

---

---

**GUÍA PESQUERO-ACUÍCOLA, MODALIDAD PARTICULAR**

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

**I.1 Proyecto**

1.1.1. Nombre del proyecto: Campo Demostrativo de Arrecifes Artificiales Reef Ball en Santa Clara, Yucatán, México.

Creación de una zona de experimentación y estudio para Arrecifes Artificiales Reef Ball en la zona costera de Santa Clara, Dzidzantún, Yucatán, México.

1.1.2. Ubicación del proyecto (calle, número o identificación postal del domicilio), código postal, localidad, municipio o delegación.

El proyecto se ubicará en la zona costera de Santa Clara, perteneciente al municipio de Dzidzantún del estado de Yucatán, el polígono de la zona es el siguiente:

	UTM E	UTM N
1	2364804	289561
2	2368804	289561
3	2364804	291361
4	2368804	291361

1.1.3. Superficie total de predio y del proyecto.

Se verterán las estructuras en un área de 4,000 m<sup>2</sup> de fondo marino.

1.1.4. Duración del proyecto.

La realización del proyecto se estima en 12 años para el vertimiento de todas las estructuras, la duración del proyecto es indefinida ya que las estructuras una vez vertidas son colonizadas por organismos marinos.

**I.2 Promovente**

1.2.1. Nombre o razón social.

Arrecifes Artificiales de México Reef Ball México, S.A. De C.V.

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente: AAR041206RS2

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal (anexar copia certificada del poder respectivo, en su caso).

Lic. Javier Del Jesús Dájer Miguel. Director General.

1.2.4. Registro Federal de Contribuyentes del representante legal.

DAMJ611018LB1

1.2.5. Clave única de Registro de Población del representante legal.

DAMJ611018HYNJGV04

1.2.6. Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones, calle y número o bien lugar o rasgo geográfico de referencia en caso de carecer de dirección postal; colonia o barrio, código postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos, fax y correo electrónico.

Calle 2 No 190 C Interior 18 A Fraccionamiento Montecristo C.P 97133.

Telefono y Fax: 9484013/14

[Reefballmexico@prodigy.net.mx](mailto:Reefballmexico@prodigy.net.mx)

### **I.3 Responsable del estudio de impacto ambiental**

1.3.1. Nombre o razón social.

M. C. Gerardo Alfonso Avilés Ramírez

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes.

AIRG720710

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio, Registro Federal de Contribuyentes, Clave única de Registro de Población, profesión, Número de Cédula Profesional.

M.C. Gerardo Alfonso Avilés Ramírez.

R.F.C. AIRG720710

Cédula en trámite, se anexan copia de los Títulos de Licenciatura y de Maestría en Ciencias.

1.3.4. Dirección del responsable del estudio. Calle y número o bien lugar o rasgo geográfico de referencia en caso de carecer de dirección postal. Colonia o barrio, código postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos, número de fax y correo electrónico.

Calle 17-105-p, entre 30 y 32

Colonia Chuburná de Hidalgo, Fraccionamiento Ríos de Chuburná.

Mérida, Yucatán. C.P. 97203

Tel: 01 999 1039100

E-mail: [aviles0710@yahoo.com.mx](mailto:aviles0710@yahoo.com.mx)

---

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### II.1 Información general del proyecto

#### II.1.1 Naturaleza del proyecto

Se pretende el establecimiento de una zona de Arrecifes Artificiales con base a estructuras conocidas como Reef Ball. Los núcleos arrecifales conformarán zonas que proporcionaran un elemento artificial que será el sustrato duro dispuesto sobre un sustrato arenoso.

El principal objetivo es conseguir que el lugar donde se instale el conjunto de estructuras Reef Ball se convierta, con el tiempo, en un lugar de características similares a las de una zona de protección pesquera con fondos rocosos, mejorando las condiciones ambientales facilitando los procesos de colonización y reproducción de los organismos marinos de importancia pesquera y ecológica. Para mayor información se anexa documento con el proyecto descriptivo.

