, *Cenchrus echinatus*. y *Dactyloctenium aegyptium*, entre otras.

La vegetación de duna costera, fija los suelos y es la primera barrera con la que se encuentran los huracanes al tocar tierra.

#### Matorral de Duna Costera.

Es el tipo de vegetación más extenso en el área de estudio y se encuentra entre la franja del litoral marino y el litoral lagunar, sobre las terrazas marinas antiguas ahora cubiertas por formaciones arenosas que constituyen el cuerpo de las dunas principales que alcanzan alturas en sus crestas por arriba de los tres metros de altura. Entre estos montículos longitudinales y paralelos a la línea del litoral actual se ubican los arbustos y palmas que forman el matorral de dunas que no rebasan los tres metros de altura con grosores de sus troncos de un promedio de 10 cm. de diámetro.

Este tipo de vegetación está formado por varias asociaciones que se forman alrededor de las siguientes plantas: *Trinax radiata*, *Coccoloba uvifera*, *Crisobalanus icaco*, *Lantana involucrata*, *Pithecellobium guadalupensis*, *Catsetum maculatum*, *Acanthocereus pentagonus*, *Cordia sebestena*, *Exostema caribaeum*, *Cassita americana*. En términos generales es el tipo de vegetación más conservado por ser el más extenso en el área, sin embargo se aprecia un deterioro ya que el esquilmo y la apertura de caminos han abierto claros en la formación, no obstante su readaptación y recuperación es alta en condiciones naturales.

Este tipo de vegetación es común en el área del Caribe y al igual que la duna, desempeñan un importante papel ecológico en la fijación y formación de suelo y constituyen una barrera muy importante en la época de huracanes.

El matorral presenta señales de la devastación causada por los efectos ciclónicos anuales e incluso los vientos reinantes que ejercen un efecto de cepillado continuo de las frondas del matorral impidiéndole crecer a mayor altura.

#### Manglar.

Es el tipo de vegetación que bordea esencialmente a las zonas cercanas a las lagunas costeras de la región. Tiene una altura de hasta 4 m. y hay partes en las que se encuentra deteriorado e incluso sustituidos por plantas introducidas tal como es la *Casuarina equisetifolia forster*. Como en todos los manglares las especies que lo constituyen son cuatro, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicenia germinas* y *Conocarpus erecta*.

El Manglar desempeña un papel ecológico muy importante, el cual esta relacionado con el desove de muchos crustáceos, peces y aves, fijación del suelo en el área.

Esta comunidad no se verá afectada por ninguna de las acciones que serán realizadas en el proyecto de restauración de playas.

#### Vegetación marina.

La vegetación marina bentónica, incluso de los sistemas lagunares está dominada por las fanerógamas, *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, siendo la primera la especie dominante, que cubre prácticamente todo el fondo marino de la zona de estudio y la última la menos abundante, que forman en conjunto manchones de vegetación, los cuales son más abundantes en las zonas profundas.

Adicionalmente, en esta comunidad se presentan de manera irregular las algas de los géneros *Batophora* y *Luarencia* principalmente.

La flora algal de Isla mujeres consta de 235 especies (SEMARNAT 1998). Algas verdes y cafés de los géneros *Halimeda*, *Dictyopteris* y *Dictyota* son dominantes en la zona.

Los arrecifes de Punta Nizuc son los mejor desarrollados de todo el Parque. Pastos marinos principalmente grandes parches de *Thalassia testudinum*, dominan la laguna arrecifal, se encuentran algunas algas cafés y algas verdes, también forman parte de la flora de esta zona.

En el canal de Mujeres entre Isla Mujeres y Punta Sam está un área llamada megarrizaduras. La profundidad es de 5 a 7 m y su superficie total es de 7.4 km.2

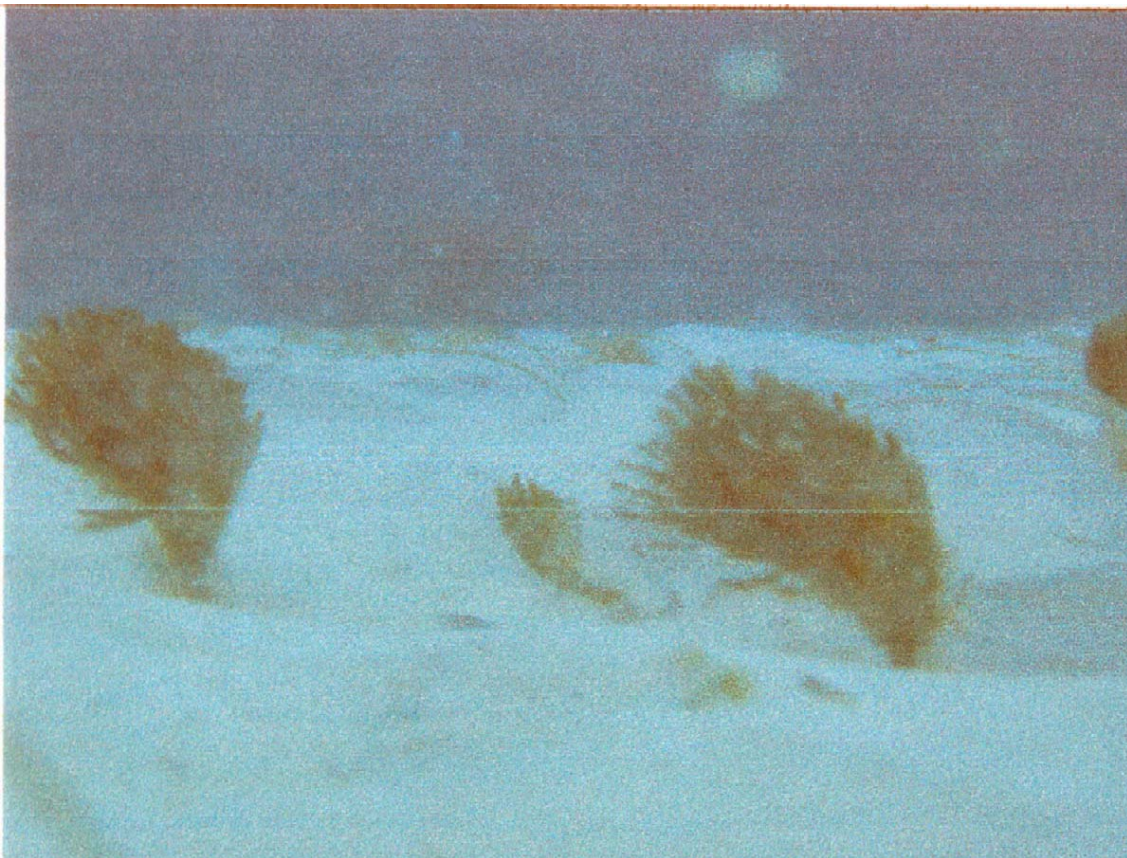


Figura IV.8 Cobertura algal escasa en Megarrizaduras.  
Destaca el género *Halimeda incrassata*.

Desde el aire, la zona de se observa como un amplio arenal con ondas que corren en dirección sureste-noroeste, siguiendo la dirección de la corriente que entra por el Canal de Mujeres. Sobre los arenales se observan eventuales manchas oscuras que evidencian los

cambios de profundidad y tipo de fondo, así como la presencia de manchones de vegetación acuática.

En 1998, de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) realizó estudios de la zona llamada Megarrizaduras y hacia la Punta Norte de Isla Mujeres aproximadamente a 11 km, en la zona denominada La Ollita, con una superficie total de 2.2 km cuadrados y una profundidad entre 24 y 28 m; se muestrearon 24 puntos en Megarrizaduras y 12 en La Ollita.

Los resultados indican que el área de megarrizaduras está cubierta en su mayor parte por dunas móviles de arena, en la base de las cuales se pueden presentar pastos marinos en parches poco densos, camas de algas verdes postradas.

En La Ollita se observó que el bentos es homogéneo, cubierto en su totalidad por arena con espesores que van de los 2 a los 7m. La comunidad vegetal es prácticamente inexistente, no se han registrado observaciones algas o pastos marinos. La nula presencia de flora en el sitio quizá se deba a la escasez de sustrato firme y a la poca penetración de la luz solar, dada la profundidad. Adicionalmente, otro factor que dificulta el establecimiento de flora es su ubicación, hallándose expuesto a las corrientes de tormenta que con frecuencia se presentan en las costas del estado.

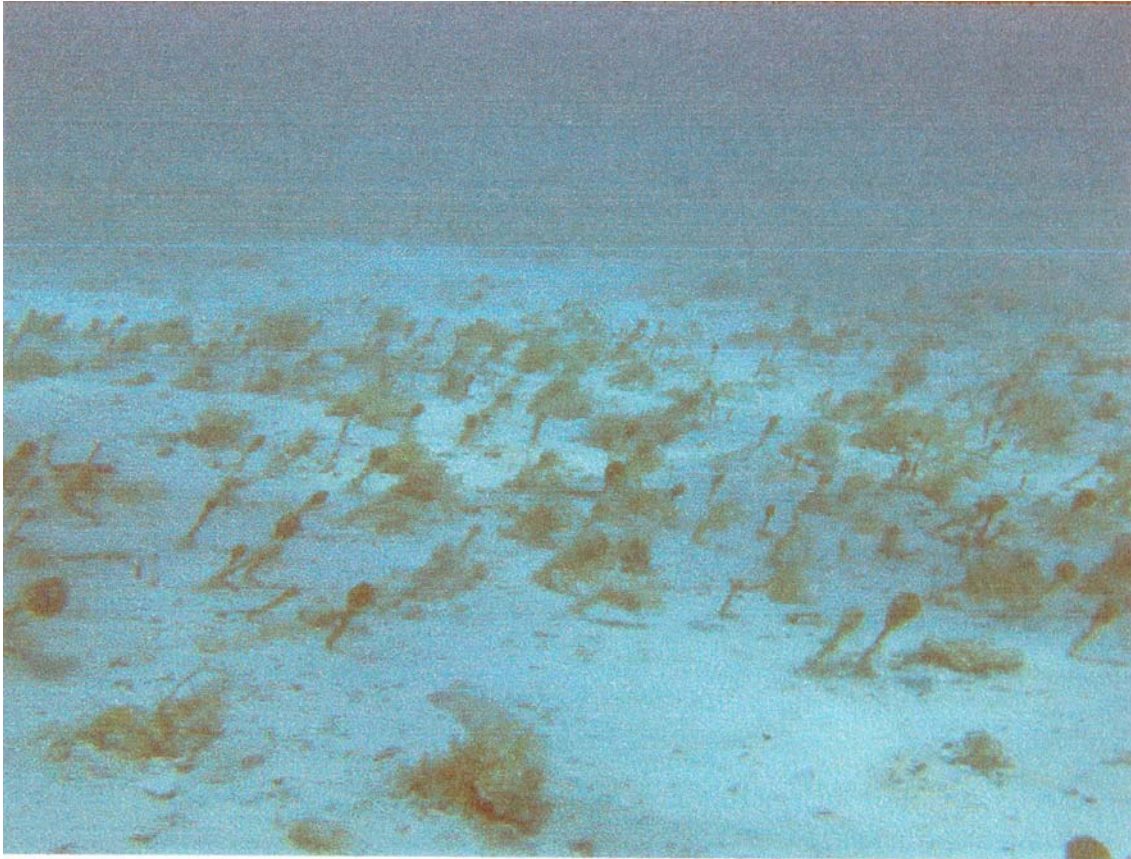


Figura IV.8a Aspecto general del fondo marino en Megarrizaduras, donde se pueden apreciar pequeños manchones de pastos marinos.

Investigaciones realizadas por (Gallegos 1999) sobre dinámica, demografía y aspectos reproductivos de tres especies de pastos marinos (especies dominantes) que se desarrollan en el caribe mexicano, establecen que, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* requieren de un período de maduración sexual, el cual es de poco más de un año y se encontró que tienen una densidad de haces que florecen de 10 a 50 veces más que *Thalassia testudinum*, lo cual incrementa o contribuye a la habilidad de estas especies para colonizar sedimentos sin vegetación, más rápido que otras especies.

Sin embargo, la elevada tasa de crecimiento de *S. filiforme* y *H. wrightii*, implica que estas especies pioneras deben tener grandes requerimientos de nutrientes. En contraste, *Thalassia testudinum* crece más lentamente y vive más tiempo y por lo tanto, debe tener menor requerimiento de nutrientes y mayor capacidad para reciclarlos y almacenarlos.

La densidad de haces que florecen en *Halodule wrightii* fue 5 veces mayor que en *Syringodium filiforme*, la cual tuvo también una tasa de renovación de crecimiento menor. Por lo tanto se propone que *S. filiforme* tiene una posición intermedia en esfuerzo reproductivo, renovación de rizoma y longevidad de sus haces, entre *Halodule wrightii* y *Thalassia testudinum*, por lo que también ocupa una posición intermedia en la secuencia sucesional de los pastos marinos en el Caribe.



Figura IV.9. Acercamiento de las praderas de *Thalassia*.

La profundidad de sedimento en la cual se han encontrado rizomas horizontales vivos, en la laguna costera es entre 5 y 10 cm, de 10 a 40 cm en las praderas arrecifales y más de 70 cm, en las praderas expuestas a mar abierto (Bahía Mujeres). El huracán Gilberto movió grandes cantidades de arena hacia Bahía Mujeres, causó alta mortalidad y cubrió los pastos marinos. Estudios hechos en estas praderas, han arrojado evidencias de que existe relación entre la dinámica de los sedimentos y el crecimiento vertical de *T. testudinum*. Se ha observado que las plantas expuestas a altas tasas de cobertura por sedimentos, presentan un crecimiento internodal más largo, que aquellas donde los sedimentos son más estables. El promedio de la longitud internodal (en los haces verticales) varió entre 0.17 y 12.75 mm. Y fue mayor en las praderas que experimentaron el mayor enterramiento por olas de arena desplazadas por el Huracán Gilberto. La longitud promedio de los internodos mostró diferencias interanuales importantes como resultado

de las perturbaciones derivadas del paso de Gilberto, además se observa un aumento en la intensidad de la floración. Estos resultados son consistentes con otros informes de incremento de intensidad de floración y crecimiento en plantas de dunas (Gallegos 1994).

#### IV.2.2.2 Fauna

La fauna del lugar, ha sufrido un alto impacto, ya que por estar la vegetación en el área de estudio en deterioro, y debido a que muchas especies animales son sensibles a la perturbación de su hábitat, sean éstos acuáticos o terrestres, han inmigrado a otros lugares en mejores condiciones, especialmente los reptiles, anfibios, aves y mamíferos.

En el norte de Quintana Roo, se han reportado 4 familias de aves y 241 especies.

Las especies de la región representan el 46% de las registradas en la península de Yucatán y el 23% de las registradas en todo el país, entre las que se encuentra: zambullidores, pelícanos, cormoranes, anhigas, fragatas, pedretes, garzas, íbises, espátulas, cigüeñas, flamencos, gansos, patos, zopilotes, halcones, chorlos, ostreros, avocetas, jacanas, playeros, falaropos, gaviotas, golondrinas marinas, rayadores, palomas, tórtolas, cucos, lechuzas de campanario, búhos, tapacaminos, vencejos, chupaflores, trogones, martines pescadores, tucanes, carpinteros, trepadores, mosqueros, golondrinas, saltaparedes, zorzales, reinitas, tángaras, cardenales, gorriones, tordos y calandrias.

#### Mamíferos

Se han reportado en la zona norte de Quintana Roo 37 especies de mamíferos. El grupo mejor representado es el de los murciélagos, que cuenta con 10 especies en la zona, que representa aproximadamente el 27% del total de especies de mamíferos. Otras especies observadas son rata silvestre *Oryzomys couesei*, y mapaches *Procyon lotor*.

#### Peces

Con base en entrevistas a los pescadores de la región (Isla Mujeres), publicadas en estudios anteriores, se han reportado las siguientes especies:

Tabla IV.4. Especies de peces más importantes en el área de estudio

PECES MÁS IMPORTANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.		
No.	Especie	Nombre común
1.	<b>Caranx hippos</b>	Jurel
2	<i>Trachinotus goodei</i>	Palometa



3	<i>Lutyanus griseus</i>	Pargo
4	<i>Lutyanus synagris</i>	Rubia
5	<i>Haemulon aureolineatum</i>	Ronco
6	<i>Ch. Netodipterus faber</i>	Spadefish
7	<i>Chaetodon striatus</i>	Pez mariposa con bandas
8	<i>Chaetodon aculeatus</i>	Pez mariposa
9	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Pez ángel gris
10	<i>Holacanthus ciliaris</i>	Pez ángel reina
11	<i>Lachnolaimus maximus</i>	Pez perro
12	<i>Scarus coeruleus</i>	Perico azul

### Reptiles

Los reptiles que han sido reportados en la zona son iguana negra (*Ctenosauro similis*) y los cocodrilos (*Crocodylus moreletti*).

Aunque en el área está reportada la existencia de la especie *Crocodylus moreletti*.

También se ha registrado, especialmente en el municipio de Isla Mujeres, la presencia de nidos de tortugas marinas. Las especies que anidan en las costas del estado de Quintana Roo son la tortuga caguama *Caretta caretta*; la verde *Chelonia mydas*; que son las especies predominantes; la carey *Eretmochelys imbricata* y la laúd *Dermochelys coriacea*.

*Chelonia mydas* anida a lo largo de la costa oeste del Atlántico, desde Brasil hasta el noreste de Estados Unidos. Ésta y *Eretmochelys imbricata* son las más "tropicales de las tortugas marinas y su distribución se limita a los bordes norte y sur de la isoterma de los 20° C. La anidación de *C. mydas* en las costas del Caribe mexicano, llega a tener una densidad de 200-350 organismos en 130 Km. de playa.

*Dermochelys coriacea* sólo anida ocasionalmente en la zona y no existen más estudios al respecto.

La distribución de *Caretta caretta* se centra en los mares cálidos-templados y subtropicales de 16 a 20° C. Las anidaciones más densas de *Caretta caretta* están asociadas a playas con pendientes altas y un cambio gradual en la profundidad del mar. Esto puede ser un factor entre otros, de decisión por parte de las hembras anidadoras al escoger un lugar

apropiado para desovar, es posible que el ancho de playa también sea un factor de decisión. (Golubov 1994).

También a las costas del municipio de Benito Juárez arriban y desovan las cuatro especies de tortugas y como en el caso de Isla Mujeres, la especie que más anidaciones presenta es *Chelonia mydas* mientras que, se han reportado máximo dos nidos por temporada de la especie *Dermochelys coriacea*.

Por la importancia de estos animales, el Gobierno Federal publicó en el Diario Oficial de la Federación, el 31 de mayo de 1990, el decreto que establece la veda total e indefinida para todas las especies de tortugas marinas existentes en aguas de jurisdicción federal. En 1994, la SEDESOL, se encargó junto con los tres niveles de gobierno de programas de protección de las tortugas marinas en el municipio de Benito Juárez, en 1995 la coordinación pasó a la SEMARNAP y desde 1997 la Dirección General de Ecología del Municipio de Benito Juárez y la asociación civil PROTORTUGA, se encarga de la protección de las tortugas, mediante programas de educación, divulgación, protección de crías y hembras y monitoreo de su arribo.

La principal especie de valor comercial, en el área de influencia del estudio es el cocodrilo de pantano, el cual debido a la sobreexplotación de que ha sido objeto, actualmente se encuentra catalogado como especie amenazada, por lo cual su caza o captura se encuentra prohibida.

En la zona ya no existen especies de interés cinegético.

La fauna de los corales escleractinios hermatípicos del Atlántico tropical occidental se distribuyen a lo largo de 250,000 km<sup>2</sup> de arrecifes, entre latitudes 27° 30' N y 11° 30' W, que corresponden a la provincia caribeña: costas de Florida, costas orientales de México, Centroamérica, las Antillas y Bahamas.

La composición faunística en la región del Caribe, es relativamente homogénea y no presenta marcadas diferencias regionales, ni condiciones endémicas en las poblaciones coralinas.

Los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano se localizan al noroeste de la Región Zoogeográfica del Caribe. Forman parte del litoral que se extiende por la costa oriental de la península de Yucatán hasta Centroamérica. En México se ubican en la costa del estado de Quintana Roo y constituyen la parte norte del Gran Arrecife Mesoamericano.

Este arrecife forma parte de una barrera con más de 350 Km. de franja costera, pero se consideran de tipo bordeante (SEMARNAT 1998). Presenta tres variaciones: a) canal bien definido entre la costa y la cresta arrecifal, b) con un canal incipiente y c) sin canal. Del litoral hacia mar abierto, sobre el eje morfológico, presentan tres zonas estructurales; 1) la Laguna Arrecifal, que se forma sobre el canal; 2) la Cresta Arrecifal, que es la parte más

somera del arrecife y 3) el Arrecife Frontal, que es la parte más profunda y se forma en barlovento.

Los polígonos que forman el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc se localizan en el área norte del litoral quintanarroense. El polígono de Punta Nizuc corresponde exactamente al límite septentrional de los arrecifes bordeantes que se desarrollan en la costa oriental de la península de Yucatán. Los otros dos se ubican en la entrada sureste de la Bahía de Mujeres, delimitada precisamente por Punta Cancún y Punta Sur de Isla Mujeres.

De Punta Fátima (20° 30.000 N) hasta Punta Nizuc (21° 02.500 N), los arrecifes son de tipo bordeante, con un canal bien definido o sin canal. A lo largo de toda el área el Arrecife Frontal se desarrolla en parches, y cuando está presente se encuentran macizos y canales incipientes dominados por colonias de corales gorgonáceos. La Cresta Arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural debido a los numerosos crecimientos masivos de corales escleractinios. Cuando la plataforma es extensa, se caracteriza por presentar varios canales de marea que forman interrupciones en la Rompiente Arrecifal.

En estudios realizados por la SEMARNAT (1988), se encontró que en el polígono Costa Occidental de Isla Mujeres, hay poca cobertura rocosa y un limitado desarrollo arrecifal. Los sitios de estudio asociados a actividades turísticas, presentan algo grado de perturbación, por lo que es pobre la abundancia de especies.

Destacan en la zona los corales gorgonáceos *Eunicea* y *Pseudoplexaura porosa*. Las especies dominantes de corales blandos son *Muriceopsis fluida*, *Eunicea mammosa* y algunas del género *Pterogorgia*. Entre los escleractinios; destaca *Acropora palmata*. Otros corales son *Siderastrea siderea*, *Diploria cilvosa*, *Favia fragum* y *Porites asteroides*.