#### II.1.2 Ubicación física del proyecto y planos de localización

La zona del proyecto se ubica en la zona marina de Santa Clara, perteneciente al municipio de Dzindzantún, Yucatán. Se trazo un polígono, frente a las costas de Santa Clara, que se encuentra comprendido dentro de las siguientes coordenadas:

	UTM E	UTM N
1	2364804	289561
2	2368804	289561
3	2364804	291361
4	2368804	291361

De acuerdo a las investigaciones realizadas, se determino que este polígono presenta las condiciones ecológicas para la formación de arrecifes, pues los parámetros necesarios se presentan de una manera adecuada para la formación de montículos arrecifales y es el núcleo de fijación lo que se necesita para que se desarrollen los corales.

#### II.1.3 Inversión requerida

La inversión calculada para el total del proyecto son de \$10,000,000.00

### II.2 Características particulares del proyecto

#### II.2.1 Información biotecnológica de las especies a cultivar

La organización Reef Ball Development Group ha participado en más de 3000 proyectos exitosos alrededor en 40 países del mundo que a la fecha suman más de medio millón de elementos Reef Ball colocados y bajo monitoreo constante. Esta organización brinda asesoría y asistencia directa durante la fabricación de los elementos, apoya en los trabajos de colocación y participa activamente en el monitoreo de los proyectos. Se han instalado exitosamente elementos de diseño de Reef Ball en países como Australia, Estados Unidos, Filipinas, Malasia, República Dominicana, Curacao, Mar Báltico, Suiza, España, México, Turk y Caicos, Maldivas, etc.

Los sistemas de arrecife artificial Reef Ball, son esferas huecas de concreto producidas para eventualmente ser llevadas y puestas en el fondo marino con el propósito de aumentar el hábitat para peces y corales; son fabricadas con concreto no dañino al ambiente y diseñadas para imitar arrecifes naturales y durar más de 500 años. Los Reef Ball son económicos de instalar y han demostrado ser estables en tormentas tropicales y huracanes.

Las principales características de las estructuras son:

- ?? Estructuras circulares huecas
- ?? En forma de domo
- ?? Con numerosos orificios de diferentes diámetros en su pared que ponen en comunicación su espacio interno con el exterior.

Los ReefBall son formados por cemento que rodea un fuerte globo poliforme. El globo hace que las esferas floten para que puedan ser remolcadas detrás de lanchas de cualquier tamaño. Al llegar al sitio designado para la colocación, los globos son desinflados y removidos. Cuando la colocación es a través de buzos los Reef Ball se pueden colocar precisamente en el fondo usando un descenso controlado. De esta manera es posible reparar arrecifes naturales sin hacer daño a los alrededores del mismo. Las bolas también se pueden colocar sin la necesidad de buzos. Varios ReefBall se pueden remolcar con una sola lancha. El mar debe tener olas de menos de 3 pies, y la velocidad de remolque es de 2 a 3 nudos, pero hay técnicas disponibles para viajes más largos y para alcanzar velocidades de hasta cinco nudos.

Reef Ball Organization especifica un control estricto de la calidad del concreto para la fabricación de sus elementos, cuyas características químicas y mecánicas se mejoran mediante la adición de aditivos probados y compatibles con el medio ambiente marino. Primeramente se agrega microsilica al concreto para que al ser colocado en el mar tenga el mismo pH del agua de mar. Luego se le agregan otros dos aditivos para incrementar la fuerza del concreto y para que se le formen burbujas en la superficie de los elementos para darle una textura rugosa con fin de facilitar el establecimiento de vida marina en la superficie de los elementos

También se controla la resistencia mecánica de los elementos para asegurar su integridad al paso de los años. Los Reef Balls se fabrican para durar más de 500 años. La resistencia mecánica de diseño es una necesidad también para evitar desperdicio durante el desmolde y manejo de los Reef Balls para minimizar el número de elementos que se rompan durante la fabricación y manejo. Los elementos Reef Balls no llevan acero de refuerzo, sino que su resistencia se logra con los aditivos especiales que además le agregan resistencia a la abrasión.

La resistencia especificada para el concreto de los Reefballs es de 150 kgs/cm<sup>2</sup> para levantar los elementos de la base durante el colado y de hasta 250 kgs/cm<sup>2</sup> para su instalación. Esto asegura la longevidad de los elementos.

Las estructuras que se proponen sumergir en la costa de Santa Clara serán principalmente de cuatro tamaños diferentes con las siguientes dimensiones:

<b>Tipo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Peso</b>
Pallet Ball	1.22m	0.9m	750 kg
Bay Ball	0.9. m	0.60 m	350 kg
Mini Bay	0.60 m	0.45 m	120 kg
Lo Pro	0.45 m	0.30 m	60 kg

También se considerará la implementación de otras estructuras de mayor tamaño y con variantes de formas y objetivos diferentes (como las Layer Caker) empleadas preferentemente para coleccionar juveniles de langosta y otros fines especificos. Las estructuras Reef Ball serán colocadas dentro de un área de 4,000,000 m<sup>2</sup>, con áreas determinadas de acuerdo a la profundidad (ver Anexos).

Para la construcción de los arrecifes se empleará el personal de ARRECIFES ARTIFICIALES REEF BALL MÉXICO, S.A. DE C.V.. Para el vertimiento se emplearán 5 especialistas, tres de REEF BALL MÉXICO y dos supervisores ambientales, además de 15 pescadores que previamente entrenados por los especialistas de Reef Ball, aportaran sus lanchas para el traslado de las estructuras de Santa Clara a la zona de vertimiento.

### **II.2.2 Descripción de obras principales del proyecto**

La zona en la cual serán vertidas las estructuras se dividirá en cuatro zonas de 4 kilómetros de distancia a la costa con un frente de 250 metros de playa, cada una de las franjas estará conformada por diferentes módulos de arrecifes los cuales estarán en función de los experimentos a considerar.

En cada una de las cuatro áreas planteadas se verterán las estructuras a diferentes distancias de la playa:

<b>Distancia/Profundidad (m)</b>	<b>OBJETIVO</b>
200/1.5	Se instalarán Reef Ball de pequeñas dimensiones como los Lo-Pro y Mini Bay con fines de proporcionar refugio a peces juveniles. Se pueden realizar actividades de ecoturismo para los pobladores.
500/2.5	Se instalarán Reef Ball del tipo Mini Bay y Bay Ball con el fin de proporcionar refugio a peces de mayor tamaño que se encuentran en fondos dominados por pastos y macroalgas, procurando dar espacio a especies como el pulpo.
1000/3.25	Se verterán estructuras tipo Ballet y Reef Ball con el fin de proporcionar a peces ya adultos con el objetivo de crear zonas de reproducción que sirvan para ayudar a producir reclutas para las poblaciones naturales presentes. De igual manera se pretende verter algunos layer Cake para probar su eficacia como colectores de puerulos.
2000/4.5	En esta zona se verterán estructuras grandes con el fin de crear espacios para peces que necesiten de mayores profundidades para su reproducción los cuales podrán ser de las familias Serranidae, Haemulidae, etc. También el vertimiento de Layer Cake para fortalecer la presencia de langostas.
3000/5.25	En esta profundidad se pueden realizar actividades de colocación de estructuras mayores para que estas sean colonizadas por langostas y peces de mayores tamaños.
4000/6	En esta profundidad se pueden realizar actividades de colocación de estructuras mayores para que estas sean colonizadas por langostas y peces de mayores tamaños.

### II.2.3 Descripción de obras asociadas al proyecto

Se construirán dos muelles rústicos que servirán para la transportación de los arrecifes en las lanchas, estos muelles podrán ser desmontados totalmente al finalizar las actividades de transporte de las estructuras y los monitoreos a realizar (véase Anexos Planos – Muelles).