La fauna encontrada en el Canal de Mujeres, particularmente en la zona de Megarrizaduras, en recientes exploraciones se observan algunas colonias de corales duros *Manicina areolata* y *Siderastrea radians*. Otros invertebrados como estrellas de mar *Oreaster reticulata* están presentes; es probable que parte de la fauna béntica de la región esté compuesta también por caracol rosado *Strombus gigas* y Caracol King Kong *Cassis sp.*

La comunidad íctica es escasa pero presente, particularmente con géneros como *Acanthurus*, *Scarus* y *Sparisoma*.

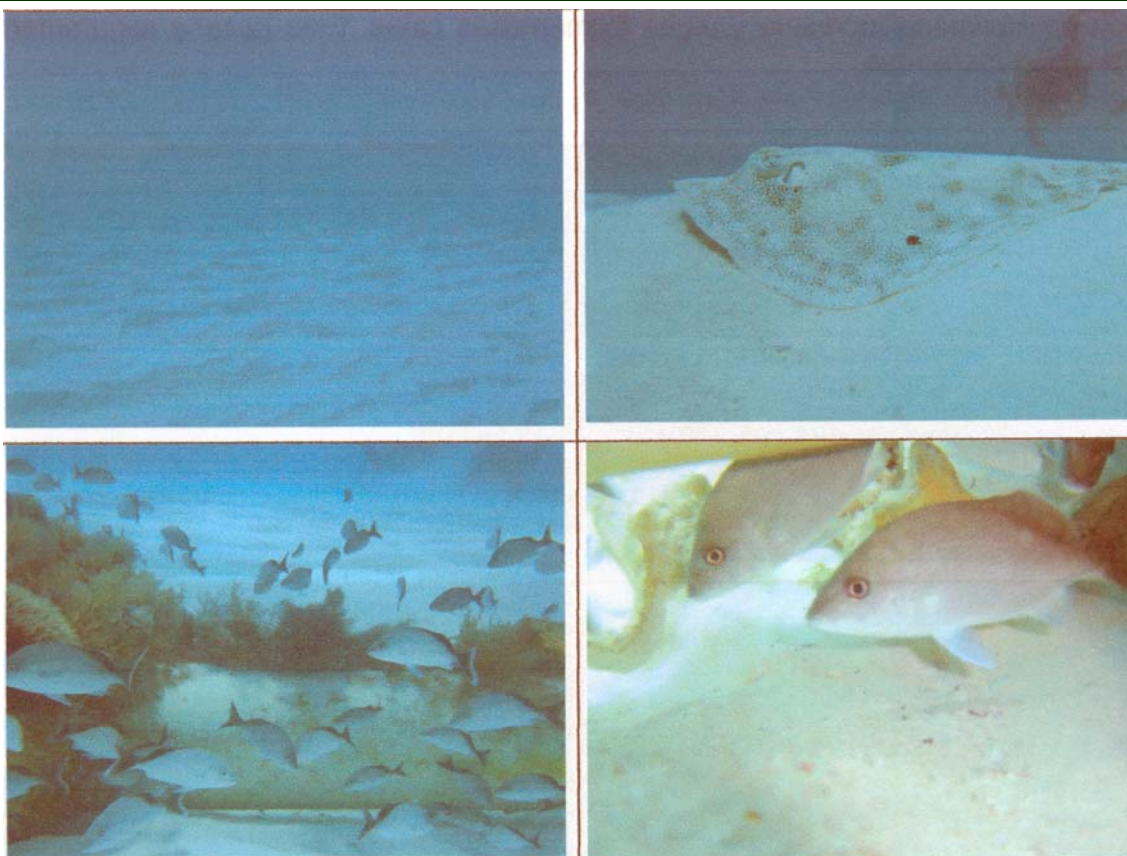


Figura IV.10. Vista general de Megarrizaduras, donde se observa algunas especies.

En cuanto a la fauna, observada en la zona de “La Ollita”, al norte de Isla Mujeres, es escasa, se encontraron poblaciones de galletas de mar del género *Mellita*, las cuales permanecen enterradas bajo la arena.

Además se presentan montículos de arena construidas por gusanos poliquetos arenícolas. Se estima que estos organismos se desarrollan entre 5 y 10 cm. bajo la arena.

Respecto a Punta Cancún, la comunidad bentónica dominante está representada por el coral *Acropora palmata*, gorgonáceos y microalgas cafés. Destacan esponjas tubulares e incrustantes como *Cliona delitrix*, *C. langae* y *Anthosigmella varians*, el hidrocoral pétreo *Millepora alcicornis*. Es importante mencionar que una gran proporción de los gorgonáceos y la mayoría de las colonias de escleractinios presentan mortalidad parcial, principalmente por sobrecrecimiento de algas y algunas esponjas. Es un área totalmente perturbada, con poca abundancia relativa de peces arrecifales herbívoros y pocos erizos.

En el polígono de Punta Nizuc, cuyo estado de conservación es el mejor de Parque, escleractinios y gorgonáceos, principalmente, cubren el arrecife posterior, destaca el coral *Montastrea annularis*. En la rompiente arrecifal domina *Acropora palmata*, también algunos gorgonáceos se aprecian. Entre los gorgonáceos de la zona de transición barlovento destacan *P. americana*, *M. flavida* y *P. flexuosa*. *Xenotospongia muta* es de las esponjas dominantes del frontal exterior. También se encontrados 218 especies de organismos en la zona, resultando 64 especies de poliquetos, 46 de moluscos y 36 de crustáceos, entre los grupos de mayor riqueza de especies.



Los corales son invertebrados marinos pertenecientes a la clase Antozooa que incluye a las anémonas y los corales duros y blandos. Actúan como formadores de arrecifes, siendo capaces de transformar el medio y crear condiciones apropiadas para el desarrollo de la comunidad coralina. Son muy ricos en especies y también estables, lo que ha permitido la formación de arrecifes que llegan a crear cordilleras submarinas.

Figura IV. 11 Corales de la familia Acroporidae



Se reproducen sexual y asexualmente. Su primera etapa de vida es planctónica, ya que producen larvas nadadoras que posteriormente se fijan en el fondo donde vivirán el resto de su vida en forma de pólipo. Ya arraigado, el pólipo comienza a producir una placa de carbonato de calcio por debajo y alrededor de su cuerpo, al tiempo que va formando nuevos pólipos, así se construye una nueva colonia. El crecimiento de una colonia de coral obedece al constante incremento en el número de pólipos que la constituyen y no por el aumento de su talla, al nacer son iguales que en la etapa adulta. Estos procesos de crecimiento repetidos indefinidamente forman colonias que llegan a medir varios metros de diámetro.

Para su crecimiento y desarrollo óptimos los corales requieren de condiciones particulares como la temperatura del agua 25° a 30°, iluminación solar, ausencia o baja concentración

de sedimentos suspendidos y aguas bajas. El pólipo de coral tiene una mucosa protectora que atrapa cualquier partícula, pero cuando el sedimento es abundante se acumula en la superficie del coral afectando sus funciones biológicas. Si esta carga se torna excesiva, el coral queda sepultado y muere por asfixia. Un factor que evita la acumulación de sedimento, es el movimiento circundante que ayuda a eliminarlo, a la vez que mueve multitud de organismos plantónicos flotadores que son fuente importante de alimento y nutrientes para los corales.

Un arrecife se forma principalmente por corales duros o escleractinios que constituyen estructuras masivas donde habitan multitud de organismos. Su estructura sólida les permite resistir el oleaje y formar barreras duraderas.

El material de relleno y consolidación aportado por los sedimentos de origen biológico es muy grande en el arrecife, además del coral, algas calcáreas y foraminíferos, erizos, estrellas de mar, esponjas, moluscos, langostas y peces, contribuyen a la conformación del esqueleto de carbonato de calcio.

La mayoría de los organismos que viven en el arrecife, poseen estructuras de materiales duros y al morir, mediante abrasión y erosión se convierten en partículas de arena, que constituyen entre el 60 y 70% de sedimentos en el arrecife.

La misma acción de los arrecifes al socavar y romper las rocas generan sedimentos.

Así pues, la formación de un arrecife es un proceso de crecimiento, erosión y mitificación submarina de los organismos que habitan en el ecosistema.

#### Importancia ecológica y socioeconómica de los arrecifes coralinos.

Los arrecifes desempeñan importante papel ecológico para la comunidad que habitan, ya que modifican las condiciones de la costa, permitiendo la colonización de diversos organismos, a través de construcción de grandes estructuras calcáreas que favorecen la colonización de numerosos nichos ecológicos.

La estabilización del arrecife permite la formación de cordilleras submarinas de varios metros de altura y espesor, que influyen en la dinámica costera atenuando la acción de los huracanes en las playas.

La “infraestructura” natural de los arrecifes coralinos ofrece condiciones muy favorables para turismo, actividades recreativas y comercio.

Cancún es un ejemplo de complejo turístico que depende del desarrollo arrecifal. Los arrecifes determinan la sedimentación de las playas, su formación y estabilidad así como la calidad de la arena y éstas la tonalidad de sus aguas, lo que constituye su principal atractivo.

Por otra parte, el arrecife y la comunidad coralina, son un recurso natural que se explota en diversas formas:

- Pesca de especies de valor comercial como langosta, cangrejo, caracol, entre otros.
- Extracción de conchas de colección que adquieren alto valor en el mercado.
- El coral es de alto valor comercial, como base para la joyería.
- Como fuentes de prostaglandinas, usadas para regular la presión sanguínea y como tratamientos auxiliares de algunos tipos de cáncer.

#### Recuperación coralina después de una perturbación.

La recuperación de una comunidad coralina después de una perturbación mayor se ha definido como "el retorno a atributos estructurales y funcionales comparables a los que presentaba antes de una perturbación. Una perturbación se define como un evento discreto, capaz de destruir y/o modificar la estructura de un ecosistema, comunidad o población, y modificar los recursos y/o el ambiente físico. En el caso de los corales escleractinios, la recuperación después de perturbaciones mayores puede ocurrir por el reclutamiento de larvas (reproducción sexual) y por la regeneración de colonias de coral individuales y/o fragmentos generados por la perturbación (reproducción asexual).

Estudios en el arrecife de puerto Morelos (1979) registraron que el coral *A. palmata* era la especie dominante en la zona posterior y co-dominante en la zona de rompiente, con cobertura de 31.68 y 14.46% respectivamente.

El huracán Allen, que pasó en 1980 a casi 150 Km. del arrecife de Puerto Morelos, provocó la fractura de algunas ramas de *A. palmata*, aunque pocas colonias fueron desprendidas y, aparentemente, el efecto fue mínimo.

Observaciones realizadas aproximadamente dos meses después del huracán Gilberto y la tormenta tropical Keith (1988), afectaron el arrecife de Puerto Morelos indicaron que la biota coralina de la zona de rompiente fue devastada por las tormentas, muchas de las colonias se desprendieron y rompieron.

Por otro lado, más del 60% de la población de Puerto Morelos depende económicamente del arrecife. Entre los principales usuarios están los prestadores de servicios turísticos náuticos y los pescadores.

La drástica disminución en la cobertura se produjo principalmente por la elevada mortalidad de tejido, ya que el número de colonias registradas, tanto en la zona posterior como en la zona de rompiente, fue similar antes y después de las perturbaciones.

A pesar de la gran cantidad de tejido que se perdió *A. palmata* es capaz de recuperarse de eventos catastróficos mayores. El incremento en su valor de importancia relativa, en las tres zonas arrecifales a sólo cinco años del huracán más intenso registrado en el siglo XX en el hemisferio tropical Oeste, es extremadamente importante.

La recuperación se refleja en un incremento de la cobertura de la especie, su densidad y tamaño de colonias en el periodo comprendido entre 1989 y 1993, sugiriendo que tiene el potencial de recuperarse aún después de perturbaciones catastróficas.

#### Áreas Naturales Protegidas.

En un Decreto Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de julio de 1996, se declaró como Parque Nacional "Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc".

#### Competencia por el aprovechamiento de recursos naturales

Los estudios que sirvieron de base para el ordenamiento del corredor Cancún–Tulum decretado el 9 de julio de 1994, se enfocaron a la caracterización ecológica de la zona, a la determinación de la capacidad de carga de los acuíferos, de los arrecifes coralinos y al establecimiento de áreas de aprovechamiento y conservación dentro del corredor, lo que dio por resultado la identificación de 48 unidades de gestión ambiental. A dichas unidades les fueron aplicadas políticas ecológicas y paralelamente se fijaron los marcos de referencia para la viabilidad del desarrollo urbano y turístico de la zona. Se encuentra vigente, y a partir de octubre de 1997 la Comisión Técnica compuesta por mas de 100 elementos, ha llevado a cabo sesiones de trabajo para la actualización del ordenamiento.

Con el 21% de la superficie del estado de Quintana Roo bajo algún esquema de protección ecológica, se demuestra un avance substancial en el tránsito al desarrollo sustentable.

Las áreas naturales protegidas en el estado constituyen el instrumento jurídico y operativo más importante para asegurar tanto la conservación ecológica de los recursos naturales, así como un mecanismo regulador de la actividad humana. Así mismo se están empleando y desarrollando nuevos modelos de administración de áreas naturales protegidas. Estas áreas son una parte de la estrategia de conservación y aprovechamiento sostenido de los recursos naturales. Como tal, están destinadas a proteger porciones de diversa extensión territorial, en las cuales se encuentran especies ambientales o condiciones culturales que se consideran de extraordinario valor.

Tabla IV.5. Áreas naturales protegidas de control federal

Área	Categoría	Fecha de decreto
SIAN-KA'AN	Reserva de la biosfera	20 enero 1986
BANCO CHINCHORRO	Reserva de la biosfera	19 julio 1996



ARRECIFES DE SIAN-KA'AN	Reserva de la biosfera	1 marzo 1998
LAGUNA DE CHANCANAB	Áreas de protección de flora y fauna	26 septiembre 1983
SAN FELIPE BACALAR	Área de protección de flora y fauna	26 septiembre 1988
YUMBALAM	Área de protección de flora y fauna	6 junio 1994
UAYMIL	Área de protección de flora y fauna	22 septiembre 1994
PARQUE KABAH	Área de protección de flora y fauna	25 octubre 1995
LAGUNA DE COLOMBIA	Área de protección de flora y fauna	15 julio 1996
SANTUARIO DE LA TORTUGA MARINA XCACEL-XCACELITO	Área de protección de flora y fauna	24 octubre 1996
SANTUARIO DEL MANATÍ	Área de protección de flora y fauna	24 octubre 1996
LAGUNA MANATÍ	Área de protección de flora y fauna	9 agosto 1999
CHACMOCHUC	Área de protección de flora y fauna	9 agosto 99
TULUM	Parque Nacional	30 abril 1981
ARRECIFES DE COZUMEL	Parque Nacional	19 julio 1996
COSTA OCCIDENTAL. ISLA MUJERES, PUNTA CANCÚN Y PUNTA NIZUC	Parque Nacional	19 julio 1996
ARRECIFES DE PUERTO MORELOS	Parque Nacional	2 febrero 1998
ISLA CONTOY	Parque Nacional	2 febrero 1998

### IV.2.3 Aspectos socio-económicos

#### Población

La evolución histórica de la población media del municipio de Isla Mujeres y del de Benito Juárez, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.6 Evolución histórica de la población media de los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez en número de habitantes

MUNICIPIO	1980	1990	1995
ISLA MUJERES	4,731	10,666	8,750
BENITO JUAREZ	37,190	176,765	311,696

Es indudable que por sus características propias, la ciudad de Cancún ha tenido un crecimiento poblacional bastante acelerado, el cual inicia partir de la década de los setentas, cuando aún pertenecía al Municipio de Cozumel. Para 1990 la es de 176,765 distribuida por sexos del siguiente modo: 92 641 hombres y 84 124 mujeres. Como es fácil imaginar la población del municipio se concentra en la ciudad de Cancún en donde le corresponde un 94.9% de la población total del municipio.

- Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento del municipio de Benito Juárez ha sobrepasado a la estatal en los últimos 25 años, no obstante su tendencia es a desacelerar su ritmo de crecimiento, pasando de 17.30% en el período 80-90 a 10.63% en 90-95.

Tabla IV.7 Crecimiento poblacional de los municipios de Isla Mujeres comparativamente con el de Benito Juárez, en número de habitantes.

MUNICIPIO	80-90 (%)	90-95 (%)
ISLA MUJERES	8.68	-3.46
BENITO JUAREZ	17.30	10.63

#### Pirámide de edades (por grupo de edad y sexo)

La estructura de la población por edad en el municipio de Isla Mujeres es una pirámide. Los datos de edades para 1n 1998, muestran que en la base de la pirámide, se encuentra el 63.5% de la población total representada por personas entre 15 y 65 años, el subgrupo de 20-24 representa el 12.8% del total. ; 34.2 % corresponde a la población de 0 a 14 años, y en la cima de la pirámide está el grupo de 66 años en adelante.

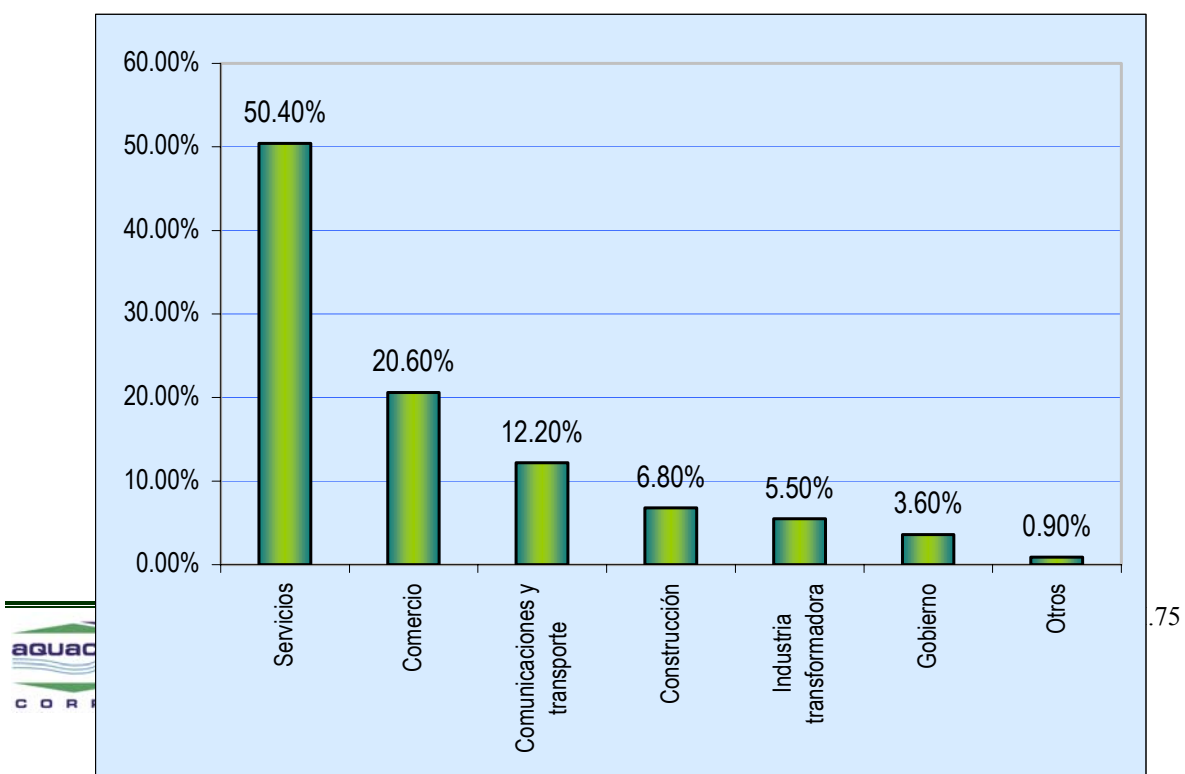
De 1980 a 1995, los menores de 15 años experimentaron una disminución porcentual mientras la población entre 15 y 64 años, aumentó de 58% a 63% y los mayores de 64 tuvieron un incremento porcentual en la participación de su grupo.

### Población económicamente activa

La población económicamente activa del municipio de Isla Mujeres, esta representada por un grupo de 4,092 personas de las cuales 4,034 desarrollan alguna ocupación (3,135 hombres y 899 mujeres). En el período de 1980-1990 la PEA de la región Isla Mujeres creció 4.2 veces al aumentar con una tasa del 16.1% e incrementarse en 5,415 trabajadores anuales, para pasar de 16,988 trabajadores en 1980 a 71,138 en 1990 (INEGI, X y XI Censos Generales de Población, 1980,1990).

La población económicamente activa en Benito Juárez es de 180,961 habitantes, lo que representa actualmente el 43.1% de la población total.

Figura IV.12 Principales actividades en el área urbana de Cancún, durante el último trimestre del 2001 (porcentajes)



### Grupos étnicos (del sitio y sus alrededores)

En ambos municipios predominancia de descendientes del grupo Maya-Yucateco, los cuales forman parte de una cultura milenaria, llena de tradiciones y leyendas. Cuentan con su propio idioma y en cual es transmitido de generación en generación, por lo que es frecuente que los nativos de la región hablen dos idiomas (maya y castellano). La mayoría de los descendientes de este grupo étnico, mantiene el uso de su vestimenta tradicional, sobre todo en las fiestas y celebraciones.

El fenómeno migratorio se ha dado por la búsqueda de empleo, por lo que en la zona es notoria la presencia de inmigrantes provenientes principalmente de los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz, Campeche y Distrito Federal. Además, en algunas poblaciones como Alfredo V. Bonfil, la gran mayoría de sus habitantes son originarios de una misma región, existiendo en este caso una predominancia ciudadanos provenientes de la comarca Lagunera, donde se incluyen parte de los estados de Durango, Coahuila.

### Movimiento migratorio (emigración e inmigración)

Como se ha mencionado, en la zona existe un fuerte movimiento migratorio, el cual esta relacionado con la vocación turística de la región. Los inmigrantes integran un grupo de la población bien definido y fácilmente reconocible algunos de ellos son los siguientes:

En primer termino se tiene un grupo de migrantes permanece en la zona durante la llamada temporada alta, misma que corresponde a los meses de noviembre a marzo. Durante este período es cuando la mayoría de los turistas son provenientes del extranjero (principalmente de Europa) hacen su arribo a la región. Una vez que concluye el período invernal y las actividades turísticas se ven diezmadas por la escasa demanda, este componente de la población regresa a sus comunidades, o bien, se desplazan a otros centros turísticos, generalmente en donde se da más atención al turismo nacional.