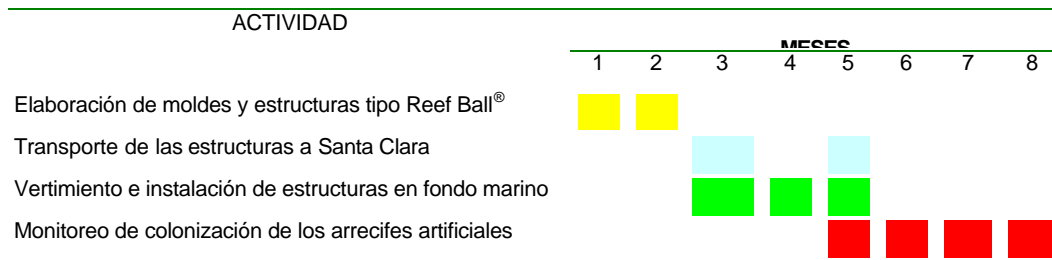
### II.2.4 Descripción de obras provisionales al proyecto

Se contempla la construcción de dos muelles rústicos que sirvan de apoyo en la colocación de las estructuras Reef Ball en las embarcaciones que servirán en el proceso de vertimiento y de monitoreo.

Los muelles tendrán un largo de 30 m con un ancho de 2.5 m, y serán construidos con maderas y anclados con pilotes de madera. Se anexa figura del muelle.

### II.3 Programa de Trabajo

Una vez fabricadas las estructuras, éstas serán transportadas a la zona en la cual se verterán, tanto en la zona núcleo como en la de amortiguamiento. Se calcula un tiempo de un mes para el total transporte y colocación de los arrecifes y un tiempo de 4 meses de estabilización.



### II. 3.1 Descripción de actividades de acuerdo a la etapa del proyecto

Las principales actividades serán la construcción de los arrecifes y su posterior vertimiento en el mar.

El proceso de construcción se explica a continuación; El concreto que se usa en la fabricación de las estructuras Reef Ball esta preparado con cemento marino tipo II y contiene la micro-silica Force 10,000 de W. R. Grace para crear un concreto extremadamente fuerte y resistente, con un pH similar al agua de mar. Esto distingue el concreto de los Reef Ball del concreto común que puede tener pH superficial tan elevado como 12. El alto pH impide la fijación y crecimiento de la flora y fauna marina, incluyendo el coral en su etapa larval. La microsilica da a las estructuras una expectativa de 500 años o más de utilidad.

---



---

Material	Etapa	Fuente de suministro	Forma de manejo y traslado
Cemento marino Tipo II*	Construcción	Local	Sólida
Polvo de piedra*	Construcción	Local	Sólida
Grava *	Construcción	Local	Sólida
Micro-silica **	Construcción	E.U.A.***	Sólida
Superplastificador y generador de aire**	Construcción	E.U.A.	Líquido

---

\* Material básico para elaboración del concreto

\*\* Aditivos:

**Micro-silica:** Force 10,000 (W.R. Grace; ASTM C-1240-93). Aditivo no-tóxico que permite que la estructura alcance un pH de 8.3-8.4, semejante al del agua del mar.

**Superplastificador y generador de aire:** WRDA-19 (W.R. Grace; ASTM C-494 type F) y Darex II (W.R. Grace; ASTM C-260). Aditivos no-tóxicos, dispersor de agua de alto rango (da una consistencia homogénea al concreto) y genera pequeñas bolsas de aire en la superficie del concreto (para facilitar la fijación de invertebrados marinos como corales).

\*\*\* Estados Unidos de América

El concreto es vaciado dentro de moldes los cuales contienen una serie de globos, los cuales son los que producen las oquedades características de la estructuras Reef Ball (véase Anexos Fotografías – Fabricación).

### II.3.2 Etapa de abandono del sitio

No aplica.

### II.3.3 Otros insumos

No aplica.