El segundo grupo de migrantes se integra de trabajadores en sus distintos niveles, los cuales son provenientes de los estados vecinos (Yucatán, Campeche y Chiapas), los cuales radican en la zona de lunes a sábado y religiosamente retornan a sus comunidades los domingos. Estos trabajadores en su gran mayoría viven en campamentos establecidos por los propios

constructores de Desarrollo Turísticos, y en pocos casos, varios conocidos se juntan y rentan alguna propiedad, en donde se comparten muchos de los enseres domésticos. Este tipo de personal generalmente permanece en sus comunidades cuando simplemente no quiere trabajar, sabedor de que encontrará empleo en el momento que lo requiera.

Por otra parte, cada día es más frecuente que turistas permanezcan en la zona por temporadas largas. Estos se establecen en hoteles de una o dos estrellas, o bien, rentan cuartos a precios muy bajos. Además de que generalmente viajan en camiones de segunda clase. Desde luego que para la economía de la región, este tipo de turista no es redituable, razón por la cual se les incluye como migrantes aunque sea de manera temporal.

En cuanto a los movimientos de emigración se puede decir que casi no existen en la región, ya que se presenta toda una gamma de facilidades para satisfacer casi todas las necesidades de la población, en comparación con el resto de las ciudades de la República y del Estado, como son: fuentes de empleo, vivienda, centros educativos, centros comerciales, transporte, etc.

### Empleo

El empleo en la zona norte de Quintana Roo esta relacionado con la población económicamente activa, por ello, los datos referentes municipio de Isla Mujeres (Tabla 3.57), y la distribución de la población ocupada por sexo y sector de actividad (Figura 3.14), permiten apreciar que el nivel de empleo laboral en el municipio es muy elevado.

La mayor parte de la población económicamente activa percibiendo ingresos superiores al salario mínimo, siendo las actividades relacionadas al turismo las que absorben a la mayor parte de la población, como son los hoteles y restaurantes, el comercio, los servicios de mantenimiento y construcción, y el transporte.

Basado en el desarrollo turístico, entre los años 1980-1990, el empleo y por ende la PEA de la región Isla Mujeres aumentó 4.2 veces al crecer con una tasa de 16,988 trabajadores en 1980 a 71,138 en 1990. El crecimiento referido se fundamentó en los empleos directos generados por la industria hotelera, (ya que pasaron de 4,178 a 17,990 (25.3% de la PEA), creando 0.68 empleos indirectos en el sector secundario y 2.18 en el terciario, para un total de 2.86 empleos indirectos en otras ramas de la economía, que representan 51,457 trabajadores. Al respecto, es de señalar las altas tasas de crecimiento promedio anual de los trabajadores de la construcción (19.5%) y de la industria manufacturera (13.8%), cercanas a la tasa del sector servicios (15.6%).

## Índice de pobreza

Este concepto se precisa en la Tabla que se presenta a continuación:

Tabla IV.8 Indicadores de pobreza de Quintana Roo

Municipio	Índice de pobreza	Población en situación de pobreza	% de la Población
Benito Juárez	0.85	33 558	10.77
Cozumel	0.56	3 383	6.99
Felipe Carrillo Puerto	1.66	11 719	20.93
Isla Mujeres	0.40	437	5.0
J. M. Morelos	1.67	6 238	21.07
L. Cárdenas	1.48	3 411	18.63
O. Blanco	0.92	23 363	11.56
Solidaridad	1.72	6 221	21.64
Quintana Roo	1.00	88 330	12.56

## Servicios públicos

### Municipio Isla Mujeres

Los servicios públicos municipales se concentran básicamente en la porción insular de Isla Mujeres. El sistema de agua potable cuenta con 1,971 tomas domiciliarias, una planta de tratamiento de aguas residuales y cuatro tiraderos de basura. Se cuenta también con un parque recreativo, seis centros deportivos, seis parques infantiles y un cine, todos estos servicios, como ya se indicó.

Mención especial merece el relleno sanitario localizado en el Km 6+600 del camino a Rancho Viejo, y que constituye el único equipamiento existente en la zona continental. El relleno está destinado a la disposición final de la basura de la Ciudad de Cancún. Cuenta con una superficie de 20 ha que se ocuparán en dos etapas.

En 1996 el municipio contaba con una agencia del ministerio público y una prisión municipal con capacidad para 10 personas.

Municipio de Benito Juárez

Existe el tendido eléctrico que abastece tanto a la ciudad de Cancún, como a la zona turística; en este último caso el tendido es subterráneo. Por otra parte, en muchos de los casos los grandes hoteles cuentan con sus propias subestaciones que les permite operar apropiadamente y no carecer de abastecimiento de energía eléctrica.

La ciudad de Cancún cuenta con una red de distribución de agua, bajo la supervisión de AguaKan, S.A. de C.V., la cual se extrae de pozos profundos distribuidos al sur o oriente de la ciudad.

Tabla IV.9 Calidad del agua en la zona norte de Cancún

Parámetros	Unidad	Antigua	Nuevos horizontes	Aeropuerto	Isla Mujeres
Temperatura	°C	26	26	26	26
pH	Unidad	7.1	6.75	7.3	7.3
Conductividad	Umhos/cm	1515	1467	1263	1569
Dureza total	Mg/l	283.034	392,66	428.583	398.00
Cloruros	Mg/l	267.68	234.25	178.45	235.00
Sodio	Mg/l	232	201	152	200
Turbiedad	U.T.	0.35	0.2	0.69	0.45
Nitritos	mg/l	0.01649	0.01578	0.01578	0.0121
Sólidos disueltos	mg/l	842	978	888	856
Dureza cálcica	mg/l	207.29	255.12	320.9	210.25
Fluoruro	mg/l	0.626	0.736	0.726	0.626
Sulfatos	mg/l	55.41	55.48	37.29	55.41
Nitratos	mg/l	1.1702	1.2391	0.5674	1.1702
Hierro	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cobre	mg/l	0.1	0.23	0.05	0.08
Cromo	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Manganeso	mg/l	<0.05	0.23	<0.05	<0.05
Aluminio	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

### Recolección de basura.

El Ayuntamiento del municipio Benito Juárez, ofrece el servicio de recolección de basura a toda la zona turística. De manera adicional, muchas de las empresas hoteleras establecidas en esta área cuentan con sus propias unidades para el traslado de los residuos o basura al relleno sanitario municipal. Por otra parte, el relleno sanitario de Cancún se localiza a aproximadamente a unos 20 km. al noroeste del área del predio, sobre una terracería que conduce a la localidad denominada Rancho Viejo.

### Energéticos

Sin embargo, en la ciudad de Cancún están establecidas varias Estaciones de Servicio Pemex, que abastecen de manera eficiente a todos los usuarios.

### Medios de transporte y comunicación

El transporte urbano a Isla Mujeres, es proporcionado por el servicio público Cancún-Puerto Juárez-Punta Sam a lo largo de la carretera federal 180, terminando su recorrido hasta los límites municipales en la estación del transbordador a Isla Mujeres, en Punta Sam. Su frecuencia es de 30 minutos en el horario de 5:00 A.M. a 21:00 P.M.

Asimismo, se cuenta con el servicio de taxis que siguen la misma ruta de los camiones, existiendo un sitio de taxis en el muelle de Puerto Juárez. En el Camino a Rancho Viejo sólo se cuenta con el esporádico servicio de taxis.

Entre Punta Sam e Isla Mujeres se cuenta con el servicio de transbordador consistente en dos ferries con capacidad para 300 personas y 30 vehículos, que realizan siete viajes al día.

El aeródromo municipal, la oficina telegráfica, la central telefónica y la administración de correos, se localizan también en la parte insular del Municipio de Isla Mujeres.

En el municipio Benito Juárez se cuenta con la red de carreteras que se muestra en la siguiente tabla

Tabla VI.10 Longitud de la red carretera por clase según superficie de rodamiento (km)

Superficie de rodamiento	Principal a/	Secundaria b/ Camino vecinal	Rural
Pavimentada	149	102	81



Revestida	149	25	
Terracería		77	81

a/ También es conocida como carretera troncal o primaria. Comprende caminos federales en servicio y directos o de cuota.

b/ Comprende camino de dos, cuatro o más carriles.

Fuente: SCT. Delegación en el Estado. Subdirección técnica.

Por otra parte, se debe hacer mención que actualmente se cuenta con una autopista de cobro, la cual comunica a la ciudad de Cancún con Mérida, capital del estado de Yucatán. En el municipio Benito Juárez, también se cuenta con los medios de comunicación que se anotan en la Tabla 3.59.

Tabla IV. 11 Oficinas de correos y la red telegráfica según tipo, en el municipio Benito Juárez

TIPO DE OFICINA	CANTIDAD
Correos	5
Administración	5
Telégrafos	4
Telegráficas	4

En lo que respecta a las Estaciones de radio y televisión, se cuenta con dos estaciones de radio de Frecuencia modulada y tres en amplitud modulada.

### Transporte aéreo

Cancún cuenta con un Aeropuerto Internacional, De acuerdo a los reportes de la SCT, se menciona que éste da servicio a vuelos nacionales e internacionales. Durante el año de 1992 se tuvo el siguiente movimiento: Vuelos nacionales llegaron 10,000, salieron 10,000; vuelos internacionales, llegaron 13,000, salieron 13,000. En el caso de pasajeros el comportamiento fue: Nacionales, llegaron 589,000 y salieron 591,000; internacionales, llegaron 850,000 y salieron 832,000. En cuanto a servicio de carga reportada por la SCT, a través de la Delegación en el Estado de Quintana Roo, se tiene que arribó como: Carga nacional 3,167 ton. y salieron 1,069; como carga internacional llegaron 1,519 ton. y salieron 1,147 ton.

La Ciudad de Cancún esta comunicada por autobuses foráneos a las principales ciudades del país. Así mismo cuenta con un aeropuerto internacional que recibe vuelos nacionales e internacionales de todas partes del mundo.

## Educación

### Centros educativos

En 1996 el Municipio de Isla Mujeres contaba con 4 escuelas de nivel preescolar con 452 alumnos inscritos; cuatro de nivel primario con 1,320 alumnos, una escuela secundaria con 439 alumnos.

Equipadas con 69 aulas, dos bibliotecas, 4 laboratorios y 4 talleres, además de aulas, cooperativas, bodegas, sanitarios, intendencias y canchas deportivas.

En el Municipio hay dos instituciones de bachillerato con capacitación para el trabajo con 229 alumnos.

Por su cercanía a Cancún, el Municipio de Isla Mujeres puede contar con los servicios educativos de esta Ciudad en la que se encuentra un mayor número de centros escolares de todos los niveles, entre los que se incluyen los de nivel profesional.

Para el municipio Benito Juárez, de acuerdo a reportes del año de 1993, que fueron emitidos por el Departamento de Estadística, de la Dirección de Planeación, dependiente de los Servicios Coordinados de Educación, del Gobierno del Estado de Quintana Roo; existen en el Municipio diversos planteles educativos (Tabla 3.62), incluyendo tanto privados como públicos.

Tabla VI.12 Planteles educativos en el municipio de Benito Juárez

Nivel	Planteles
Elemental Preescolar	50
Elemental Primaria	107
Elemental Terminal Capacitación para el trabajo	12
Medio. Ciclo Básico (incluye general, técnica, para trabajadores y telesecundaria)	23

Medio Terminal Técnico	2
Medio. Ciclo Superior Bachillerato (incluye general, de dos años, industrial y de servicios y agropecuarios)	4
Superior	2

El total de alumnos inscritos de acuerdo al mismo reporte, ascendió a 55,496, y el total de personal docente fue de 1,887 profesores; en los dos casos se incluyen todos los niveles.

- Salud

Para el Municipio de Benito Juárez, existen además de los servicios médicos particulares asentados básicamente en la ciudad de Cancún, los que ofrecen las instituciones oficiales y paraestatales como son el IMSS, el ISSSTE y SESA.

Las unidades Médicas en servicio del IMSS, ISSSTE y SESA según tipos de unidad, se presentan en siguiente tabla

Tabla IV.13 Unidades médicas en el municipio de Benito Juárez

Instituciones	Tipo	Unidades
IMSS	Unidad Médica Familiar	2
	Hospital General del Zona	1
ISSSTE	Unidad Médica Familiar	1
	Hospital General del Zona	1
SESA	Unidad Médica Familiar	1
	Hospital General del Zona	-
TOTAL		10

*Centros de salud*

En Isla Mujeres se cuenta únicamente con tres unidades médicas de consulta externa, en las que se emplean 18 personas que proporcionan atención externa general de odontología; sin embargo, a poco más de 15 Km se dispone de la infraestructura médica

de la Ciudad de Cancún, con unidades de hospitalización general y especializada del IMSS, ISSSTE y de la SESA, además de la Cruz Roja y clínicas privadas.

- Vivienda

En el Municipio de Isla Mujeres existen en total 2,163 viviendas habitadas, todas ellas concentradas en la isla; de éstas, cuentan con agua potable entubada el 64%, en tanto que el 80 % dispone de algún sistema de drenaje. El promedio de ocupantes por vivienda es de 4 personas.

Los servicios registrados para el Municipio corresponden básicamente a los de su parte insular, que es además la cabecera municipal. Otros servicios son los de la Ciudad de Cancún, correspondientes al Municipio de Benito Juárez, a cuya infraestructura y servicios humanos se haya ligada la población de Isla Mujeres.

En la siguiente tabla se muestra una relación de viviendas particulares y sus ocupantes e las localidades del Municipio de Benito Juárez.

Tabla IV. 14 Total de viviendas y ocupantes en localidades del municipio de Benito Juárez

Localidad	Viviendas particulares	Ocupantes en viviendas
Cancún	39,832	167,293
Alfredo V. Bonfil	569	2,666
Puerto Morelos	167	740
Joaquín Cetina Gasca	478	2,432
Campestre	32	114
Francisco May	21	111
G. Téllez Rivera	19	76
Tres Reyes	19	65
Promacasa	9	32
Resto de localidades	321	1,353

- Zonas de recreo

Por los atractivos escénicos naturales de la zona norte de Quintana Roo, se ha establecido una ciudad con todos los atractivos propios del Gran Turismo. Por ello en Cancún se cuenta con todas las alternativas posibles de recreo incluyendo centros nocturnos, parques, playas, centros de videos, cines, plazas comerciales, etc.

### Economía de la región

- De mercado (local, regional, otra).

La economía de mercado que se práctica en toda la zona, incluyendo el corredor Cancún-Tulum y las Islas de Cozumel y Mujeres, tiene un vínculo directo con la actividad turística en la ciudad de Cancún, como se ha destacado, que indudablemente es el polo turístico costero más importante de Latinoamérica, fiel reflejo de esto es el gran número de turistas nacionales y extranjeros que lo visitan que es del orden de: 448,656 y 1,558,373 respectivamente, así como la gran infraestructura turística que posee, amén de los recursos naturales.

### Tenencia de la tierra

- Formas de tenencia y/o usufructo de la tierra.

La tenencia de la tierra en toda la zona costera del estado de Quintana Roo comprendida dentro del corredor Cancún-Tulum, al igual que el predio del proyecto, es principalmente privada, sin embargo, existen también áreas propiedad de Fidecaribe y terrenos nacionales, así como una amplia zona federal marítimo terrestre.

- Formas de organización.

Para los propietarios de la gran mayoría de los predios están organizados en forma de Sociedades Anónimas de Capital Variable; como en muchos de los casos de los desarrollos turísticos que se encuentran en las costas quintanarroenses son propiedades privadas.

### Actividades productivas

Agropecuaria: Para el municipio Benito Juárez los principales cultivos son el maíz y el frijol.

En lo que respecta a la población pecuaria esta se muestra en la tabla siguiente.

Tabla IV.15 Población pecuaria en el municipio de Benito Juárez

Tipo	Cabezas
Bovino	1,900
Porcino	28,200
Ovino	400
Caprino	50
Aves a/	927,790
Abejas b/	1,300

a/ incluye: gallinas, pollos y guajolotes

b: se refiere a colmenas Fuente: SARH, Delegación en el Estado. Subdelegación de Políticas y Concertación; Unidad de Información y Estadística

## Forestal

En lo que respecta para el municipio Benito Juárez, se tiene un volumen y valor de la producción forestal maderable según la especies.

Tabla IV.16 Actividades forestales en el municipio de Benito Juárez

ESPECIE	VOLUMEN (m <sup>3</sup> en rollo)	VALOR (pesos)
Preciosas a/	50	28,000
Corriente tropicales b/	1,670	317,000
<b>Total</b>	<b>1,720</b>	<b>345,000</b>

a/ Comprende cedro y caoba b/ Comprende más de 30 variedades entre las que se encuentran ciricote, chechen, negrito, ceiba, etc. Fuente: SARH, Delegación en el Estado

Tabla IV. 17 Otros productos forestales (no maderables)  
del municipio de Benito Juárez

PRODUCTO	VOLÚMEN (ton.)	VALOR (pesos)
Chicle	---	---
Otros a/	20	330,000
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>330,00</b>

a/ comprende carbón y miocarnia Fuente: SARH, Delegación en el Estado

## Pesquera

Cabe destacar que al norte de Isla Contoy se localizan las principales áreas de pesca del estado, cuyo volumen de producción ascendió a 4,419 toneladas en 1995, correspondiendo 2,506 a pesquería de escama (mero huachinango, mojarra y pargo), 758 a camarón, 712 a especies no registradas, 253 a langosta, 129 a tiburón, 45 a caracol y el resto a especies para uso industrial.

El valor de la producción ascendió a \$ 73.9 millones de pesos de los cuales la captura de langosta aportó 29.4, el camarón 23.8, las especies de escama 18.9, el caracol 1.1, el tiburón 0.6 y las especies industrializables el resto.

Para Benito Juárez se tiene un volumen de la captura pesquera en peso vivo 1,728 y desembarcado 1,318 según principales oficinas de pesca de la zona norte del estado.

## Industrial

La actividad industrial de la zona norte del estado de Quintana Roo está localizada en el Municipio de Benito Juárez y concentrada, en mayor medida, en Cancún. En 1985 existía un registro industrial de 131 empresas; para 1994 alcanzó la cifra de 748, lo que significó un incremento de 500 %.

La clase empresarial local está compuesta por micro, pequeñas y medianas industrias, operando talleres de servicio en reparaciones, mantenimiento y manufacturas; desgraciadamente una cantidad muy pequeña ha logrado consolidarse.

- Comercial

Indudablemente que esta es una de las actividades productivas que caracteriza al Municipio de Benito Juárez, el cual basa su economía en la promoción de atractivos escénicos, y en el caso de todos los suministros que se requieren para la atención de los visitantes, los productos perecederos e imperecederos por lo general son traídos del norte y centro de la República mexicana, así como del extranjero. Para 1992 el comportamiento de turistas nacionales y extranjeros que se hospedaron en hoteles según categorías se refleja en la tabla siguiente:

Tabla IV.18 Actividades comerciales en el municipio de Benito Juárez

Categoría	Nacionales	Extranjeros	Total
Gran turismo	164,473	572,288	736,751
5 estrellas	128,172	445,786	573,958
4 estrellas	77,530	270,380	347,910
3 estrellas	59,157	206,892	266,049
2 estrellas	13,446	47,950	61,396
1 estrella	5,378	15,087	20,465
Clase económica	-----	-----	-----
Total	448,156	1,558,373	2,006,529

Fuente: SECTUR, Delegación en el Estado. Dirección de Planeación y Desarrollo Turístico.



En cuanto a establecimientos y cuartos de hospedaje, según categoría del establecimiento su conformación se presenta en la siguiente figura.

Tabla. IV.19 Infraestructura hotelera en el municipio de Benito Juárez

Categoría	Establecimientos	Cuartos
Gran turismo	18	6,417
5 estrellas	21	5,777
4 estrellas	25	3,195
3 estrellas	30	2,607
2 estrellas	15	478
1 estrella	5	160,00
Total	114	18,634

## IV.2.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Las playas son estructuras geológicas dinámicas, que se pueden considerar como un sólido elemento de protección a los ambientes colindantes. Considerando que el proyecto que se evalúa pretende restituir las condiciones preexistentes en la zona entre Punta Nizuc y Punta Cancún, el diagnóstico del área hace referencia, entonces, no sólo al estado que guardan los ecosistemas ya descritos sino que también considera aspectos relacionados con la vulnerabilidad de la infraestructura hotelera.

### IV.2.4.1. Condición Actual de las Playas

Desde la pérdida de playa ocurrida como efecto del huracán Gilberto, la posibilidad natural de recuperación del sitio es prácticamente imposible, dados los niveles de afectación que han ocurrido a lo largo de los 12 km lineales que abarca el sitio donde se llevará al cabo el proyecto, y más aún, a las modificaciones que han sufrido las estructuras arrecifales cercanas, tanto por la acción de hombre como por fenómenos naturales, como huracanes y tormentas tropicales. Los cambios en la composición y estructura de la duna y el matorral inducido por la construcción de hoteles y locales de diversa índole vinculados con la actividad turística han implicado modificaciones importantes al patrón de depositación de sedimentos, como ha sido puesto de manifiesto en diversos estudios, incluyendo el que dio soporte al diseño de recuperación objeto del presente estudio y que forma parte del anexo correspondiente.



Este hecho, aunado a los cambios en el comportamiento de los vientos en virtud de las barreras que constituyen los hoteles han propiciado que en los casos en que es menos drástico el cambio, la recuperación de la playa no sea completa y en otros, especialmente en aquellos que se construyeron encima y por delante de la duna, se encuentren en una situación crítica, tal como se muestra en las imágenes tomadas durante el paso del huracán Iván en la cercanía de Cancún e

inmediatamente después que la trayectoria se desvió hacia las costas de Florida.

Otro aspecto que resalta es la reducción de playas para uso turístico en el sitio, pero también la reducción de zonas de anidación de tortuga. Como se menciona, el lugar es



considerado como de sitio de arribazón de distintas especies de tortuga, que aún llegan a desovar en donde la amplitud de la playa y las condiciones de luz y ruido son favorables; éstas áreas son cada vez menos abundantes, dada la intensidad de uso al la que ha estado sujeta el área en las últimas tres décadas. Otro aspecto destacable, es el estado de la vegetación de duna costera y de matorral costero, las cuales, no obstante su capacidad de

recuperación en condiciones naturales, han ido perdiendo cobertura en la zona, al grado de estar presentes entre Punta Nizuc y Punta Cancún, sólo en pequeños manchones en las pocas áreas libres entre hotel y hotel.

#### ***IV.2.4.2. Condición de los Bancos de Material***

Una característica de los ambientes costeros es su dinámica y permanente cambio. Durante el oleaje normal<sup>2</sup> al que está expuesta la línea costera, cambian permanentemente de sitio, acumulándose en zonas donde las condiciones topobatemétrica y de corrientes son propicias, y produciendo erosión en otras zonas con características donde ello sea propicio.

Los bancos que se pretende aprovechar en la rehabilitación ambiental de las playas, se han formado, según lo indican los estudios geofísicos y de granulometría debido a dos

<sup>2</sup> Se considera oleaje normal aquel que está determinado por ciclos de mareas, velocidad y dirección del viento cotidianos, sin que se manifiesten cambios violentos o fuera de una medida promedio para una región.

factores básicos. Uno de ellos es la condición de la corriente en el Canal de Mujeres, en donde la isla y la proximidad de la costa, así como el perfil batimétrico, reducen la velocidad de la corriente, de manera que el material transportado proveniente del sur (prácticamente desde Punta Nizuc) se acumula de manera natural.

Por otra parte, en condiciones extraordinarias, el proceso de erosión-transporte-depositación se modifica y se convierte en crítico. En el caso del huracán Gilberto, el más importante del siglo pasado, la arena removida de las playas en el área de interés se acumuló -muy probablemente y en mayor proporción-, en el banco denominado Megarrizaduras y más al norte, hasta el banco La Ollita, de manera que es muy probable que al utilizar la arena de ambos bancos, en realidad se esté restituyendo el material removido al sitio en el que durante años se acumuló hasta formar la barra que dio pie al desarrollo turístico de la ciudad de Cancún.

En el año en el que ocurrió el Gilberto, seguramente se afectaron poblaciones de pastos marinos y otras comunidades, tanto de flora como de fauna, las cuales no se han recuperado precisamente por la condición de sitio de depositación de sedimento, por lo que, como se ha mencionado en este capítulo la densidad de biota en ambos bancos es reducida. Es probable que esos sitios puedan convertirse en las zonas permanentes de aporte de material para los trabajos de restitución y acondicionamiento de la línea de costa que se requerirán en el futuro para el mantenimiento del proyecto que se evalúa.

## ANEXO. INVENTARIOS BIOLÓGICOS

### 1. Flora

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
División Cyanophyta	Algas verde-azules
Chroococaceae	
<i>Coccochloris stangina</i>	
Chamesiphonaceae	
<i>Entophysalis coferta</i>	
Oscillatoriaceae	
<i>Microcoelus lyngbyaceus</i>	
<i>Oscillatoria margartifera</i>	
<i>Schizotrix arenaria</i>	
<i>Schizotrix mexicaa</i>	
<i>Spirulina subsalsa</i>	
Nostocaceae	
<i>Calothrix crustacea</i>	
<i>Mastigocoelus testarum</i>	
<i>Scytonema hoffmanii</i>	
División Bacillariophyta	
Achnantaceae	
<i>Cocconeis placentual</i>	
Biddulphiaceae	
<i>Biddulphia puchella</i>	
Corethronaceae	
<i>Corethron hystrix</i>	
Flagilariaceae	
<i>Grammatophora marina</i>	
<i>Licmophora abbreviata</i>	
<i>Licmophora flabellata</i>	
División Cloropyta	
Orden Calulerpales	
Bryopsidaceae	
<i>Bryopsis hypnoides</i>	
<i>Bryopsis hypnoides</i>	
<i>Bryopsis sp</i>	
Caulerpaceae	
<i>Caulerpa ambigua</i>	
<i>C. ashmeadii</i>	
<i>C. cupresoides</i>	

- C. lanuginosa*
  - C. mexicana*
  - C. psaloides*
  - C. prolifera*
  - C. racemosa var peltata*
  - C. racemosa var. racemosa*
  - C. sertularioides*
  - C. sertularioides f. brevipes*
  - C. sertularioides f. farlowii*
  - C. taxifolia*
  - C. verticillata*
- Codiaceae
- Codium carolinianum*
  - C. decorticatum*
  - C. intertextum*
  - C. isthmocladum*
  - C. repens*
  - C. taylorii*
  - C. sp.*
- Udoteaceae
- Avrainvillea asarifolia*
  - A. elliotii*
  - A. longicaulis*
  - A. nigicans*
  - A. rawsonii*
- Cladocephalus luteofuscus
- Halimeda copiosa*
  - H. discoidea*
  - H. gracilis*
  - H. goreauii*
  - H. incrassata*
  - H. lacrimosa*
  - H. monile*
  - H. monile f. cylindrica*
  - H. monile f. robusta*
  - H. opuntia*
  - H. opuntia f. tilota*
  - H. scabra*
  - H. tuna*
- Penicillus capitatus*
  - Penicillus capitatus f. elongatus*
  - Penicillus capitatus f. laxus*
  - Penicillus dumetosus*
  - Penicillus pyriformis*

- Penicillus sp.*
- Rhipocephalus phoenix*
- Rhipocephalus phoenix f. brevifolius*
- Rhipocephalus phoenix f. longifolius*
- Udotea conglutinata*
- U. dyathiformis*
- U. flabellum*
- U. occidentales*
- U. spinulosa*
- U. verticillosa*
- U. Wilson*
- Orden Cladophorales
  - Anadyomenaceae
    - Anadyomente menziesii*
    - Anadyomene stellata*
  - Cladophoraceae
    - Cladophora catenata*
    - C. crispula*
    - C. vagabunda*
    - C. prolifera*
    - C. sp.*
    - Chaetomorpha aerea*
    - C. antennina*
    - C. brachygona*
    - C. crassa*
    - C. linum*
    - C. sp.*
    - Rhizoclonium riparium*
- Orden Dasycladales
  - Dasycladaceae
    - Batophora operstedii*
    - Dasycladus vermicularis*
    - Neomeris annulata*
  - Polyphysaceae
    - Acetabularia crenulata*
- Orden Siphonocladales
  - Siphonocladaceae
    - Boodlea composita*
    - Chamaedoris peniculum*
    - Cladophoropsis macromeres*
    - Cladophoropsis membranacea*
  - Valoniaceae

- Dictyosphaeria cavernosa*
- Emodesmis verticillata*
- Valonia aegagropila*
- V. macrophysa*
- V. ocellata*
- V. sp.*
- V. ventricosa*
- Orden Ulotricales
  - Ulotrichaceae
    - Phaeophila dendroides*
- Orden Ulvales
  - Ulvaceae
    - Enteromorpha chaetomorphoides*
    - E. clathrata*
    - E. compressa*
    - E. linza*
    - Ulva fascista*
    - Ulva lactuca*
- División Phaeophyta Algas pardas
  - Orden Dictyotales
    - Dictyotaceae
      - Dictyopteris delicatula*
      - D. justii*
      - D. plagiogramma*
      - D. sp.*
      - Dictyosphaeria cavernosa*
      - Dictyota bartayresii*
      - D. cervicornis*
      - D. cillolata*
      - D. dichotoma*
      - D. divaricata*
      - D. jamaicensis*
      - D. mertensii*
      - D. colubilis*
      - D. sp.*
      - Dilophus alternans*
      - D. guineensis*
      - Lobophora variegata*
      - Pandia boergesenii*
      - P. gymnospora*
      - P. jamaicensis*
      - P. pavonica*
      - Pandina. sp.*
      - Spatoglossum schroederi*



- Styopodium zonale*
- Orden Ectocarpales
  - Chordariaceae
    - Cladosiphon zosterae*
  - Ectocarpaceae
    - Ectocarpus breviarticulatus*
    - E. siliculosus*
    - E. variabilis*
  - Ralfsiciae
    - Ralfsia expanda*
- Orden fucales
  - Cystoseiraceae
    - Turbiaria tricostrata*
    - T. turbinata*
  - Sargassaceae
    - Sargassum filipéndula*
    - S. furcatum*
    - S. hystrix*
    - S. natans*
    - S. polyceratium*
    - S. poyceratium var. Ovatum*
- Orden Sphacelariales
  - Sphacelariaceae
    - Sphacelaria tribuloides*
- Orden Scytosiphonales
  - Scytosiphonales
    - Colpenia sinuosa*
    - Hydroclatgrus clathratus*
    - Rosenvingea intricata*
- División Rhodophyta Algas rojas
  - Orden Bangiales
    - Bangiaceae
      - Bangia atropurpurea*
  - Orden Bonnemaisoniaceae
    - Bonemaisoniaceae
      - Asparagopsis taxiformis*
  - Orden Ceramiales
    - Ceramiaceae
      - Anotrichium tenue*
      - Callithamnion cordatum*
      - Callithamnion neglectum*
      - Centroceras clavulatum*
      - Ceramium brasillense*

*C. brevizonatum v. craibicum* H.  
*C. codiii*  
*C. cruciatum*  
*C. dawsonii*  
*C. fastigiatum*  
*C. nitens*  
*C. strictum*  
*Crouania attenuata*  
*Spyridia filamaentosa*  
*S. hypnoides*  
*Tiffaniella gorgonea*  
*Wrangelia argus*  
*W. penicillata*

Dasyaceae

*Dasya arguscula*  
*D. baillouviana*  
*D. caraibica*  
*D. collinsiana*  
*D. corimbifera*  
*D. rigidula*  
*Dictyurus occidentales*  
*Heterosiphonia crispella*  
*H. gibbesii*  
*Thurettia bornetii*  
*Delesseriaceae*  
*Martensia pavonea*  
*Taenioma Nahum*

Rhodomelaceae

*Acantophora muscoides*  
*A. spicifera*  
*Amansia multifida*  
*Bostrychia tenella*  
*B. seaforthii*  
*Bryothamnion seaforthii*  
*B. triquetrum*  
*Chondria atropurpurea*  
*C. baileyana*  
*C. curvilineata*  
*C. dasyphylla*  
*Chondria littorali*  
*C. tenuisima*  
*Digenea simples*  
*Herposiphonia secunda*

*H. secunda f. tenella*  
*Laurencia brogniartii*  
*L. caraibica*  
*L. corallopsis*  
*L. filiformis*  
*L. flagellifera*  
*L. intricada*  
*L. microcladia*  
*L. obtusa*  
*L. papillosa*  
*L. poitei*  
*Micropseude mucronata*  
*Murrayella pericladus*  
*Polysiphonia binneyi*  
*P. denudata*  
*P. ferulacea*  
*P. gorgoniae*  
*P. howei*  
*Vidalia obstusiloba*

Orden Corallinales

Corallinaceae

*Amphiroa brasiliana*  
*A. fragilísima*  
*A. rigida*  
*A. Tríbulus*  
*Fosiella farinosa*  
*Jania adhaerens*  
*J. pumila*  
*J. sp.*  
*Neogoniolithon accretum*  
*N. erosum*  
*N. spectabile*  
*Pnophyllum lejolisii*  
*Porolithon pachydermum*

Orden Compsopogonales

Erythropeltidaceae

*Erythrocladia irregularis*

Orden Cryptonemiales

Halymeniaceae

*Grateloupia filicina*

*Haymenia floresia*

Kallymeniaceae

*Kallymenia limminghii*

Peyssoneliaceae

- Peyssonnelia sp.*  
*P. simualns*
- Orden gelidiales  
Gelidiaceae  
*Gelidium americanum*  
*G. latifolium*  
*G. pusillum*
- Gelideiellaceae  
**Gelidiella acerosa**  
*G. trinitratensis*
- Orden Gigartinales  
Gracilariaceae  
*Gelidiopsis intricada*  
*Gracilaria sp.*  
*G. blodgettii*  
*G. cervicornis*  
*G. cuneata*  
*G. cilíndrica*  
*G. mammillaris*  
*G. verrucosa*  
*G. wrightii*
- Hypnaceae  
*Hypnea cervicornis*  
*H. musciformis*  
*H. spinella*
- Solieriaceae  
*Eucheuma gelidum*  
*Solieria filiformis*
- Orden Nemaliales  
Acrochetiaceae  
*Audouinella daviesii*
- Galaxauraceae  
*Galaxaura marginata*  
*G. oblongata*  
*G. rugosa*  
*G. subverticillata*
- Helminthocladiaceae  
*Liagora pinnata*  
*L. valida*
- Orden Rhodymeniales  
Champiaceae

*Coelothrix irrgularis*  
*Champia parvula*  
*C. salicornioides*  
Rhodymeniaceae  
*Botryocladia occidentales*  
*B. pyriformis*  
*Rhodymenia pseudopalmata*  
Orden Porphyridiales  
Goniotrichaceae  
*Chroodactylon ornatum*  
*Stylonema alsidii*  
*Sedis incertae*  
*Cordylecladia peasiae*  
Asociaciones, especies no identificadas  
Ceramiales/Gelidiales  
Ceramiales/Polysiphonales  
Dictyota sp. /Polysiphonales  
Ordenes spp. no determinadas  
Ceramiales  
Gelidiales  
Polysiphonales  
División de algas microscópicas, especies  
no determinadas.  
Cianophytas

Grupos morfológicos, especies no  
determinadas  
Coralina no costrosa  
Incrustante morada  
Incrustante naranja  
Incrustante roja  
Incrustante rosa  
Especies de pastos marinos  
*Syringodium filiforme*  
*Thalassia testudinum*

## 2. Fauna

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Phylum Porifera	Esponjas
Clase Demospongiae	
Suclase Ceractinomorpha	
Orden Dctyoceratida	
Spongidae	
<i>Hyatella intestinalis</i>	
Thorectidae	
<b>Ircinia strobiliana</b>	Esponja bola negra
<i>I. felix</i>	
Orden Verongiida	
Aplysinidae	
<i>Aplysina culformis</i>	
<i>A. lacunosa</i>	
<i>A. sp.</i>	
Aplysinellidae	
<i>Halisarca sp.</i>	Esponja tubular ramificada
<i>Pseudoceratina crassa</i>	
<i>Verongula rigida</i>	
Orden Haplosclerida	
Halicionidae	
<i>Adocia carbonaria</i>	
<i>Dasychalina cyathina</i>	
<i>Sigmatocia caerulea</i>	
Niphatidae	
<i>Amphimedon compressa</i>	
<i>Cinachyra sp.</i>	
<i>Clathria sp.</i>	
<i>Niphates digiutalis</i>	
<i>N. erecta</i>	
<i>N. sp.</i>	
<i>Plakortis angulospiculatus</i>	
<i>P. helichondroides</i>	
<i>Siphonodictyon coralliphagum</i>	
Callyspongidae	Eponja de copa
<i>Callyspongia plicifera</i>	
<i>C. vaginalis</i>	
Petrosiidae	Esponja gigante
<i>Xetospongia mutua</i>	

Orden Poecilosclerida	
Mycalidae	
<i>Mycale lavéis</i>	
<i>M. laxissima</i>	
Esperiopidae	
<i>Desmapsamma anchorata</i>	
<i>Iotrochota biriotulata</i>	Esponja dedos verdes
<i>Monanchora barbadensis</i>	
<i>M. uguiifora</i>	
Clathriidae	
<i>Artemicina melana</i>	
Bienmidae	
<i>Neofibularia nolitangere</i>	
Phorbasidae	
<i>Phorbas amaranthus</i>	
Subclase Tetractinomorpha	
Orden Axinellida	
Axinellidae	
<i>Ptilocaulis sp.</i>	
<i>Ulosa ruetzleri</i>	
Raspailiidae	
<i>Ectyoplasia ferox</i>	
Agelasidae	
<b>Agelas clathrodes</b>	Esponja oreja de elefante
<i>A. confiera</i>	
<i>A. dispar</i>	
<i>A. sceptrum</i>	
<i>A. wiedenmyeri</i>	
Orden Hadromeida	
Clionidae	
<i>Chondrilla nucula</i>	
<i>Cliona delitrix</i>	
<i>Cliona langae</i>	
Spirastrellidae	
<i>Anthosigmella varians</i>	
<i>Sphaciospongia vesparium</i>	
<i>Spirastrella coccinea</i>	
Phyllum Cnidaria	Corales, Medusas, Anémonas
Clase Antozoa	
Orden Milleporina	
Milleporidae	
<i>Millepora alcornis</i>	Coral de fuego
<i>M. complanata</i>	Coral de fuego

Subclase Hexacorallia	
Orden Scleractinia	Corales duros
Suborden astrocoenina	
Astrocoeniidae	
<i>Stephanocoenia michilini</i>	
Pocilloporidae	
<i>Madracis decactis</i>	
Acroporidae	
<i>Acropora cervicornis</i>	Cuerno de ciervo
<i>Acropora palmata</i>	Cuerno de alce
Suborde Fungina	
Agariciidae	
<i>Agaricia agaricites</i>	Coral lechuga
<i>A. fragilis</i>	
<i>A. humilis</i>	
<i>A. lamarcki</i>	
<i>A. tenuifolia</i>	
Leptoeris cucullata	
Siderasteridae	
<i>Sderastrea siderea</i>	
<i>S. radians</i>	
Portidae	
<i>Porites astreoides</i>	
<i>P. divaricata</i>	Coral de dedos
<i>P. furcata</i>	
<i>P. porites</i>	Coral de dedos
Suborden Fabián	
Faviidae	
<i>Favia fragum</i>	
<i>Diploria clivosa</i>	Coral cerebro
<i>D. labyrinthiformis</i>	"
<i>D. strigosa</i>	"
<i>Colpophyllia natans</i>	"
<i>Montastrea annularis</i>	Coral macizo
<i>Montastrea cavernosa</i>	"
<i>Solenastrea bouroni</i>	
Meandrinidae	
<i>Meandrina meandrites</i>	Coral cerebro
<i>Dichocoenia stokesi</i>	
<i>Dendrogyra cylindrus</i>	
Mussidae	



---

<i>Scolymia cubensis</i>	Coral de copa
<i>Isophyllia rigida</i>	
<i>Isophyllia sinuosa</i>	
<i>Isophyllastrea rigida</i>	
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	
<i>Mycetophyllia lamarck</i>	
Suborden Caryophyllidae	
<i>Eusmilia fastiglata</i>	
Clase Anthozoa	
Actiniidae	
<i>Actinostella flosculifera</i>	
<i>Anthopleura krebsii</i>	
<i>Condylactis gigante</i>	
Subclase Octocorallia	Corales Blandos
Orden gorgonacea	
Suborden Scleraxonia	
Briaridae	
<i>Briareum asbestionum</i>	
Anthothelidae	
<i>Erythropodium caribaeorum</i>	
<i>Iciligorgia schrammi</i>	
Suborden Holaxonia	
Gorgoniidae	
<i>Gorgonia flabellum</i>	Abanico de mar
<i>G. mariae</i>	
<i>G. ventalina</i>	Abanico de mar
<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	
<i>P. americana</i>	
<i>P. bipinnata</i>	
<i>P. rigida</i>	
Plexauridae	
<i>Eunicea calyculata</i>	
<i>E. fusca</i>	
<i>E. laxispica</i>	
<i>E. mammosa</i>	Candelabro de mar
<i>E. palmeri</i>	
<i>E. succinea</i>	
<i>E. fourneforti</i>	
<i>E. sp.</i>	
<i>Muricea atlántica</i>	
<i>M. elongata</i>	
<i>M. muricata</i>	
<i>Muriceopsis flavida</i>	

---

<i>Plexaura flexuosa</i>	Candelabro de mar
<i>P. homomalla</i>	
<i>Plexaurella dichotoma</i>	
<i>P. grandiflora</i>	
<i>P. grises</i>	
<i>P. nutans</i>	
<i>P. spp.</i>	
<i>Pseudoplexaura crucis</i>	
<i>P. falgellosa</i>	
<i>P. porosa</i>	
<i>P. wagnaari</i>	
<i>Pterogorgia anceps</i>	
<i>P. citrina</i>	
<i>P. guadalupensis</i>	
Phylum Mollusca	
Clase Polyplacophora	Quitones
Acnathochitonidae	
<i>Acanthochiton sp.</i>	
<i>Acanthochiton pygmaea</i>	
<i>Cryptoconchus floridanus</i>	
Chitonidae	
<i>Chiton sp.</i>	
Ischnochitonidae	
<i>Stenoplax floridana</i>	
Clase Gasteropoda	Caracoles
Fissurellidae	
<b>Diodora daysoni</b>	
<i>D. minuta</i>	
<i>D. sayi</i>	
<i>D. sp.</i>	
Cerithiidae	
<i>Cerithium eburneum</i>	
<i>Cerigihium litteratum</i>	
<i>Seila adamsi</i>	
Columbellidae	
<b>Anachis avara</b>	
<i>Anachis pulchella</i>	
<i>Columbella mercatoria</i>	
<i>Nitidilla ocelata</i>	
Coralliophilidae	
<i>Coralliophila caribaea</i>	
Rissoinidae	
<i>Rissoina sp.</i>	

- Thiphoridae
  - Triphora turrithomae*
- Turbinidae
  - Astraea phoebia*
- Turridae
  - Cerodrillia sp.*
- Vitrinelidae
  - Cyclostremiscus supressus*
- Eratoidea
  - Trivia quadripunctata*
- Fascioliidae
  - Leucozonia ocellata*
- Marginellidae
  - Volvarina avena*
- Phasianellidae
  - Tricolia adamsi**
    - Tricolia bella*
- Subclase Opisthobranchia
  - Elysiidae
    - Elysia sp.*
- Clase Bivalvia
  - Arcidae
    - Barbatia cancellaria*
  - Chamidae
    - Chama congregata*
    - Pseudochama radians*
  - Veneridae
    - Chione sp.*
  - Isognomonidae
    - Isognomon radiatus*
  - Hipponicidae
    - Hipponix antiquatus*
  - Limidae
    - Lima lima
  - Mytilidae
    - Brachidontes exustus*
    - B. modiolus*
    - Lioberus castaneus*
    - Litophaga antillarum*
  - Semelidae
    - Cumingia antillarum*
  - Tellinidae
    - Strigilla carnea*

---

Gastrochaenidae	
<i>Rocellaria hians</i>	
Clase Cephalopoda	Pulpos y Calamares
Octopodidae	
<i>Octopus vulgaris</i>	Pulpo
Phylum annelida	
Clase Poychaeta	Gusanos redondos
Polynoidae	
<i>Halosydna leucohyba</i>	
<i>H. aculeata</i>	
<i>H. sp</i>	
<i>Herminia verruculos</i>	
<i>Lepidonotus humilis</i>	
<i>L. varia</i>	
<i>Thormora notata</i>	
Sylidae	
<i>Branchiosyllis oculata</i>	
<i>B. sp.</i>	
<i>Haplosyllis sp.</i>	
<i>Haplosyllis spongicola</i>	
<i>Syllis gracilis</i>	
<i>Trypanosyllis vittigera</i>	
<i>Typosyllis sp.</i>	
Nereididae	
<i>Ceratonereis longicirrata</i>	
<i>Nereis falsa</i>	
<i>Perinereis mochimaensis</i>	
<i>Platynereis dumerilli</i>	
Glyceridae	
<i>Glycera tesselata</i>	
Amphinomidae	
<i>Eurythoe complanata</i>	
<i>Hermodice carunculada</i>	
<i>Notopygos crinita</i>	
Dorilleidae	
<i>Dorvillea sociabilis</i>	
Oeonidae	
<i>Labrostratus luteus</i>	
Eunicidae	
<i>Eunice sp.</i>	
<i>E. antenatta</i>	
<i>E. bucciensis</i>	
<i>E. cariboea</i>	