---

---

**III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO**

**1.- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. (Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988)<sup>1</sup>**

**TITULO PRIMERO**

**Disposiciones Generales**

**CAPÍTULO I**

**Normas Preliminares**

**ARTICULO 1o.-** La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

**II.-** Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;

**III.-** La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

**IV.-** La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.

**V.-** El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

**VI.-** La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;

**VII.-** Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;

**ARTICULO 5o.-** Son facultades de la Federación:

**X.-** La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;

**XI.-** La regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de los recursos forestales, el suelo, las aguas nacionales, la biodiversidad, la flora, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia;

**ARTICULO 7o.-** Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

---

<sup>1</sup> Se incorporaron modificaciones publicadas en el D.O.F. de fecha 7 de enero de 2000.



**XVI.-** La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades que no se encuentren expresamente reservadas a la Federación, por la presente Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 35 BIS 2 de la presente Ley;

**ARTICULO 15.-** Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

**I.-** Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país;

**II.-** Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;

**III.-** Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;

**IV.-** Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;

**V.-** La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de la vida de las futuras generaciones;

**VI.-** La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;

**VII.-** El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad;

**VIII.-** Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos;

**IX.-** La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;

## **SECCION V**

### **Evaluación del Impacto Ambiental**

**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:

**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;

**XI.-** Obras en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;

**XII.-** Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y

**ARTICULO 29.-** Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.

**ARTICULO 30.-** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

**ARTICULO 31.-** La realización de las obras y actividades a que se refieren las fracciones I a XII del artículo 28, requerirán la presentación de un informe preventivo y no una manifestación de impacto ambiental, cuando:

**I.-** Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades;

**II.-** Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado por la Secretaría en los términos del artículo siguiente, o

**III.-** Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados en los términos de la presente sección.

En los casos anteriores, la Secretaría, una vez analizado el informe preventivo, determinará, en un plazo no mayor de veinte días, si se requiere la presentación de una manifestación de impacto ambiental en alguna de las modalidades previstas en el reglamento de la presente Ley, o si se está en alguno de los supuestos señalados.

La Secretaría publicará en su Gaceta Ecológica, el listado de los informes preventivos que le sean presentados en los términos de este artículo, los cuales estarán a disposición del público.

**ARTICULO 33.-** Tratándose de las obras y actividades a que se refieren las fracciones IV, VIII, IX y XI del artículo 28, la Secretaría notificará a los gobiernos estatales y municipales o del Distrito Federal, según corresponda, que ha recibido la manifestación de impacto ambiental respectiva, a fin de que éstos manifiesten lo que a su derecho convenga.

La autorización que expida la Secretaría, no obligará en forma alguna a las autoridades locales para expedir las autorizaciones que les corresponda en el ámbito de sus respectivas competencias.

**ARTICULO 34.-** Una vez que la Secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente a que se refiere el artículo 35, pondrá ésta a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona.

Los promoventes de la obra o actividad podrán requerir que se mantenga en reserva la información que haya sido integrada al expediente y que, de hacerse pública, pudiera afectar derechos de propiedad industrial, y la confidencialidad de la información comercial que aporte el interesado.

La Secretaría, a solicitud de cualquier persona de la comunidad de que se trate, podrá llevar a cabo una consulta pública, conforme a las siguientes bases:

**I.-** La Secretaría publicará la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental en su Gaceta Ecológica. Asimismo, el promovente deberá publicar a su costa, un extracto del proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa de que se trate, dentro del plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la manifestación de impacto ambiental a la Secretaría;

**II.-** Cualquier ciudadano, dentro del plazo de diez días contados a partir de la publicación del extracto del proyecto en los términos antes referidos, podrá solicitar a la Secretaría ponga a disposición del público en la entidad federativa que corresponda, la manifestación de impacto ambiental;

**III.-** Cuando se trate de obras o actividades que puedan generar desequilibrios ecológicos graves o daños a la salud pública o a los ecosistemas, de conformidad con lo que señale el reglamento de la presente Ley, la Secretaría, en coordinación con las autoridades locales, podrá organizar una reunión pública de información en la que el promovente explicará los aspectos técnicos ambientales de la obra o actividad de que se trate;