- E. fucata*  
*E. guildingi*  
*E. lanai*  
*E. unifrons*  
*Lysidice ninetta*  
*Marphysa regalis*  
*Palola siciliensis*
- Cirratulidae  
*Timarete punctata*  
*T. sp*
- Capitellidae  
*Dasybranchus lumbricoides*  
*D. lunulatus*  
*Decamastus gracilis*
- Opheliidae  
*Polyophthalmus pictus*
- Flabelligeridae  
**Brada villosa**  
*Flabelligera sp.*  
*Preusa dubia*
- Terebellidae  
*Eupolymnia nebulos*  
*Loimia medusa*  
*Paraeupolymnia carus*  
*Pista cristata*  
*Polymniella aurantica*  
*Streblosoma hartmanae*  
*Terebella pterochaeta*  
*Terebella rubra*
- Sabellidae  
*Bispira melanostigma*  
*Brachiomma nigromaculata*  
*Megalomma sp.*  
*Notaulax midoculi*  
*N. nudicollis*  
*N. occidentalis*  
*N. sp.*  
*Perkinsiana fonticula*  
*Pseudopotamilla cf reniformes*
- Serpulidae  
*Pomatostegus stellatus*  
*Spirbranchus giganteus*  
*Vermiliopsis bermudensis*

---

Phyllum Arthropoda	
Subphyllum Crustacea	Crustaceos
Clase Malacostraca	
Orden Stomatopoda	
Gonodactylidae	
<i>Gonodactylus oerstedii</i>	
Orden Decapoda	
Penaeidae	Camarones
<i>Trachipenaeus constrictus</i>	
Pasiphaeidae	
<i>Leptochela serratorbita</i>	
Palemonidae	
<i>Macrobrachium crenulatum</i>	
<i>Periclimenaeus americanus</i>	
P. ascidiarum	
Palinuridae	Langostas
<i>Panulirus argos</i>	
<i>Panulirus gutattus</i>	
Gnathophyllidae	
<i>Gnathophilloides mineri</i>	
Alpheidae	
<i>Alpheus armillatus</i>	
<i>A. bouvieri</i>	
<i>A. heterochaelis</i>	
<i>Synalpheus fritzmuelleri</i>	
<i>S. minus</i>	
Hyppolytidae	
<i>Lysmata wurdemanni</i>	
<i>Thor amboinensis</i>	
Procesidae	
<i>Processa fimbriata</i>	
Upogebiidae	
<i>Upogebia corallifra</i>	
<i>Pomatogebia operculata</i>	
Porcellanidae	
<i>Petrolisthes galathinus</i>	
<i>Porcellana sayana</i>	
Majidae	
<i>Epialtus dilatatus</i>	
<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	
<i>Microphyrus bicornutus</i>	
<i>Mitras forceps</i>	

- Xanthidae  
*Hexapanopeus paulensis*  
*Panopeus herbstii*  
*Panopeus occidentalis*
- Orden Isopoda  
Paranthuridae  
*Accalathura sp.*  
Stenetriidae  
*Stenetrium sp.*  
Cirolanidae  
*Cirolana obtruncata*  
*C. parva*  
Eurydicidae  
*Metacirolana halia*  
Corallanidae  
**Alcirona krebsi**  
*Excorallana antillensis*  
*Excorallana tricomis t.*  
Dynamenidae  
*Paracerceis caudata*
- Phylum Sipunculida  
Clase Phascolosomida  
Asphidosiphonidae  
*Aspidosiphon brocki*  
*A. sp.*  
*Lithacrosiphon gurjanovae*  
*L. sp.*  
*Paraspidosiphon fischeri*  
*P. gurjanovae*  
*P. sinoscutatus*  
*P. sp.*  
*P. steenstrupi*  
Phascolosomatidae  
*Phascolosoma antillarum*  
*P. perlucens*  
*P. scolops*  
*P. sp.*  
Clase Sipuncula  
Golfingiidae  
*Ochnesoma so.*  
*Apionsoma trichacepala*  
*Golfingia sp.*
- Phylum Echinodermata
- Cacahuates de mar

Echiuridae	
<i>Ochetostoma sp.</i>	
Phyllum Echinodermata	Estrellas frágiles
Clase Ophiuroidea	
Ophiocomidae	
<i>Ophiocoma ehcinata</i>	
<i>O. paucigranulata</i>	
<i>O. pumila</i>	
<i>O. wendti</i>	
<i>Ophiopsila hartmeyeri</i>	
<i>Ophiopsila risseli</i>	
<i>Ophiopsila vittata</i>	
Ophionereididae	
<b>Ophionereis reticulata</b>	
<i>Ophionereis squamulosa</i>	
Ophiodermatidae	
<b>Ophioderma appresum</b>	
<i>Ophioderma cinereum</i>	
<i>Ophioderma rubicundum</i>	
Ophiactidae	
<b>Ophiactis quinqueradia</b>	
<i>Ophiactis savignyi</i>	
Amphiuridae	
<i>Ophiocnida scabriuscula</i>	
Ophiotrichidae	
<i>Ophiotrix angulata</i>	
<i>O. brachyactis</i>	
<i>O. orstedii</i>	
<i>O. suensonii</i>	
Clase Echinoidea	Erizos
Echinometridae	
<i>Echinometra viridis</i>	
Clase Holothuroidea	Pepinos de mar
Phyllophoridae	
<i>Thyone pseudofusus</i>	
Sclerodactylidae	
<i>Euthyonidiella trita</i>	
Holothuriidae	
<b>Holothuria floridana</b>	
<i>H. mexicana</i>	
Phyllum Chordata	Cordados
Subphyllum Hemichordata	



Clase Ascidiacea	
Didemnidae	
<i>Diplosoma listerianum</i>	
<i>Trididemnum avignyi</i>	
Polycitoridae	
<i>Eudistoma obscuratum</i>	
Ascidiidae	
<i>Ascidia nigra</i>	
<i>A. tenue</i>	
Styelidae	
<i>Polycarpa spongiabilis</i>	
<i>Styela partita</i>	
<i>S. alicata</i>	
Pyuridae	
<i>Molgula occidentalis</i>	
Subphyllum Vertebrata	
Superclase Teleostomi	Peces
Clase Osteichthyes	
Subclase Actinopterygii	
Orden Mugiliformes	
Suborden Sphyraenoidei	
Sphyraenidae	
<i>Sphyraena barracuda</i>	Barracuda
Orden Myctophiformes	
Synodontiae	
<i>Synodus surus</i>	Iguana
Orden Perciformes	
Suborden: Acanthuroidei	
<b>Acanthurus bahaianus</b>	Cirujano pestaña
<i>Acanthurus coeruleus</i>	Cirujano azul
<i>Acanthurus chirurgus</i>	Cirujano café
Suborden Blennioidei	
<b>Ophioblennius atlanticus</b>	Pez roca
Suborden Gobioidi	
<i>Coryphopterus</i>	Gobio
<i>glaucofraenum</i>	
<i>Coryphopterus hyalinus</i>	Gobio
<b>Gobiosoma prochilos</b>	Gobio
<i>Gobiosoma sp.</i>	Gobio
<i>Gobiosoma xanthiprora</i>	Gobio
<i>Penpheris schomburki</i>	
<i>Loglossus sp.</i>	
Suborden Percoidei	

### **Amblycirrhitus pinos**

<i>Chaetodon capistratus</i>	Pez tigre
<i>Chaetodon ocellatus</i>	Mariposa
<i>Chaetodon sedentarius</i>	Mariposa
<i>Chaetodon aculeatus</i>	Mariposa
<i>Chaetodon striatus</i>	Mariposa
<i>Chromis cyanea</i>	Mariposa
<i>Labrisomus sp.</i>	
<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra blanca
<i>Gramma loreto</i>	
<i>Gramma melacara</i>	
<i>Inermia vittata</i>	
<i>Kyphosus sectatrix</i>	Cagonas
<i>Bodianus rufus</i>	Vieja
<i>Clepticus parrai</i>	Vieja
<i>Halichoeres bivittatus</i>	Vieja
<i>Halichoeres garnoti</i>	Vieja
<i>Halichoeres poeyi</i>	Vieja
<i>Halichoeres radiatus</i>	Vieja
<i>Halichoeres garnoti</i>	Vieja
<i>Hemipteronotus splendens</i>	Vieja
<i>Lachnolaimus maximus</i>	Vieja
<i>Thalasoma bifasciatum</i>	Vieja
<i>Lutjanus anales</i>	Huach pargo
<i>Lutjanus apodus</i>	Canxic
<i>Lutjanus griseus</i>	Pargo mulato
<i>Lutjanus mahogany</i>	Pargo lunar
<i>Lutjanus synagris</i>	Rubia
<i>Ocyurus chrisurus</i>	Canane
<i>Malacanthus plumieri</i>	
<i>Malacocteneus triangulatus</i>	
<i>Mulloidichthys martinicos</i>	
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	
<i>Centropyge argi</i>	
<i>Holacanthus ascensionis</i>	
<i>Holacanthus bermudensis</i>	Ángel azul
<i>Holacanthus ciliaris</i>	Ángel reina
<i>Holacanthus tricolor</i>	Ángel amarillo
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Zopilote
<i>Pomacanthus paru</i>	Ángel dorado
<i>Abudefduf saxatilis</i>	Sargento
<i>Abudefduf taurus</i>	Sargento
<i>Chromis insolata</i>	
<i>Chromis cyanea</i>	

<i>Chromis multilineata</i>	
<i>Microspathodn chrysurus</i>	
<i>Stegastes bicolor</i>	
<i>Stegastes diencaeus</i>	
<i>Stegastes dorspunicans</i>	
<i>Stegastes leucostictus</i>	
<i>Stegastes partitus</i>	
<i>Stegastes planifrons</i>	
<i>Stegastes sp.</i>	
<i>Stegastes variabilis</i>	
<i>Anisotremus virginicus</i>	Pez payaso
<i>Haemulon carbonarium</i>	Chacchi negro
<i>H. aurelineatum</i>	Roncador
<i>H. flavolineatum</i>	Chacchi ojón
<i>H. parrai</i>	Xlaba
<i>H. plumieri</i>	Chacchi
<i>H. scirius</i>	Chacchi cola negra
<i>H. chrysargyreum</i>	Rayado
<i>Scarus vetula</i>	Loro verde
<i>S. viridae</i>	Lora
<i>Sparisoma atomarium</i>	
<i>S. aurofrenatum</i>	Loro arcoiris
<i>S. chrysopterum</i>	
<i>S. radians</i>	
<i>S. rubripinne</i>	
<i>Epinephelus adscensionis</i>	Cabrilla
<i>E. cruentatus</i>	Payaso
<i>E. fulvus</i>	Cabrilla
<i>E. guttatus</i>	Mero
<i>E. striatus</i>	
<i>Hypolectrus chlorurus</i>	
<i>H. guttavarius</i>	
<i>H. puella</i>	
<i>H. sp.</i>	
<i>H. unicolor</i>	
<i>Mycteroperca bonaci</i>	Abadejo
<i>M. tigris</i>	Abadejo
<i>Rypticus saponaceus</i>	Cabrilla
<i>Serranus tabacarius</i>	
<i>S. trigrinus</i>	
<i>S. tortugarum</i>	
<i>Calamus calamus</i>	Sargo
Orden Tetraodontiformes	
Suborden Tetraodonteí	

**Canthigaster rostrata**

*Cantherhines macroceros*  
*C. pullus*  
*Canthidermis sufflamen*  
*Melichthys niger*  
*Monacanthus tuckeri*

Orden Lophiiformes  
Suborden Batrachoidei

**Batrachoides gilbert**

*Opsanus pardus*

Pez sapo

Superclase Tetrápodos

Clase Reptilia

Reptiles

Subclase Napisda

Orden Quelonios

Suborden Criptodires

**Chelonia mydas**

*Caretta caretta*  
*Eretmochelys imbricata*  
*Dermochelys coriacea*

Tortuga blanca

Tortuga caguama

Tortuga carey

Tortuga laúd

Orden Crocodyla

**Crocodylus acutus**

*Crocodylus moreleti*

Clase Aves

Orden Ciconiformes

**Ardea herodias**

*A. herodias occidentales*  
*A. herodias (en parte)*  
*Bubulcus ibis*  
*Butorides striatus*  
*Casmerodius albus*  
*Egretta tricolor*  
*E. rufescens*  
*E. thula*  
*Nyctanassa nycticorax*  
*N. violacea*

Garzón cenizo

Garzón cenizo blanca

Garzón de Wuedemann

Garza garrapatera

Garcita verde

Garza blanca

Garcita flaca o tricolor

Garcita melenuda

Garcita blanca o nivea

Garza nocturna

Pedrete enmascarado

Garza tigre

**Trigrisoma mexicanus**

Orden Pelecaniformes

**Pelecanus occidentales**

Orden Phalacrocoracidae

Pelícano café

**Phalacrocorax auritus**

*Fragata magnificens*

Orden Falconiformes

Cormorán dos crestas

Fragata magnífica

<b>Buteogallus anthracinus</b>	Gavilán negro
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura
<i>Caragyps atratus</i>	Zopilote común
Orden Charadriiformes	
<b>Charadrius semipalmatus</b>	Chorlito frailcecillo
<i>C. wilsonia</i>	Chorlo pico grueso
<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepiedras rojizo
<i>Larus atricilla</i>	Gaviota gritona
<i>Sterna anaethetus</i>	Golondrinas de mar
<i>S. antillarum</i>	G. menor
<i>S. fuscata</i>	G. onscura
<i>S. maxima</i>	G. real
<i>Anous stolodus</i>	G. frente blanca
<i>A. minutus</i>	G. café
Orden Passeriformes	
Suborden Tyranni	
<i>Dendroica petechis</i> (aestiva)	Chipe manglero
Clase Mamalia	
Orden Cetacea	
<b>Steno bredanensis</b>	Esteno
<i>Stenella attenuata</i>	Estenela moteada
<i>S. frontalis</i>	Estenela moteada del Atlántico
<i>S. longirostris</i>	Estenela giradora
<i>Tursiops truncatus</i>	Tursión
<i>Orcinus orca</i>	Orca
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Calderón negro
<i>Ziphius cavirostris</i>	Zifio de Cuvier
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote
Suborden Mysticeti	
<b>Megaptera novaeangliae</b>	Ballena jorobada

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

La naturaleza de un proyecto como el que es motivo del presente estudio, obliga al desarrollo de un análisis de las modificaciones que se anticipa ocurrirán por las actividades

que el mismo involucra. Las acciones puntuales del proyecto, la naturaleza de las obras que en sí mismas constituyen una medida para restituir dentro de lo posible las condiciones de playa y hábitat costero previos al paso del huracán Gilberto, y la amplitud de la superficie en la que éstas serán desarrolladas considerando no sólo la extensión de la zona que se pretende rehabilitar sino los sitios de los que se extraerá el material para el caso, inducen la necesidad de fragmentar el análisis tanto en las etapas que corresponden al desarrollo del proyecto (obras preliminares, construcción, operación y mantenimiento), como en el conjunto de actividades que se llevarán a cabo en una superficie específica (extracción de material, transporte y acciones de conformación y restauración de la playa entre Punta Nizuc y Punta Cancún).

Como se señaló en el capítulo correspondiente, el proyecto es un relleno simple sin estructuras de cierre en ninguno de sus extremos, lo que en principio reduce significativamente los impactos ambientales adversos que se puedan presentar durante la ejecución de la obra y la operación y mantenimiento de la misma.

### **V.1 Metodología para Identificar y Evaluar Impactos Ambientales.**

La primera actividad metodológica que se realizó, consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las experiencias documentadas en la especialidad, enfatizando en las especificaciones de ingeniería para la construcción y restauración de playas, la extracción de material mediante dragas de succión y estudios específicos de corrientes, modelos de dispersión-sedimentación y mantenimiento de playas rehabilitadas, especialmente en los casos ilustrados en la región en los que no se han utilizado estructuras de cierre para dar estabilidad a los sitios recuperados.

Posteriormente y, para efectos de realizar la primera visita de campo, se elaboraron listas de verificación como base para el ulterior desarrollo de "Matrices de Identificación de Impactos Ambientales" y "Redes de Interacción Proyecto-Ambiente", sobre las dos actividades principales del proyecto, es decir el dragado de bancos de arena y el vertimiento de arena en el sitio a rehabilitar de acuerdo con un diseño específico. El marco conceptual de referencia y la aplicación de técnicas específicas de identificación, caracterización y evaluación de impactos permitieron, junto con los resultados del trabajo en campo, establecer los efectos que inducirá el desarrollo del proyecto.

A partir de los resultados de las visitas de campo y de las listas de verificación realizadas, se construyeron 3 matrices de cribado, las cuales resultaron en una final (Figura V.1). A su vez se construyeron 2 redes de interacción, una para la identificación de impactos específicos por las obras de dragado y otra para el vertimiento de arena en las playas a rehabilitar. Derivado de la aplicación de ambas técnicas de identificación, se determinaron los impactos ambientales que las obras de Restauración ambiental de playas.

Por su parte, para la evaluación de los impactos se consideró que las obras en si mismas constituyen una medida cuya aplicación resulta crítica si se pretende preservar la infraestructura hotelera de la zona, recuperar la actividad turística asociada a las playas y mantener empleos e inversión en los niveles que se requieren en función de las necesidades de crecimiento económico de la región y del país.

Otro factor considerado en el proceso de evaluación de los impactos que el proyecto generará en el área, fue que en general, la zona colindante a donde se realizarán las obras ha sido fuertemente impactada por la propia actividad turística y que los atributos útiles para asignarle un valor al paisaje u otro elemento del ecosistema han sido fuertemente alterados. En ese sentido, se recurrió como soporte a la evaluación de los impactos al denominado “Juicio Experto” del equipo evaluador. De esta manera, se elaboraron criterios sobre los distintos aspectos que involucra la identificación y evaluación de impactos, en donde se consideró lo siguiente:

<b>CRITERIO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Naturaleza del Impacto</b>	
1. Probabilidad de ocurrencia	Posibilidad de que un impacto se presenta como consecuencia del desarrollo de un proyecto.
2. Ambiente Afectado	Grado de penetración de un impacto sobre el ambiente aledaño al desarrollo de un proyecto.
3. Penetración geográfica	Área de influencia de la afectación de un impacto.
4. Duración	Permanencia de los efectos del impacto considerando que no se apliquen medidas de mitigación.
<b>Severidad</b>	
5. Sensibilidad local	Conocimiento de la comunidad local, acerca de la magnitud del impacto asociado al desarrollo de un proyecto.
6. Magnitud	Evaluación de la severidad del impacto.
<b>Potencial de Mitigación</b>	
7. Reversibilidad	La posibilidad de retorno de la componente afectada a su estado natural (previo al impacto) y el tiempo requerido para ello ya sea por la acción del entorno

- |                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | natural o la aplicación de medidas inducidas para ello.   |
| 8. Costos económicos       | Determinación de los costos asociados a la mitigación de los impactos.  |
| 9. Capacidad institucional | Posibilidad de las instituciones para valorar el impacto y promoción de la participación de los tres niveles de gobierno o jerarquías dentro del sector privado, en función de la importancia de los impactos que un proyecto genere. |

De acuerdo con lo anterior, en la identificación de impactos se asignó una categoría negativo (adverso) a aquellas acciones del proyecto en cualquiera de sus etapas (disponibilidad de la draga en el sitio de extracción como actividad de preparación; vertido de material y acondicionamiento de las playas de acuerdo con el perfil de diseño y rellenos de mantenimiento) que inducirán alguna alteración a las condiciones naturales preexistentes, aun cuando éstas presenten un estado modificado en diverso grado. Por su parte, el carácter positivo (benéfico) se asignó a las acciones del proyecto que derivarán en una mejoría de las condiciones urbanas y de infraestructura turística, ambientales y socioeconómicas preexistentes en la zona de estudio. Cabe señalar que en el análisis, se hace referencia a impactos potenciales (tanto benéficos como adversos), cuya presencia y magnitud estará en función de la definición precisa de la evolución del proyecto en condiciones normales y las posibles afectaciones derivadas de condiciones extraordinarias, como es la presencia de ciclones y huracanes de fuerza poco frecuente.

Destaca el hecho de que no se evaluaron impactos irreversibles, residuales ni acumulativos, dada la naturaleza del proyecto. Para la mayor parte de los impactos identificados es posible aplicar medidas de mitigación que disminuyan de manera significativa la incidencia ambiental de los mismos.

En las siguientes páginas se presentan como Figuras V.1, V.2 y V.3, la matriz de identificación de impactos ambientales del proyecto y las Redes de Interacción proyecto-ambiente para las actividades de dragado y el vertimiento de arena en las playas a ser restauradas.



Figura V.1 Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.

"RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE PLAYAS ENTRE PUNTA CANCÚN Y PUNTA NIZUC"			CONSTRUCCIÓN					OPERACIÓN	
			Dragado en el banco de "Ollitas"	Dragado en el banco de "Megarrizaduras"	Transporte marítimo de arena de banco	Vertido de arena sobre playa	Operación de maquinaria pesada en playas	Actividades recreativas	Actividades de mantenimiento
<b>MEDIO ABIÓTICO</b>	Atmósfera	Calidad del aire	at	at	at	at	at		at
	Fondo marino	Relieve/batimetría de bancos	at	at					
		Relieve/batimetría de costa				Bp	at		
	Playa	Morfología				Bp	at	Bp	at
	Agua	Calidad	At	At	a* t	at	at		
		Sólidos suspendidos	at	at	at	at			
Transporte litoral					at	at		at	
<b>MEDIO BIÓTICO</b>	Vegetación	Vegetación marina en bancos de extracción	at	at					
		Vegetación marina en zona litoral				at	at		
	Fauna	Fauna en bancos de extracción	at	at					
		Fauna en zona litoral				A* t	A* t		
<b>PERCEPCIÓN</b>	Paisaje	Unidades de paisaje				at	at	Bp	at
<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO Y POBLACIÓN</b>	Población y economía	Actividades económicas	bt	bt	bt	bt	bt		bt
		Hacienda Pública						bp	bp
		Empleo	bt	bt	bt	b	bt		bt
		Calidad y diversificación de servicios						Bp	
		Protección de infraestructura hotelera						Bp	Bp
		Uso recreativo de playas						Bp	
		Riesgos a la población por huracanes						Bp	Bp

**Simbología:** A= adverso significativo, a= adverso no significativo, B= benéfico significativo, b= benéfico no significativo  
t= temporal, p= permanente, \*= potencial

Figura V.2 Red de Interacción para las obras de dragado

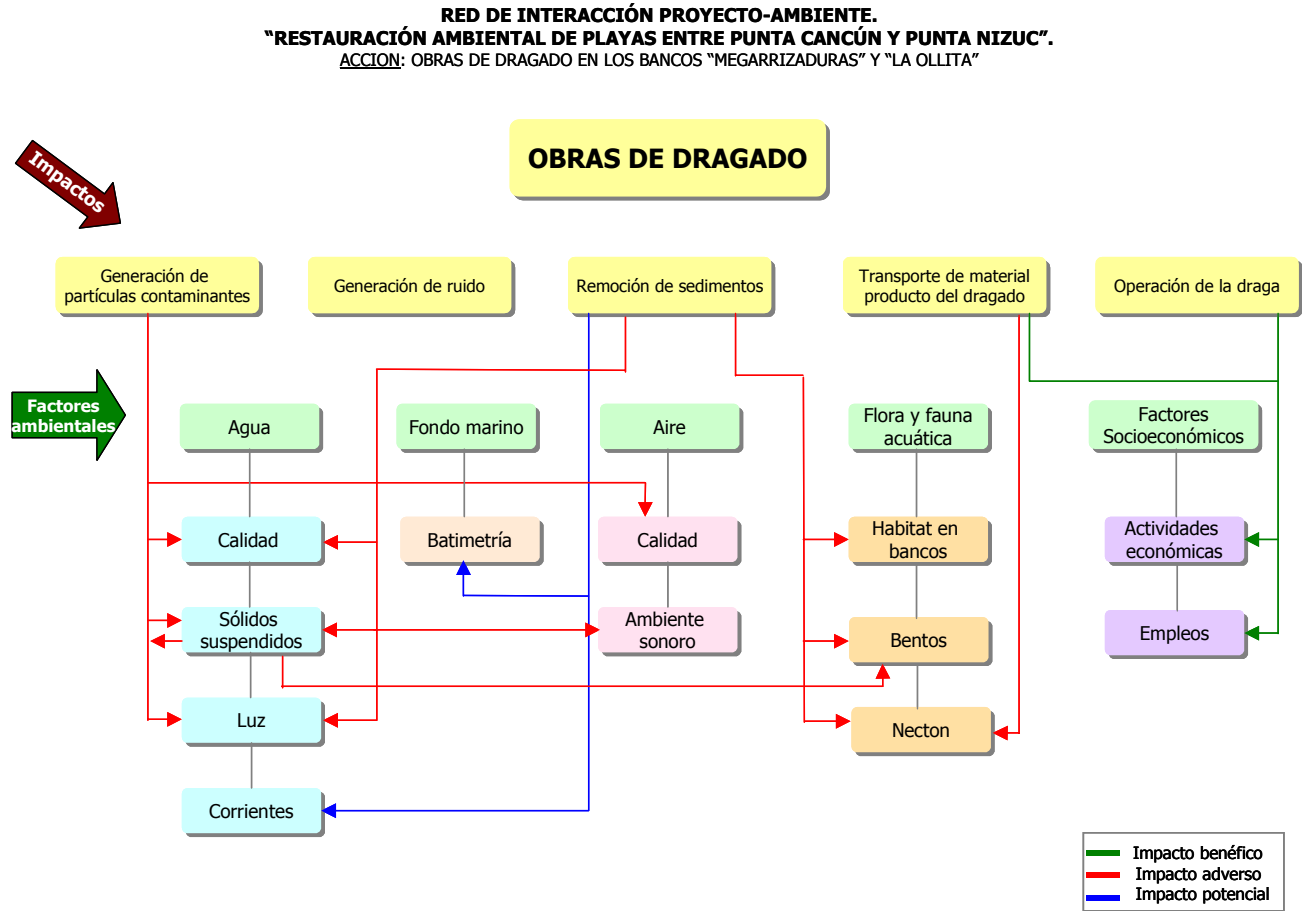
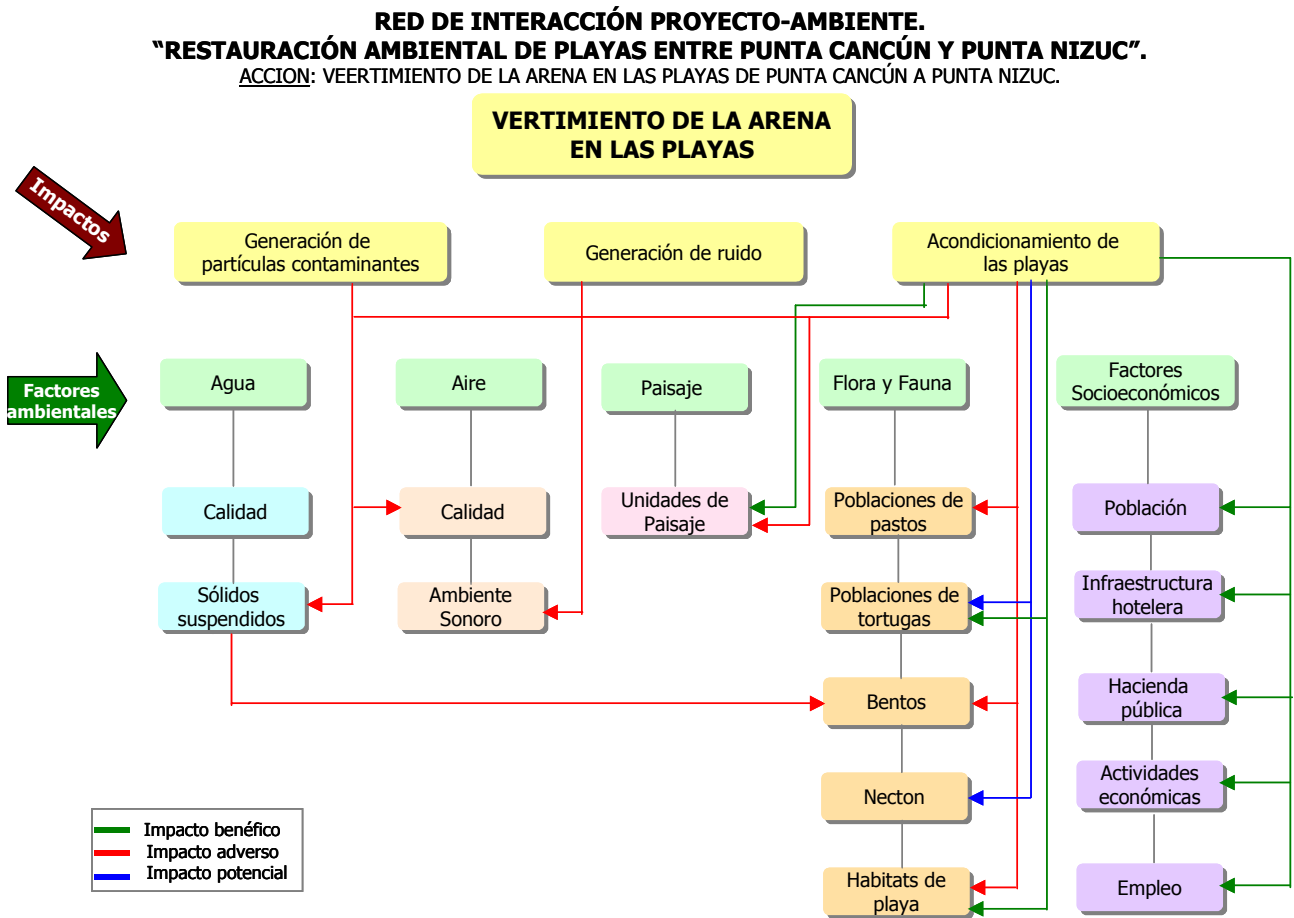


Figura V.3.. Red de Interacción para las obras de vertimiento de arena sobre las playas



## V.2 Descripción de los Impactos Identificados

De una primera matriz con cerca de 750 interacciones entre diversas actividades de proyecto en sus distintas etapas con los factores ambientales identificados, y luego de 4 cribados sucesivos, se obtuvo un matriz *ad hoc* para el proyecto evaluado con 133 interacciones (Figura V.1). De ellas, se identificaron 34 impactos adversos y 24 impactos benéficos, en el caso de los primeros la mayoría (30) son poco significativos y 4 significativos. En el caso de los impactos benéficos, 10 son significativos y permanentes.

En la matriz resultante, el vertimiento de arena en la playa fue la actividad con mayor número de interacciones, seguida de la operación de maquinaria para acondicionamiento del perfil de diseño y posteriormente el dragado en los bancos Megarrizaduras y La Ollita. Cabe la mención de que los impactos en cada uno de ellos será muy parecida, debido a que la penetración de la draga será a una profundidad similar, las poblaciones de pastos y otras comunidades vegetales y la fauna asociada, también son similares y aunque existen diferencias en la granulometría no son importantes para efectos de evaluación del impacto por lo que su significación se ha considerado igual.

Los factores ambientales incluidos en el análisis matricial son:

### ■ MEDIO ABIÓTICO

- Atmósfera
  - Calidad del Aire
- Fondo Marino
  - Relieve/batimetría de bancos
  - Relieve/batimetría de costa
- Playa
  - Morfología
- Agua
  - Calidad
  - Sólidos suspendidos
  - Transporte litoral

### ■ MEDIO BIÓTICO

- Vegetación
  - Vegetación marina en bancos de extracción
  - Vegetación marina en zona litoral
- Fauna
  - Fauna en bancos de extracción
  - Fauna en zona litoral
- Paisaje
  - Unidades de paisaje

## ■ MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Población y economía
- Actividades económicas
- Hacienda pública
- Empleo
- Calidad y diversificación de los servicios
- Protección a infraestructura hotelera
- Uso recreativo de playas
- Riesgos a la población por incidencia de huracanes

En tanto que las actividades que conlleva el proyecto son:

## CONSTRUCCIÓN

- Dragado en el banco La Ollita
- Dragado en el banco Megarrizaduras
- Transporte marino del banco al sitio de vertimiento
- Vertido de arena sobre la playa
- Operación de maquinaria pesada para conformación del perfil de diseño

## OPERACIÓN

- Actividades de mantenimiento
- Actividades recreativas

A efecto de determinar los impactos puntuales que producirá la obra evaluada, tomando como base la matriz cribada se construyeron 2 Redes de Interacción Proyecto-Ambiente; una de ellas para el dragado en si mismo y otra por el vertimiento de arena en la playa, acciones ambas que resultan de vital importancia para todo el proyecto (figuras V.2 y V.3)

En el primer caso se consideraron como acciones relacionadas con el dragado las siguientes:

- Generación de partículas contaminantes
- Generación de ruido
- Remoción de sedimentos
- Transporte de material dragado
- Operación de la draga

Los factores ambientales incluidos en ese caso, fueron:

- **AGUA**
  - Calidad
  - Sólidos suspendidos
  - Luz
  - Corrientes
  
- **FONDO MARINO**
  - Batimetría
  
- **AIRE**
  - Calidad
  - Ambiente sonoro
  
- **FLORA Y FAUNA ACUÁTICA**
  - Hábitat en bancos de extracción
  - Bentos
  - Necton
  
- **FACTORES SOCIOECONÓMICOS**
  - Actividades Económicas
  - Empleo

En el caso del vertido de arena en las playas, la red se conformó de la siguiente manera:

Como actividades del proyecto:

- Generación de partículas contaminantes
- Generación de ruido
- Acondicionamiento de playas

Como factores ambientales afectados:

- AGUA
  - Calidad
  - Sólidos suspendidos
  
- PAISAJE
  - Unidades de paisaje
  
- AIRE
  - Calidad
  - Ambiente sonoro
  
- FLORA Y FAUNA ACUÁTICA
  - Población de pastos marinos
  - Poblaciones de tortugas
  - Bentos
  - Necton
  - hábitat de playa
  
- FACTORES SOCIOECONÓMICOS
  - Población
  - Infraestructura hotelera
  - Hacienda pública
  - Actividades Económicas
  - Empleo

Valga decir que los factores ambientales incorporados en las redes de interacción, son aquellos cuya relación entre alguno de ellos como su respuesta al proyecto era necesario conocer de manera puntual.

## **MEDIO ABIÓTICO**

Se ha considerado que todas las actividades del proyecto ocasionarán un impacto de carácter adverso poco significativo temporal sobre la calidad del aire, tanto por la operación de la draga como por el uso de maquinaria pesada para la conformación de la playa. De igual manera, tanto en los sitios de extracción como en los frentes de obra durante el acondicionamiento de las playas se afectará la calidad del aire en lo que ambiente sonoro se refiere, lo que se considera un impacto poco significativo, temporal y con medida de mitigación.

El relieve en el área de los bancos se verá afectado por la draga de succión. Sin embargo, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, la draga penetrará en el fondo un máximo de 50 cm en una extensión aproximada de 11 Km<sup>2</sup> considerando los 2 bancos que serán utilizados. El impacto es temporal, poco significativo, específicamente porque la distancia de los bancos a la costa y el volumen de extracción no anticipa que pueda ocurrir un proceso de erosión en ella, ni de Isla Mujeres ni en Isla Blanca; aunque no es posible determinar el tiempo que tardará en restablecerse un perfil batimétrico similar al que existe actualmente, es de suponerse que, siendo Megarrizaduras y La Ollita sitios naturales de depositación de arena, aquella que se vaya perdiendo de las playas en que se utilizará, eventualmente regresará al sitio de extracción.

Con relación al perfil batimétrico de la costa, el vertido de arena en la playa actual tendrá un efecto benéfico significativo y permanente si se realizan las acciones de mantenimiento que se han previsto. A través de esta acción se recuperará el ancho de playa que se tenía antes del paso del huracán Gilberto y de esta manera se dispondrá de una estructura geológica estable que propicie el crecimiento natural de duna costera en los espacios disponibles para el caso. Sin embargo, durante el tiempo que duren las actividades de acondicionamiento de la playa (24 semanas) de acuerdo con el perfil de diseño, la batimetría de la zona costera puede verse afectada por la forma de vertido en la playa, lo que se considera un impacto adverso poco significativo y temporal con medida de mitigación.

Por otro lado, la conformación de la playa y la consecuente recuperación ambiental del área proporcionará protección a la infraestructura hotelera y a los prestadores de servicios asentados en la zona, lo que se considera un impacto benéfico significativo y permanente si se llevan al cabo las acciones de mantenimiento que se tienen previstas.

Con respecto a las afectaciones a la calidad del agua, la obtención de arena en los bancos producirá un impacto adverso significativo por el proceso de suspensión de sólidos durante



el dragado. De acuerdo con las características de la draga que se ha propuesto y la granulometría del material a dragar, se ha calculado que en general la extracción de arena en un banco causa que parte de las partículas finas (generalmente menores de 60 micras) contenidas en el material succionado<sup>3</sup>, sean expulsadas de la tolva (dicho material no excede el 2% del material dragado, es decir en este caso se calcula unos 70 m<sup>3</sup> de material rechazado por ciclo de operación de la draga) y permanezcan en suspensión en la columna de agua por un período de entre 2 a 6 horas antes de sedimentarse.

Un ciclo completo de operación de la draga que incluye la succión del material hasta completar la capacidad de la tolva, el traslado al sitio de vertido, el proceso de vertimiento y regreso al banco de extracción lleva aproximadamente 6 horas<sup>4</sup>, por lo que el material suspendido tendrá tiempo suficiente para sedimentarse en el fondo y por tanto no habrá un impacto acumulativo. Por otra parte, no obstante que en alta mar no habrá operaciones de carga o trasvase de combustible ni acciones de mantenimiento de ningún tipo, por lo que no se prevé alguna otra acción del proyecto que pueda causar un impacto negativo sobre la calidad del agua, el impacto se ha calificado como significativo aunque temporal.

Por otra parte, el impacto que puede ocurrir sobre la calidad del agua en la cercanía de los sitios donde se haga la disposición de la arena ha sido considerada en la elección del equipo a utilizar debido a que se ha elegido una draga de poca capacidad pero con gran posibilidad de maniobra en las condiciones del área, lo que hará que el proceso de conformación de la playa sea más eficiente ya que la pérdida de material es sensiblemente menor que cuando se usa una draga de mayor capacidad (la diferencia puede llegar a ser hasta del 30% de pérdida de material). Este hecho propiciará que el impacto que se presente sobre la calidad del agua en los frentes de obra se considere como adverso poco significativo, temporal y con medida de mitigación.

Con relación al paisaje se han hecho algunas consideraciones en virtud de las condiciones del área. Evidentemente durante el desarrollo de las obras habrá maquinaria asentada en la playa, material de apoyo para el movimiento de las mangueras durante el vertimiento de la arena; las mangueras mismas y la draga frente a la playa, todo ello ajeno al paisaje cotidiano de un sitio propicio para la recreación, descanso y disfrute de los elementos del paisaje (mar, playa, vegetación, etc.). De tal forma que durante las obras ocurrirá un impacto adverso poco significativo y temporal. Sin embargo, al final del proyecto y una vez retirada la maquinaria las unidades de paisaje quedarán debidamente integradas y por tanto el impacto será benéfico significativo y permanente, alterado en menor magnitud, durante las acciones de mantenimiento que se han previsto.

<sup>3</sup> La draga que será usada se denomina Autopropulsada de Succión en Marcha y se pretende que tenga una capacidad de 3,500 m<sup>3</sup>, que es una draga relativamente pequeña pero adecuada a las condiciones del medio.

<sup>4</sup> Para mayor referencia ver capítulo de descripción de obra

## MEDIO BIÓTICO

Tanto en el banco Megarrizaduras como La Ollita, las comunidades vegetales son escasas, al igual que la fauna asociada a ellas. Este hecho, como se ha comentado, se debe a que, siendo de manera natural sitios de acumulación de arena, existen fuertes limitantes para el desarrollo de amplias praderas de pastos y otras comunidades vegetales. En ese contexto, se considera al impacto que producirá el dragado como poco significativo y temporal sobre vegetación y fauna del lugar.

En el caso del vertimiento de arena en las playas específicamente para la vegetación y las comunidades de pastos en la zona del proyecto, el impacto también se considera adverso poco significativo. Una estimación basada en fotografía aérea y cuantificación de manchones de *Thalassia testudinum* arrojó como resultado que a lo largo de los 12 Km de línea de costa que abarca el proyecto, esta comunidad está presente en una superficie aproximada de unos 23,000 m<sup>2</sup>, que representa una pequeña superficie del total del área de proyecto y su área de influencia. Adicionalmente, como se menciona en el capítulo correspondiente a la caracterización del medio, es circunstancia común en el caribe que eventualmente grandes extensiones de pastos marinos e incluso de corales sean cubiertos por arena, con lo que se da pie al proceso de sucesión ya descrito, lo que implica que el daño a la vegetación que eventualmente pueda ocurrir es temporal y con medida de mitigación.

En el caso de las poblaciones de tortuga que llegan a desovar a lo largo de la costa, el impacto durante el tiempo que duren las obras (seis meses) será adverso potencialmente significativo y con medida de mitigación. Sin embargo vale mencionar que una vez que la recuperación de la playa haya ocurrido y se de al área el mantenimiento previsto, las condiciones para el arribo de tortugas serán mejores de lo que existe actualmente y eso se considera como un impacto benéfico significativo.

Por su parte, especialmente en Punta Nizuc donde el arrecife de coral está más próximo a lo que será el área de trabajo, tanto durante el vertido de la arena como en el proceso de conformación de la playa de acuerdo con el perfil de diseño puede ocurrir una afectación al coral por cubrimiento de pólipos con material fugado, lo que se considera un impacto adverso significativo con medida de mitigación. Por otra parte cabe mencionar que, a efecto de disminuir el impacto ambiental que producirá el proyecto, específicamente en los extremos del área, es decir en Punta Nizuc y Punta Cancún, la extensión de la playa seca y del perfil sumergido se han adecuado de acuerdo con la cercanía de las barreras de coral dado que el proyecto pretende la recuperación de las condiciones previas al huracán Gilberto y de ninguna manera ampliarlas o afectar otros elementos del ecosistema; razón por la cual el impacto se ha considerado potencial. Por la naturaleza del proyecto y las condiciones del área en la que se desarrollará, no se anticipa ocurran otros impactos al medio biótico.

## MEDIO SOCIOECONÓMICO

Todas las actividades consideradas en el proyecto producirán un impacto benéfico temporal poco significativo sobre el empleo y las actividades económicas. Los impactos de mayor significación serán, en primera instancia y de manera preponderante, sobre la protección a la población tanto permanente como flotante y la infraestructura hotelera. En efecto, dada la continua pérdida de playa a lo largo de toda la zona de proyecto algunos hoteles como se aprecia en fotografías de los capítulos precedentes corren un grave riesgo ya que en su frente, la playa ha desaparecido y el oleaje golpea directamente sobre su paramento. El desarrollo del proyecto producirá una sólida estructura que alejará al mar de las edificaciones y propiciará el espacio de recreación y paisaje que dio origen al desarrollo turístico del área. Por lo anterior, se considera que el proyecto producirá un impacto benéfico permanente.

Por otra parte, la formación de playa modificará el límite de la zona federal marítimo terrestre, restituyéndola en alguna medida a las condiciones que prevalecían antes del huracán Gilberto, lo que repercutirá en un proceso de regularización de concesiones e incremento en la captación por concepto de derechos. Lo anterior se ha considerado como un impacto benéfico permanente.

En síntesis, una evaluación del proyecto, considerando la necesidad que da origen a su desarrollo, las condiciones del entorno en el cual se pretende llevarlo al cabo, las medidas de diseño que se han incorporado para reducir el impacto ambiental y las medidas de mitigación que pueden ser aplicadas para reducir la significación de los impactos que se han descrito, inducen a considerar que el proyecto que se evalúa no causará desequilibrios a los ecosistemas ni a las condiciones sociales y económicas que prevalecen en el área.

## *VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES*

Un proyecto con los alcances y características como el aquí presentado a evaluación en materia de impacto ambiental, se puede considerar por si mismo como una medida de control ambiental, destinada a resarcir los impactos que sobre la estructura y morfología de las playas han provocado los procesos de erosión costera, y mantener, con ello, la operación de uno de los principales atractivos turísticos de la zona de interés, la línea de costa entre Punta Cancún y Punta Nizuc.