**IV.-** Cualquier interesado, dentro del plazo de veinte días contados a partir de que la Secretaría ponga a disposición del público la manifestación de impacto ambiental en los términos de la fracción I, podrá proponer el establecimiento de medidas de prevención y mitigación adicionales, así como las observaciones que considere pertinentes, y

**V.-** La Secretaría agregará las observaciones realizadas por los interesados al expediente respectivo y consignará, en la resolución que emita, el proceso de consulta

pública realizado y los resultados de las observaciones y propuestas que por escrito se hayan formulado;

**ARTICULO 35 .-** Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.

### **CAPÍTULO III**

#### **Flora y Fauna Silvestre**

**ARTICULO 79.-** Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:

I.- La preservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción;

II.- La continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos del país a acciones de preservación e investigación;

III.- La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;

**ARTICULO 80.-** Los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, a que se refiere el artículo 79 de esta Ley, serán considerados en:

I.- El otorgamiento de concesiones, permisos y, en general, de toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento, posesión, administración, conservación, repoblación, propagación y desarrollo de la flora y fauna silvestres;

II.- El establecimiento o modificación de vedas de la flora y fauna silvestres;

III.- Las acciones de sanidad fitopecuaria;

IV.- La protección y conservación de la flora y fauna del territorio nacional, contra la acción perjudicial de plagas y enfermedades, o la contaminación que pueda derivarse de actividades fitopecuarias;

**ARTICULO 87.-** El aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre en actividades económicas podrá autorizarse cuando los particulares garanticen su reproducción controlada o desarrollo en cautiverio o semicautiverio o cuando la tasa de explotación sea menor a la de renovación natural de las poblaciones, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que al efecto expida la Secretaría.

No podrá autorizarse el aprovechamiento sobre poblaciones naturales de especies amenazadas o en peligro de extinción, excepto en los casos en que se garantice su reproducción controlada y el desarrollo de poblaciones de las especies que correspondan.

La autorización para el aprovechamiento sustentable de especies endémicas se otorgará conforme a las normas oficiales mexicanas que al efecto expida la Secretaría, siempre que dicho aprovechamiento no amenace o ponga en peligro de extinción a la especie.

El aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre requiere el consentimiento expreso del propietario o legítimo poseedor del predio en que éstas se encuentren. Asimismo, la Secretaría podrá otorgar a dichos propietarios o poseedores, cuando garanticen la reproducción controlada y el desarrollo de poblaciones de fauna silvestre, los permisos cinegéticos que correspondan.

### **TÍTULO TERCERO. Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales**

#### **CAPÍTULO I. Aprovechamiento Sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos**

**ARTICULO 88.-** Para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios:

I.- Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico;

II.- El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos deben realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico;

III.- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos, y

IV.- La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.

**ARTICULO 89.-** Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, serán considerados en:

I.- La formulación e integración del Programa Nacional Hidráulico;

II.- El otorgamiento de concesiones, permisos, y en general toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento de recursos naturales o la realización de actividades que afecten o puedan afectar el ciclo hidrológico;

#### **CAPÍTULO III. Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos**

**ARTICULO 117.-** Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

I.- La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;

II.- Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;

III.- El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas;

IV.- Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y

V.- La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

**ARTICULO 118.**- Los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua serán considerados en:

I.- La expedición de normas oficiales mexicanas para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud pública;

II.- La formulación de las normas oficiales mexicanas que deberá satisfacer el tratamiento del agua para el uso y consumo humano, así como para la infiltración y descarga de aguas residuales en cuerpos receptores considerados aguas nacionales;

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

#### CAPÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

#### ARTICULO 1.

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

#### ARTICULO 3.

Para los efectos del presente reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y las siguientes:

I. Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación;

II. 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;

III.- Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso;

IV.- Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico;

V.- Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema;

VI. Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas;

VII. Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;

VIII. Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente;

IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;

X. Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación;

XI. Informe preventivo: Documento mediante el cual se dan a conocer los datos generales de una obra o actividad para efectos de determinar si se encuentra en los supuestos señalados por el artículo 31 de la Ley o requiere ser evaluada a través de una manifestación de impacto ambiental;