De hecho, es necesario señalar que ante la falta de cumplimiento de las regulaciones urbanas y ambientales en la ubicación y construcción de un gran número de instalaciones hoteleras, adelante y sobre la duna, los procesos de erosión costera se han intensificado durante los últimos años, situación que consecuentemente incrementa la vulnerabilidad de la población de Cancún, de su infraestructura y equipamiento urbano y turístico, así como de los recursos naturales que sustentan la actividad recreativa y de esparcimiento que se ofrece, a los daños que puede llegar a provocar la incidencia en la región de tormentas tropicales y huracanes, como se ha documentado y confirmado recientemente con la presencia del Huracán Iván, el pasado mes de septiembre.



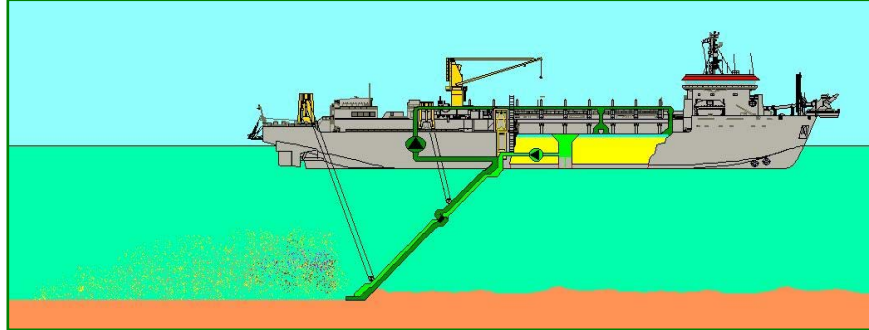
Sin embargo, se reconoce que la ejecución de las tareas de dragado, transporte del material dragado y la disposición de éste para la restauración de playas, conllevan por sí mismas una serie de impactos, los que por su naturaleza, tal y como se ha señalado en el capítulo que antecede (V), son viables de ser prevenidos y mitigados, además de su reversibilidad en el corto y mediano plazos; dado que el proyecto, finalmente, consiste en un relleno simple sin estructuras de cierre en ninguno de sus extremos, lo que reduce significativamente los impactos ambientales adversos que se puedan presentar durante su ejecución, así como en la operación y mantenimiento del mismo.

### **VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o corrección por componente ambiental**

Con objeto de mantener una correspondencia coherente y ordenada entre la estructura de la identificación y evaluación de los impactos ambientales, bajo la premisa de que los trabajos programados no pueden ser claramente diferenciados por etapa de ejecución, como se hace tradicionalmente para cualquier tipo de obra, es que se decide presentar las acciones de control ambiental (prevención, mitigación, restauración y compensación, en sus caso) por cada conjunto de componentes ambientales (medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico, sobre los cuales inciden el total de las tareas que integran el proyecto de Restauración de playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc. Además, de que durante el desarrollo de cada una de las tareas previstas, los impactos ambientales incidirán de manera diferente en el tipo y número de dichas componentes ambientales.

## MEDIO ABIÓTICO

Dado que la obtención del material para la restauración de las playas, se realizará con una draga autopropulsada de succión en marcha, con una capacidad estimada de 3,500 m<sup>3</sup>, sobre una superficie total de hasta 11 km<sup>2</sup>, considerando el uso



combinado de la arena de los dos bancos seleccionados (Megarrizaduras y La Ollita), se estima que los impactos en la calidad del aire y la calidad del agua, esta debida a la suspensión de sedimentos, técnicamente no son mitigables.

Mediante la creación de un área de supervisión ambiental, se verificará que tanto las actividades de abasto de combustible y de mantenimiento de cualquier tipo, de la draga, se realicen en puerto (*v.gr.* en Puerto Morelos) o en alta mar, de acuerdo a la normatividad ambiental, portuaria y marina aplicables, como la circulación de la draga entre los bancos y los sitios de disposición del material dragado correspondan a las rutas de navegación que han sido previamente establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de su Dirección General de Marina Mercante.

Igualmente, durante la conformación de las playas, con maquinaria pesada, se evitará que en los sitios de trabajo –entre la línea de costa y el mar- se realicen trabajos de mantenimiento, reparaciones y de abasto de combustibles, así como la instalación de campamentos, comedores, sanitarios o cualquier tipo de instalación temporal o permanente asociada a la ejecución del proyecto; esto, con objeto de evitar la contaminación de suelos y aguas.

Para ello, la empresa constructora deberá de disponer de un sitio cercano a cada uno de los frentes de trabajo, que garantice que el manejo y operación de la maquinaria y los servicios y facilidades que se otorguen al personal de obra cumplan con las normas oficiales mexicanas aplicables, además de que deberán contar con piso de cemento, buena ventilación y adecuada señalización. Específicamente, las áreas de almacenamiento temporal de combustibles deberán contar, adicionalmente, con tambos de arena, para usarse en caso de derrame, extintores de polvo químico y un dique de mampostería u otro material

equivalente, para contener hasta 1.5 veces el volumen de combustible almacenado:

CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-001-SEMARNAT-1996	<i>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.</i>	Se considerarán los parámetros establecidos por la NOM, como referencia para garantizar la calidad del agua marina antes y después de los trabajos de dragado y de disposición del material dragado en playa.
NOM-002-SEMARNAT-1996	<i>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal</i>	Deberán instalarse letrinas de sello hidráulico, una cada por 20 trabajadores. La empresa constructora será responsable de que la empresa prestadora de los servicios sanitarios cuente con los permisos municipales de disposición final de los residuos líquidos colectados.  Se ubicarán en un área señalizada, preferentemente con piso de cemento.

EMISIONES A LA ATMÓSFERA POR FUENTES MÓVILES		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-041-SEMARNAT-1999	<i>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.</i>	Como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana Roo no existe un programa de control y verificación de contaminantes.
NOM-044-SEMARNAT-1993	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kg.</i>	Igualmente, como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana Roo no existe un programa de control y verificación de contaminantes.
NOM-045-SEMARNAT-1996	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.</i>	También deberá tenerse como compromiso de la empresa constructora que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana Roo no existe un programa de control y verificación de contaminantes.
NOM-050-SEMARNAT-1993	<i>Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.</i>	Como compromiso de la empresa constructora se tendrá que garantizar el cumplimiento de un programa de mantenimiento vehicular, aún cuando en Quintana Roo no existe un programa de control y verificación de contaminantes.

RESIDUOS PELIGROSOS		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-052-SEMARNAT-1993.	<i>Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</i>	<p>La empresa constructora deberá estar registrada como generadora de residuos peligrosos, dada la naturaleza y características de los residuos producidos durante las tareas de mantenimiento de maquinaria, equipos y vehículos que utilicen en la ejecución de las actividades previstas.</p> <p>La empresa constructora será responsable de que la empresa o empresas prestadoras de los servicios de recolección, almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos cuente con los permisos federales correspondientes.</p> <p>Para el almacenamiento temporal <i>in situ</i>, deberá contarse con recipientes cerrados y debidamente etiquetados, y ser ubicados en un área señalizada, con piso de cemento y techada.</p>

EMISIONES A LA ATMÓSFERA – RUIDO		
Norma Oficial	Regulación	Vinculación del proyecto
NOM-080-SEMARNAT-1994	<i>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.</i>	La maquinaria, equipo y parque vehicular que se utilice durante la ejecución de las actividades previstas tendrán que sujetarse a los parámetros establecidos por la norma. Se establecerá como jornada de trabajo, particularmente para la zona de playa, de las 7:00 a las 17:00 horas.

En su caso, durante las tareas de mantenimiento de playas, aún cuando se estima que no serán requeridas antes del décimo año de la entrada en operación del proyecto, prácticamente deberán establecerse las mismas acciones de control ambiental hasta ahora planteadas.

Incluso, para precisar la ubicación y características físico bióticas de los posibles bancos a utilizar, deberá instrumentarse un programa de monitoreo que permita conocer, de manera regular y sistemática, de los procesos de transporte litoral, incidencia de vientos y corrientes, calidad de las aguas marinas y de la calidad de algunos indicadores biológicos, como podrían ser las praderas de *Thalassia*, las comunidades arrecifales cercanas a las corrientes dominantes, las poblaciones de peces ahí presentes, etcétera).

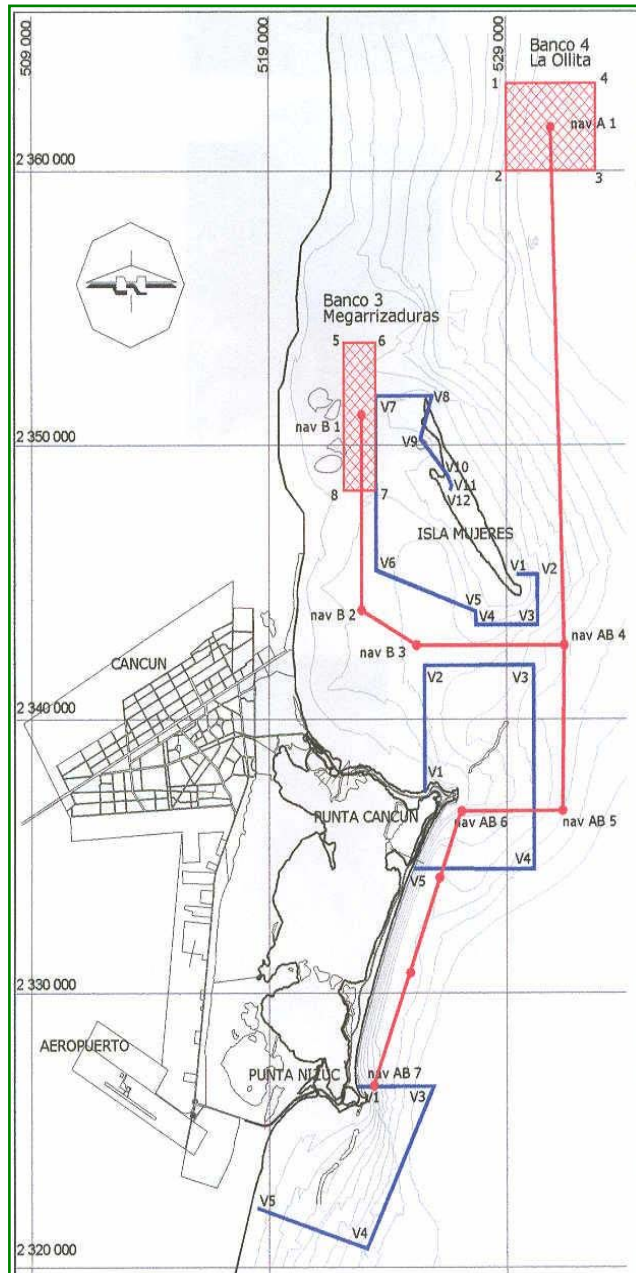
## MEDIO BIÓTICO

Como se ha señalado líneas arriba, tampoco para el medio biótico existen medidas de control ambiental viables, orientadas a la mitigación de los impactos que la

obtención del material para la restauración de las playas provocará sobre las comunidades de algas, las praderas de *Thalassia* y las poblaciones de gusanos tubícolas y sipuncúlidos, entre otros, asociados al fondo marino.

Sin embargo, con el propósito de conocer y verificar las condiciones físicas bajo las cuales se establezca un proceso local de sucesión vegetal, se instrumentará un programa de monitoreo ambiental, previo al inicio del dragado, el cual deberá incluir los arrecifes de las áreas colindantes, preferentemente aquellos ubicados dentro de los polígonos de protección del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.

Aún cuando la circulación de la draga entre los bancos y los sitios de disposición del material dragado, se hará de acuerdo a las rutas de navegación autorizadas por la SCT, a través de su Dirección General de Marina Mercante, las cuales se apegan a los lineamientos normativos establecidos por el Programa de Manejo del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, se verificará su cumplimiento con un supervisor ambiental abordo, toda vez que también habrá de orientar y asistir técnicamente a la tripulación de la draga para que cumpla con las medidas de control ambiental aquí establecidas, así como con los términos y condicionantes que resulten, en su caso, de la autorización del proyecto Restauración ambiental de playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc.



Durante la conformación de las



playas, se pondrá especial cuidado en impedir la realización de trabajos de mantenimiento, reparaciones y de abasto de combustibles, así como la instalación de campamentos, comedores, sanitarios o cualquier tipo de instalación temporal o permanente asociada a la ejecución del proyecto, con objeto de no interferir en la arribazón, anidación e incubación de las tortugas marinas en la zona de playa. Igualmente, se verificará el cumplimiento del horario de labores, de 7:00 a 17:00 horas, y del uso regulado de fuentes artificiales de iluminación, en caso de resultar necesaria su utilización.

En alcance a estas acciones, se trabajará conjuntamente con la SEMARNAT y el Ayuntamiento de Benito Juárez, bajo los lineamientos del programa protección de la tortuga marina, en la reubicación y protección de nidos.

Para confinar y limitar la dispersión de sedimentos, el vertido de arena en la zona de playa se hará de forma confinada, mediante la colocación de una tarquina o un tabla estacado perimetrales, que sobresalga por los menos 30 cm por arriba de la cresta de las olas más altas, en promedio. Antes de su retiro deberá verificarse que la calidad del agua presente cumpla con los parámetros previamente obtenidos. Esta verificación, o monitoreo de la calidad del agua, deberá ser extensiva a los arrecifes cercanos, en un rango de los 100 a los 1500 metros de la zona de trabajo.

## **MEDIO SOCIOECONÓMICO**

Con base en los alcances del proyecto, y al resultado de la identificación y evaluación de los impactos ambientales, es posible afirmar que la incidencia del proyecto Restauración ambiental de playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc sobre el medio socioeconómico son positivos, por lo que no se establece ningún tipo de control ambiental para ello.

Sin embargo, se deberían diseñar, aplicar y evaluar encuestas de percepción, tanto a la población residente, como al turismo nacional e internacional, para conocer acerca de la inserción del proyecto en la sustentabilidad del desarrollo local y regional, así como en la creación de una nueva conciencia ambiental sobre la importancia de conservar dunas y arrecifes, por ejemplo.

### **VI.2 Impactos residuales**

Del análisis de los alcances del proyecto, así como por su ubicación y la temporalidad de su instrumentación, no se estima que habrán de presentarse impactos residuales. Ello, debido a que los impactos que sobre arrecifes y praderas

de *Thalassia* puedan provocar los procesos de erosión costera y de transporte litoral son fenómenos naturales, con presencia estacional. Esto se sustenta con base en que las arenas presentes en los bancos Megarrizaduras y La Ollita comparten características físicas y químicas con la arena de las playas de Cancún, así como en la función que tiene las playas en la disminución de los impactos que genera, local y regionalmente, la incidencia de huracanes.

Además, aún cuando realmente son pocas, pero muy precisas las acciones de control y monitoreo ambientales su instrumentación garantiza que no se presenten impactos ambientales de naturaleza residual o acumulativo.

## VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

A lo largo del análisis del proyecto que se evalúa en el presente documento, se ha puesto de manifiesto la necesidad de recuperar el espacio de playa que existía en la zona previo al paso del huracán Gilberto. Con ello se protegerá no sólo la inversión hotelera e



infraestructura turística que se calcula en unos cinco mil millones de dólares, sino que se estará en condiciones de mantener una actividad fundamental para el estado y la región. La mayor parte de las acciones del proyecto evaluado, producirán impactos adversos poco significativos sobre diversos componentes del ecosistema. Las principales afectaciones ocurrirán en las acciones de dragado de los bancos seleccionados e impactos potenciales podrán ocurrir sobre la estructura coralina cercana a Punta Nizuc.

### VII.1 Pronóstico del Escenario

De acuerdo con lo señalado, a continuación se hacen algunas consideraciones de pronóstico en caso de que el proyecto no se lleve al cabo y los resultados de su instrumentación.

En un escenario sin proyecto:

En general, dada la dinámica costera en la región, se continuará perdiendo material en las playas, las que seguirán angostándose paulatinamente con el oleaje



normal y eventualmente de forma grave con la incidencia de un huracán nivel 3 o mayor.

Las afectaciones tanto naturales como antropogénicas que ha sufrido el arrecife en Punta Nizuc, y en general en toda la región, hacen prácticamente imposible la recuperación natural de las playas dado que, como se ha puesto de manifiesto a lo largo de los años posteriores al huracán Gilberto, la tasa de aportación de arena proveniente de los arrecifes aledaños a la barra en la que se ha desarrollado el enclave turístico más importante del país, ha disminuido, por lo que, sin algún tipo de intervención, la playa podrá desaparecer completamente en un término de 15 a 20 años. Baste señalar como ejemplo que con el paso del reciente huracán Iván (que se aprecia en la foto que aparece arriba), el cual no llegó de manera frontal a la costa de Cancún, algunos hoteles perdieron 5 metros de playa o más en 2 días.

Afectaciones a un hotel en Alabama por el paso de Iván. A pesar de la playa los cimientos del inmueble ya habían sido socavados

Si la erosión de la costa continúa, la posibilidad de recuperación ambientes aledaños se perderá definitivamente y los sitios de anidación de tortuga se reducirán paulatinamente hasta eventualmente desaparecer, con el consecuente daño a las poblaciones de quelonios.

En el caso de los bancos de material, sin desarrollo del proyecto, seguirán un proceso de evolución que implique la acumulación permanente de arena proveniente de la zona sur. La escasas poblaciones de vegetación y su fauna asociada, no presentarán un desarrollo más favorable del que han tenido en los últimos 10 años y las costas de isla Mujeres no tendrán un mayor desarrollo que el sostenido hasta la fecha.

En el caso de los arrecifes de Punta Nizuc y Punta Cancún que han estado sujetos a las modificaciones producto de diversos factores naturales como es el caso de los huracanes, ciclones y tormentas tropicales y a afectaciones derivadas del desarrollo urbano, la actividad turística, la disminución de cobertura de vegetación con las que el arrecife guarda relación (el manglar, por ejemplo) y otros impactos de carácter antropogénico, la ausencia de proyecto no propiciará una condición que les permita su recuperación, toda vez que se anticipan impactos poco significativos sobre el arrecife, especialmente en Punta Nizuc, donde se han tomado, desde el diseño del proyecto las precauciones necesarias para afectar lo menos posible a esa comunidad animal.

En caso de que el proyecto se instrumente, entonces el primer beneficio será que la playa brindará protección a la población de Cancún y la infraestructura hotelera y turística, aumentará la zona federal marítimo terrestre, por lo que la hacienda pública federal y municipal se verá beneficiada una vez que se hayan regularizado las concesiones que resulten con la nueva playa. La amplitud de la nueva playa permitirá sentar bases para promover mejores condiciones para la arribazón y desove de tortugas.

## **VII.2. Programa de Vigilancia Ambiental**

Derivado de las medidas de mitigación generadas para atenuar los impactos que el proyecto genere, se presenta al siguiente programa de vigilancia ambiental:

### **Subprograma: Verificación de la Operación de la Draga**

**OBJETIVO:**

Supervisar que las acciones de dragado se apeguen a la forma descrita de operación en cuanto a profundidad de la draga, seguimiento de ruta de navegación y carga de combustible.

**TEMPORALIDAD:**

Diario durante el tiempo que sea utilizada la draga para la obtención de material; mediante la participación a bordo de un supervisor ambiental.

### **Subprograma: Monitoreo en Bancos de Material**

**OBJETIVO:**

Conocer el comportamiento del transporte litoral y de los sedimentos en la zona a efecto de calcular la capacidad de recuperación de los bancos.

**TEMPORALIDAD:**

Semestral, a partir de la terminación de las obras

### **Subprograma: Monitoreo a Formaciones Arrecifales.**

**OBJETIVO:**

Conocer el comportamiento de las formaciones coralinas, especialmente en Punta Nizuc y Punta Cancún, durante la realización de las obras y posterior a su término.

**TEMPORALIDAD:**

Las acciones de este subprograma se deberán desarrollar en dos tiempos. Durante la realización de las obras se llevará al cabo un monitoreo semanal para conocer si las acciones del proyecto incrementan la cantidad de arena sobre el coral o si tales

actividades propician algún daño mecánico al coral. Al término de las obras el monitoreo se hará semestral, para determinar si el proceso natural de erosión costera afecta de forma distinta a las formaciones coralinas.

### **Subprograma: Monitoreo a Poblaciones de tortugas.**

#### OBJETIVO:

Conocer el comportamiento de las formaciones coralinas, especialmente en Punta Nizuc y Punta Cancún, durante la realización de las obras y posterior a su término.

#### TEMPORALIDAD:

Las acciones de este subprograma se deberán desarrollar en dos tiempos. Previo a la realización de las obras, deberá recopilarse información precisa sobre las condiciones de arribo y desove de tortuga, considerando especie, número de individuos y huevos rescatados. Al término de la realización de las obras se llevará al cabo un monitoreo diario durante la época de desove para conocer si las acciones del proyecto incrementan la cantidad de animales que arriban al área y si mejoran las condiciones para las actividades de desove

### **Subprograma: Verificación de la Conformación de Playas**

#### OBJETIVO:

Supervisar que las acciones de conformación de playa se apegan al diseño de las obras, especialmente la preparación para el perfil final

#### TEMPORALIDAD:

Diario desde el inicio de las obras y hasta su término

### **Subprograma: Calidad del Agua**

#### OBJETIVO:

Supervisar la calidad del agua durante las acciones de dragado y conformación de playas.

#### TEMPORALIDAD:

Mensual, se deberán tomar muestras tanto en los frentes de obra como en los bancos de material.

### **VII.3. Conclusiones**

Luego de un análisis preciso de las características de las obras y el grado de alteración que presenta la zona donde se pretende su instrumentación, y la importancia de Cancún como zona turística de relevancia internacional, es necesario recapitular sobre puntos nodales del proyecto.

Se pone de relieve que su realización es básica para el mantenimiento de la zona turística y recreativa del lugar, como protección a la infraestructura a la que se ha calculado un valor de cinco mil millones de dólares y a los bienes y vidas de la población que mora y trabaja en la ciudad de Cancún, cuya preservación es fundamental.

En ese sentido, la realización del proyecto resulta imposable, más aún cuando los elementos de diseño que se han incorporado resultan para una obra de las características descritas, de menor impacto ambiental que otras que pudieran depender de un mayor transporte de material o que requirieran estructuras de cierre para evitar el transporte litoral, alterando con ello no sólo la hidrodinámica costera de la región, sino también la recuperación natural de los bancos donde se extraerá la arena que se requiere para la recuperación de las playas y eventualmente las formaciones arrecifales del área

En un balance impacto-desarrollo, la realización del proyecto acarreará importantes beneficios ya descritos con impactos ambientales poco significativos y con medidas de mitigación claras. Un aspecto adicional que se ha considerado es que el proyecto como está planteado permitirá generar conocimiento preciso escala 1:1 sobre el comportamiento de arrastre litoral, erosión de costas, recuperación de bancos y afectaciones a las comunidades arrecifales, a las praderas de pastos marinos y otras comunidades vegetales y animales, dado las acciones de monitoreo de la evolución de las condiciones ambientales del área y las acciones de mantenimiento que se llevarán al cabo para potenciar los beneficios de la inversión que se requiere.

## **VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.**

Tal y como se mencionó en el capítulo V del presente estudio, se menciona que la naturaleza de un proyecto como el que es motivo del presente estudio, obliga al desarrollo de un análisis complejo de los impactos ambientales que se anticipan por las actividades del mismo. No obstante es un proyecto de naturaleza turística cuya finalidad inicial es la de restituir las playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc que han ido degradándose por efecto de la erosión y de la incidencia regular de fenómenos meteorológicos como son los huracanes. Esta situación pone en peligro a los habitantes de Cancún al desaparecer, casi en su totalidad, las estructuras naturales que protegen a las zonas costeras de la incidencia directa de huracanes y tormentas tropicales.

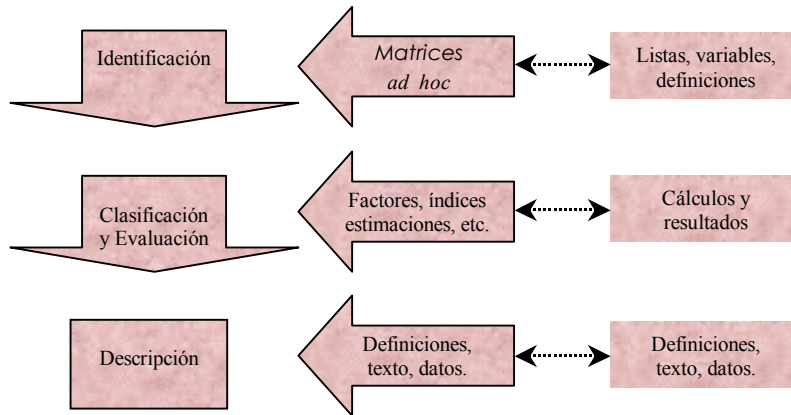
En otro orden de ideas es importante señalar que la inversión que se encuentra operando en Cancún asciende a cerca de 5 mil millones de dólares estadounidenses, lo que implica la necesidad de proteger esta inversión de la cual se benefician, además de los propietarios, los miles de trabajadores que se emplean para esta operación y mantenimiento.

La primera actividad metodológica que se realizó consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las experiencias documentadas en proyectos similares con la finalidad de observar, a priori, las condiciones ambientales que prevalecen en la región.

Posteriormente y, para efectos de realizar la primera visita de campo, se elaboraron listas de verificación como base para el ulterior desarrollo de matrices de cribado que condujeran a otra matriz de identificación de impactos ambientales que fueron elaboradas *ad hoc* para el proyecto. El marco conceptual de referencia y la aplicación de técnicas específicas de identificación, caracterización y evaluación de impactos permitieron, junto con un exhaustivo trabajo en campo, establecer los efectos que inducirá el desarrollo del proyecto y las diversas medidas de mitigación aplicables para cada una de las obras y actividades generadoras de impactos.

La secuencia metodológica se esquematiza a continuación:

**Identificación.**



Para ello, como es del conocimiento de las autoridades normativas de la SEMARNAT, existen diferentes técnicas para identificar las modificaciones que un proyecto producirá sobre las condiciones ambientales. Para el caso específico del proyecto "Restauración ambiental de playas entre Punta Cancún y Punta Nizuc" y los elementos que componen la totalidad del proyecto, se utilizó la técnica de *Matrices de Identificación y de Cribado*, cuyos renglones contienen los factores ambientales representativos (indicadores de impacto) en la superficie que será afectada por la realización del proyecto y aquellos que pueden verse influenciados más allá de ésta. Las columnas de la matriz representaron las actividades consideradas para cada etapa de la obra.

**Clasificación.**

**Consistió en especificar las características de cada impacto identificado: su carácter, duración, temporalidad, y todos aquellos elementos que permitan precisar el indicador de impacto. Con este objeto se determinaron los criterios a partir de los cuales de clasificará y evaluará el impacto, mismos que se presentan a continuación:**

CRITERIO	DEFINICIÓN
<b>Naturaleza del Impacto</b>	
5. Probabilidad de ocurrencia	Posibilidad de que un impacto se presenta como consecuencia del desarrollo de un proyecto.
6. Ambiente Afectado	Grado de penetración de un impacto sobre el ambiente aledaño al desarrollo de un proyecto.
7. Penetración geográfica	Área de influencia de la afectación de un impacto.
8. Duración	Permanencia de los efectos del impacto



considerando que no se apliquen medidas de mitigación.

### **SEVERIDAD**

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 7. Sensibilidad local | Conocimiento de la comunidad local, acerca de la magnitud del impacto asociado al desarrollo de un proyecto. |
| 8. Magnitud           | Evaluación de la severidad del impacto.  |

### **Potencial de Mitigación**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 10. Reversibilidad          | La posibilidad de retorno de la componente afectada a su estado natural (previo al impacto) y el tiempo requerido para ello ya sea por la acción del entorno natural o la aplicación de medidas inducidas para ello.                  |
| 11. Costos económicos       | Determinación de los costos asociados a la mitigación de los impactos.  |
| 12. Capacidad institucional | Posibilidad de las instituciones para valorar el impacto y promoción de la participación de los tres niveles de gobierno o jerarquías dentro del sector privado, en función de la importancia de los impactos que un proyecto genere. |

### **Evaluación.**

Consistió en estimar cuantitativa o cualitativamente la magnitud de los impactos identificados. Por ejemplo, para el caso de las emisiones a la atmósfera se aplican factores de emisión y se obtiene la aportación de contaminantes por actividad en función del número y tipo de máquinas que participen en la actividad, la cual puede posteriormente modelarse para simular la dispersión de los contaminantes en la atmósfera y sus concentraciones. En el caso de recursos naturales, vegetación y fauna por ejemplo, se recurre al juicio experto ya que no existen normas que proporcionen una referencia precisa sobre los impactos o alteraciones a este tipo de recursos.

### **Descripción.**

Una vez caracterizados y evaluados los impactos ambientales, se realizó una descripción analítica que ilustrara claramente el carácter y los alcances de los efectos esperados. A partir de la descripción precisa de cada impacto se derivaron las medidas de mitigación en cualesquiera de las vertientes aplicables para aquellos que se consideraron significativos.

### **Indicadores de impacto.**

Con base en la consideración de que un indicador es un elemento ambiental que es o puede ser afectado por un agente inductor (como lo son, en este caso, las acciones de las diversas etapas del proyecto), se anticipa que, para todas las etapas del proyecto se darán afectaciones en los componentes ambientales que se relacionan a continuación:

- Atmósfera
- Suelo
- Agua
- Vegetación
- Fauna
- Paisaje
- Socioeconomía

Es importante señalar que la afectación se prevé de intensidades variables a lo largo del desarrollo de las etapas que conforman la obra en su totalidad, incluyendo la de operación y mantenimiento.

#### **Lista indicativa de indicadores de impacto.**

- Atmósfera en lo relativo a la calidad del aire por:
  - Emisión de contaminantes
  - Generación de partículas suspendidas
  - Incremento en los niveles de ruido ambiente
- Agua
  - Alteración de la calidad del agua superficial
  - Partículas suspendidas
- Vegetación acuática y terrestre
  - Pérdida
- Fauna
  - Desplazamiento de fauna por pérdida de hábitat
- Paisaje
  - Modificación del paisaje natural
- Socioeconomía
  - Generación de empleos temporales y permanentes
  - Incremento en el valor del suelo
  - Modificación de la dinámica económica

- Incremento en la densidad poblacional y el comercio en la zona
- Recuperación del turismo

### **Criterios y metodologías de evaluación.**

La aplicación de criterios y métodos específicos de evaluación del impacto permitieron al grupo consultor valorar el efecto ambiental; los primeros facilitan la valoración de la importancia de los impactos y los segundos, otorgan una visión integral de los efectos de las acciones del proyecto.

### **Criterios**

Los criterios específicos que se utilizaron para realizar la evaluación se presentaron con precisión en el numeral V.1 del presente estudio. En éste se especifican las características que se asigna a cada impacto en cuanto a su calidad, temporalidad, permanencia, magnitud, etc.

Del mismo modo, la metodología empleada para realizar la evaluación y análisis de los impactos que se identificaron en el Capítulo VI, se precisó en el mismo apartado; en éste se clarifica la secuencia metodológica que se inicia con la creación de listas de verificación para realizar las visitas de campo y la identificación de variables que fueron objeto del análisis; se continuó el procedimiento con la elaboración de las matrices *ad hoc* para identificar los impactos y posteriormente se realizó la clasificación y evaluación a partir de los criterios definidos para ello.

#### ***VIII.1.1 PLANOS DEFINITIVOS***

Los planos definitivos del proyecto se presentan junto con el Anexo Técnico al final del documento.

#### *VIII.1.2 Fotografías*

Para una mejor comprensión de la lectura, así como de la descripción del proyecto y su entorno, se han integrado a lo largo de los capítulos que conforman el presente estudio, por lo que no se presenta un anexo fotográfico como tal.

#### ***VIII.1.3 Videos***

No se considera la presentación de videos anexos al presente estudio.

#### *VIII.1.4 Listas de flora y fauna*

**Los listados florísticos y faunísticos se presentan al final del capítulo IV de este estudio.**

---

## **VIII.2      *Otros Anexos***

Se presenta un Anexo Técnico en donde se detallan todos los estudios realizados previamente al planteamiento del proyecto. Se presenta, además, el nombramiento del C. Secretario de Turismo estatal al final del capítulo 1 del documento.

## **VIII.3      *Glosario de Términos***

**ARRECIFE:** Banco formado en el mar por rocas, puntas de roca o políperos y llega casi a flor de agua.

**BANCO DE MATERIAL:** Sitio donde se encuentran acumulados en estado natural los materiales que utilizarán en la construcción de una obra.

**BATIMETRÍA:** Representación gráfica de las curvas de igual profundidad.

**BENEFICIOSO O PERJUDICIAL:** Positivo o negativo.

**DAÑO AMBIENTAL:** Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

**DESMONTE:** Remoción de la vegetación existente en las áreas destinadas a la instalación de la obra.

**ESPECIES DE DIFÍCIL REGENERACIÓN:** Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre.

**IRREVERSIBLE:** Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecute la acción que ocasionó el impacto.

**MAGNITUD:** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro al ambiente.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causara con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

**RELLENO:** Conjunto de operaciones necesarias para depositar materiales en una zona terrestre generalmente baja.

**REVERSIBILIDAD:** Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

**SISTEMA AMBIENTAL:** Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

**URGENCIA DE APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

#### VIII.4 Bibliografía

Aguilar, D. F. (1981). Una metodología para estudios de avifauna. Tesis profesional, Facultad de Ciencias UNAM 75 pp.

Aranda M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología A. C. México.

Bahena B. H., Reptiles venenosos de Quintana Roo. Programa de Apoyo a la Culturas Municipales y Comunitarias (PACMYC). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Barajas M. J, y Pérez Jiménez, L.A. 1990. Manual para identificación de árboles de selva baja mediante cortezas. Cuadernos 6 Instituto de Biología UNAM. México.

Betty Bowers Marriot. Environmental Impact Assessment. McGraw Hill. 1997.

Cabrera Cano, E. *et al.* 1982. Imágenes de la Flora Quintanarroense. CIQRO. México.

Casas-Andreu, G. Y Guzmán-Arroyo, M. 1970. Estado actual de las investigaciones sobre Cocodrilos Mexicanos. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras sobre divulgación. Biol. 3: 1-50 pp.

CICY. 1993. Guía General del Jardín Botánico Regional. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. México.

Comisión Federal de Electricidad. (2000) Informe técnico. Proyecto de Restauración de Playas Punta Nizuc – Punta Cancún. México. CFE.

CONABIO, (1998), La Diversidad Biológica de México: Estudio del País 1998, CONABIO, México,

Daniel, W. S. and F. B. Frels. (1971). A Track-count method for censusing white-tailed deer. Texas. Parks and Wildlife Department. No. 7. 18 pp.

David E. D. (1982). Hand Book. Methods and Census of Vertebrates terrestres. T.H. D.C.R.C. Press. 6ª Ed. U.S.A.

De la Lanza Espino, Guadalupe. Comp. (1991) Oceanografía de mares mexicanos. México AGT Editor, S. A.569 pp.

Díaz Hernández Gabriel, (2001) Tesis Maestría Ing. Hidráulica. Análisis de vulnerabilidad por presencia de huracanes en las costas de la Península de Yucatán. México. Facultad de Ingeniería UNAM

Diario Oficial de la Federación, 1992. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 1992.

Diario Oficial de la Federación, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Domingo Gómez Orea. Evaluación del Impacto Ambiental. Editora Agrícola Española, 1999.

Durán, R., J. C. Trejo-Torres, G. Ibarra-Manríquez. 1998. Endemic phytotaxa of the Península of Yucatán. Harvard Papers in Botany 3(2):263-314.

Escalante R. S. 2000. Flora del jardín botánico. En: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín fundamentos y estudios particulares pp. 27.47. CONABIO-ECOSUR. México.

Flores S. Y Espejel Carvajal, I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán. México.

Gallegos M. Margarita et al. (1994) Growth patterns and demography of pioneer Caribbean seagrasses *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*, en Marine Ecology Progress Series. Vol. 109: pp 99-104.

Gallegos M. Margarita et al. (1994). Vertical growth of *Thalassia testudinum*: seasonal and interannual variability, en Aquatic Botany. No. 47: pp 1-11.

Gallegos Martínez Margarita Elizabeth. (1995). Tesis Doctorado en Ciencias. Dinámica de población y crecimiento de pastos marinos caribeños. México. Facultad de Ciencias UNAM.

García Enriqueta., "Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen" (adaptación a las condiciones climáticas de la República Mexicana", México, 1987.

García, N. Y J. Golubov. 1992 Tortugas marinas en la porción central de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, Informe final. Amigos de Sian Ka'an. 43 pp.

Golubov Figueroa, Jordan Kyril. (1994) Tesis Biología. Descripción de la zona de anidación y algunas características de la historia de vida de 2 especies de tortugas marinas (*Chelonia mydas* y *Caretta caretta*) en la porción central de la reserva de la biosfera Sian Ka'an Q. Roo. México. Facultad de Ciencias UNAM

González-Romero, A. López-González, C. (2000). El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: Aspectos generales sobre la ecología de los vertebrados del Jardín Botánico, 125-141 pp. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Hendrickson J. R. y L. P. Hendrickson. 1981. Living tags for sea turtles Final Report, U. S. Fish and Wildlife Service. In XCARET Programa de Conservación de Tortugas marinas. Resultados de la temporada 1997 Parque Eco-arqueológico Xcaret, Quintana Roo, México

Hernández, M.; G. Quiñones y M. Días. (1974). Estudio de la fauna silvestre en el área de Chuncucmil, Yucatán. Bosque y Fauna. # 11 (2): 35-45.

Howell S. y Webb S. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press.

Humman, P. 1992. Reef Creature Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 320 Pp.

Humman, P. 1993. Reef Coral Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 239 Pp.

Humman, P. 1994. Reef Fish Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla, Segunda Edición, 396 Pp.

Ibarra-Manríquez, G. J.L. Villaseñor & R. Durán, 1995. Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la península de Yucatán, México. Bol.Soc. Bot. México 57:49-77.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - Gobierno del Estado de Quintana Roo. Ed. (1999) Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. México. INEGI. 352 pp.

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo, Edición 1997, Gobierno del Estado de Quintana Roo..

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Carta Batimétrica del Mar Caribe CB-004, 1995.

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Resultados Preliminares del Censo de Población y Vivienda 2000.

INE/SEMARNAP. 1999. Proyecto de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylianos en México. Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento de los Crocodylianos en México (COMACRON). México.

Jiménez Espinoza, Martín (1990) Tesis Ing. Civil. Estudio de la remoción de arena en playas, por oleaje. México. Facultad de Ingeniería UNAM.

Keddy, P. A. (1996). Monitoring for conservation and ecology: Biological monitoring and ecology prediction from nature reserve management to national state of the environment indicators. Ed. Chapman and Hall Medical, London 249 273 pp.



MacArthur , Robert H.; MacArthur, John W. 1961. On bird species diversity. Ecology 42: 594-598.

Mandujano, S.. (1994). Conceptos generales del método de conteos de animales en transectos. Ciencia # 45 (203:211).

Mandujano S: y Gallina S. (1994). Ecología y Manejo del Venado Cola Blanca en México y Costa Rica: Comparación de Métodos para estimar la densidad poblacional del venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México. Christopher Vanghan, Miguel A. Rodriguez Editores, 1 Ed. 263-280 pp.

Manual de Ecología: Distribución y estimación del tamaño de la población a partir de la densidad. Ed. Pegaso, México, D. F. 1ª Ed. (29-37 pp.), 1985.

Marquéz, R. 1990. FAO species catalogue. Vol. 11 Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtles species know to date. FAO Fisheries Synopsis, No. 125 Vo. 11 Rome, FAO, 1990.8pp.

Molina, C., Rubinoff, P y Carranza J. 1998. Normas Prácticas para el Desarrollo Turístico de la zona Costera de Quintana Roo, México. Amigos de Sian ka' An – Centro de Recursos Costeros, URI. México.

Mortimer J 1981<sup>a</sup> Factors influencing beach selection by nesting sea turtles.45'-51pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de riesgo.

Pennington, T.D. y Sarukán, J. Árboles Tropicales de México manual para la identificación de las principales especies. 1998. Ediciones Científicas Universitarias. Serie Texto Científico Universitario. UNAM-F.C.E. México.

Perdigón Castañeda, María Teresa. (1998) Tesis Geografía. Impacto ecológico en los arrecifes coralinos de la Isla Cozumel, Quintana Roo, y consideraciones generales relativas a su manejo. México. Facultad de Filosofía y Letras UNAM.

Peterson, R. T. y E. L. Chalif (1989), Aves de México. Guía de Campo. Ed. Diana. México.

Plan Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, 1993.

Plan de Ordenamiento Ecológico de la Región Denominada Corredor Cancún - Tulum, Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 9 de junio de 1994.

Pritchard, P., P. Bacon, F. Berry, A. Carr, J. Fletmayer, R. Gallagher, S. Hopkins, R. Lankford, R. Márquez M., L. O. Pringle Jr., H. Reichart, y R. Whitham (1983). Manual Sobre Técnicas de investigación y Conservación de las tortugas Marinas. Segunda Edición.

K. A. Bjorndal y G. H. Balazs editores. Center for Environmental Education, Washington, D. C.

Pulido Salas, Ma. Teresa y Serralta Peraza, L. 1993. Lista Anotada de las Plantas Medicinales de Uso Actual en el Estado de Quintana Roo. CIQRO. México.

Quero, H. 1992. Palmas silvestres de la península de Yucatán. Publicaciones Especiales 10. Instituto de Biología UNAM. México,

Ralph, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martin, T. E.; Desante, D. F.; Mila, B. 1994. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report, Albancy, CA: Pacific Southwest Station. Forest Service, U. S. Department of Agriculture.

Ralph, C. John. 1988. A brief guide to banding birds. Wester bird-banding Association Workshop Manual. Arcata, CA: Humboldt Bay Bird Observatory.

Ralph, C. John; Scott J. Michael 1981, Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology No. 6, 630 p.

Ramírez, B. P.; De Sucre, M. E. A; Varona, G. D. E. (1996). Manual de ornitología. Lab. Zoología , ENEP Iztacala UNAM 18-21 pp.

Rodríguez Martínez, Rosa Elisa (1998). Tesis Maestría en Ciencias. Patrones de recuperación de *Acropora palmata* en un área perturbada por el huracán Gilberto (1988). México. Facultad de Ciencias UNAM.

Sánchez S. O. Y Islebe, G. 2000. Efectos del huracán Gilberto sobre la selva del jardín botánico. En: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín fundamentos y estudios particulares. CONABIO-ECOSUR pp. 75-90. México.

Sánchez S. O. 2000. Análisis estructural de la selva del jardín botánico. En: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín fundamentos y estudios particulares. CONABIO-ECOSUR pp. 59-74. México.

Segundo G. J. M y Collazo G. R. (*In press*). Aves del Centro de Conservación para la Investigación de la Vida Silvestre "San Cayetano", Estado de México.

Segundo G. J. M, Alarcón, V. M, Collazo G. R., (*In press*). Ornitofauna de México: Una alternativa de Conservación y Diversificación Productiva en el Sector Rural, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca – Instituto Nacional de Ecología. Ed. (1998) Programa de Manejo Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. México. SEMARNAP-INE.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 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. D.O.F. 6 de marzo de 2002. México.

Sobrevila, C y Bath, P. 1992. Evaluación Ecológica Rápida "Un manual para usuarios de América Latina y el Caribe. Edición Preliminar. USA.

Soriano Martínez, José Alberto (1999). Tesis Ing. Civil. Estudio de los efectos de huracanes Intensos en la zona costera del Sureste de México. México. ENEP Aragón. UNAM. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa de Manejo del Parque Marino Nacional denominado "Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc", 1998.

Sousa, M. y E. F. Cabrera. 1983. Listados Florísticos de México II. Flora de Quintana Roo. IBUNAM 100pp.

XCARET 1997 Programa de Conservación de Tortugas marinas. Resultados de la temporada 1997 Parque Eco-arqueológico Xcaret, Quintana Roo, México.

XCARET 1998 Programa de Conservación de Tortugas marinas. Resultados de la temporada 1997 Parque Eco-arqueológico Xcaret, Quintana Roo, México.

Zurita J. B. Preza, R. Herrera 1993b. Tortugas marinas del Caribe. pp.735-751. Biodiversidad marina y costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO.

Zurita J. B. Prezas y R. Herrera 1993a. Biología y Conservación de las tortugas marinas en el litoral central de Quintana Roo. Tem. 1990. Mem. IV taller regional de tortugas marinas de la Península de Yucatan.

Zurita, J. B. Prezas y. R. Herrera 1989. Biología y conservación de las tortugas marinas en el litoral central de Quintana Roo: Tem. 1989. CIQRO. Dpto. de Ecología Acuática 57 pp.