XII. Ley: La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

XIII. Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente;

XIV. Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas;

XV. Parque industrial: Es la superficie geográficamente delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de la planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación. Busca el ordenamiento de los asentamientos industriales y la desconcentración de las zonas urbanas y conurbadas, hacer un uso adecuado del suelo, proporcionar condiciones idóneas para que la industria opere eficientemente y se

estímule la creatividad y productividad dentro de un ambiente confortable. Además, forma parte de las estrategias de desarrollo industrial de la región;

XVI. Reglamento: Este reglamento, y

XVII. Secretaría: La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

#### ARTICULO 5.

Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

I. Aprovechamiento de especies sujetas a protección;

#### Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:

Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros, con excepción de:

#### S) OBRAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS:

Cualquier tipo de obra o instalación dentro de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, con excepción de:

#### U) ACTIVIDADES ACUÍCOLAS QUE PUEDAN PONER EN PELIGRO LA PRESERVACIÓN DE UNA O MÁS ESPECIES O CAUSAR DAÑOS A LOS ECOSISTEMAS:

I. Construcción y operación de granjas, estanques o parques de producción acuícola, con excepción de la rehabilitación de la infraestructura de apoyo cuando no implique la ampliación de la superficie productiva, el incremento de la demanda de insumos, la generación de residuos peligrosos, el relleno de cuerpos de agua o la remoción de manglar, popal y otra vegetación propia de humedales, así como la vegetación riparia o marginal;

II. Producción de postlarvas, semilla o simientes, con excepción de la relativa a crías, semilla y postlarvas nativas al ecosistema en donde pretenda realizarse, cuando el abasto y descarga de aguas residuales se efectúe utilizando los servicios municipales;

III. Siembra de especies exóticas, híbridos y variedades transgénicas en ecosistemas acuáticos, en unidades de producción instaladas en cuerpos de agua, o en infraestructura acuícola situada en tierra, y

IV. Construcción o instalación de arrecifes artificiales u otros medios de modificación del hábitat para la atracción y proliferación de la vida acuática.

### 3.- LEY DE DELITOS AMBIENTALES

Código Penal para el Distrito Federal en Materia de Fuero Común y para toda la República en Materia de Fuero Federal



Título VIGESIMOQUINTO

Capítulo Unico Delitos Ambientales

ARTICULO 414. Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veinte mil días multa, al que sin contar con las autorizaciones respectivas o violando las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, realice, autorice u ordene la realización de actividades que conforme a ese mismo ordenamiento se consideren como altamente riesgosas y que ocasionen daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, o a los ecosistemas.

En el caso de que las actividades a que se refiere el presente artículo se lleven a cabo en un centro de población, la pena de prisión se incrementará hasta en tres años.

ARTICULO 415.

Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veinte mil días multa, a quien:

I.- Sin autorización de la autoridad federal competente o contraviniendo los términos en que haya sido concedida, realice cualquier actividad con materiales o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública, a los recursos naturales, la fauna, la flora o a los ecosistemas;

II.- Con violación a lo establecido en las disposiciones legales o normas oficiales mexicanas aplicables, emita, despidas, descargue en la atmósfera, o lo autorice u ordene, gases, humos o polvos que ocasionen daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la fauna, a la flora o a los ecosistemas, siempre que dichas emisiones provengan de fuentes fijas de jurisdicción federal, conforme a lo previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; o

III.- En contravención a las disposiciones legales o normas oficiales mexicanas, genere emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica o lumínica, provenientes de fuentes emisoras de jurisdicción federal, conforme al ordenamiento señalado en la fracción anterior, que ocasionen daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la flora, a la fauna o a los ecosistemas.

ARTICULO 416.

Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veinte mil días multa, al que sin la autorización que en su caso se requiera, o en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias y normas oficiales mexicanas:

I.- Descargue, deposite, o infiltre, o lo autorice u ordene, aguas residuales, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos y demás depósitos o corrientes de agua de jurisdicción federal, que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a la calidad del agua de las cuencas o a los ecosistemas.

Cuando se trate de aguas para ser entregadas en bloque a centros de población, la pena se podrá elevar hasta tres años más; o

II.- Destruya, deseque o rellene humedales, manglares, lagunas, esteros o pantanos.

ARTICULO 417.

Se impondrá pena de seis meses a seis años de prisión y de cien a veinte mil días multa, al que introduzca al territorio nacional, o comercie con recursos forestales, flora o fauna silvestre viva, sus productos o derivados o sus cadáveres que padezcan o hayan padecido, según corresponda alguna enfermedad contagiosa que ocasione o pueda ocasionar su diseminación o propagación o el contagio a la flora, a la fauna, a los recursos forestales y a los ecosistemas, o daños a la salud pública.

ARTICULO 418.

Al que sin contar con la autorización que se requiera conforme a la Ley Forestal, desmonte o destruya la vegetación natural, corte, arranque, derribe o tale árboles, realice aprovechamientos de recursos forestales o cambios de uso del suelo, se le impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y por el equivalente de cien a veinte mil días multa.

La misma pena se aplicará a quien dolosamente ocasione incendios en bosques, selva, o vegetación natural que dañen recursos naturales, la flora o la fauna silvestre o los ecosistemas.

ARTICULO 419.-

A quien transporte, comercie, acopie o transforme troncos de árboles derribados o cortados con un diámetro mayor de veinte centímetros en sus extremos, sin incluir corteza, o de diez centímetros, si se encuentra seccionado en su longitud, y con longitud superior a ciento ochenta centímetros, procedentes de aprovechamiento para los cuales no se haya autorizado, conforme a la Ley Forestal, un programa de manejo, se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de cien a veinte mil días multa.

ARTICULO 420.

Se impondrá pena de seis meses a seis años de prisión y por el equivalente de mil a veinte mil días multa, a quien:

I.- De manera dolosa capture, dañe o prive de la vida a algún mamífero o quelonio marino o recolecte o comercialice en cualquier forma sus productos o subproductos, sin contar con la autorización que, en su caso, corresponda;

II.- De manera dolosa capture, transforme, acopie, transporte, destruya o comercie con especies acuáticas declaradas en veda, sin contar con la autorización que, en su caso, corresponda;

III.- Realice la caza, pesca o captura de especies de fauna silvestre utilizando medios prohibidos por la normatividad aplicable o amenace la extinción de las mismas;  
IV.- Realice cualquier actividad con fines comerciales con especies de flora o fauna silvestre consideradas endémicas, amenazadas, en peligro de extinción, raras o sujetas a protección especial, así como sus productos o subproductos y demás recursos genéticos, sin contar con la autorización o permiso correspondiente o que, en su caso, estén declaradas en veda; o

V.- Dolosamente dañe a las especies de flora o fauna silvestres señaladas en la fracción anterior.

ARTICULO 421.

Además de lo establecido en el presente Título, el juez podrá imponer alguna o algunas de las siguientes penas:

I.- La realización de las acciones necesarias para restablecer las condiciones de los elementos naturales que constituyen los ecosistemas afectados, al estado en que se encontraban antes de realizarse el delito;

II.- La suspensión, modificación o demolición de las construcciones, obras o actividades, según corresponda, que hubieren dado lugar al delito ambiental respectivo;

III.- La reincorporación de los elementos naturales, ejemplares o especies de flora y fauna silvestre, a los hábitat de que fueron sustraídos; y

IV.- El retorno de los materiales o residuos peligrosos o ejemplares de flora y fauna silvestres amenazados o en peligro de extinción, al país de origen, considerando lo dispuesto en los tratados y convenciones internacionales de que México sea parte.

Para los efectos a que se refiere este artículo, el juez deberá solicitar a la dependencia federal competente, la expedición del dictamen técnico correspondiente.

ARTICULO 422.

Las dependencias de la administración pública competentes, deberán proporcionar al juez los dictámenes técnicos o periciales que se requieran con motivo de las denuncias presentadas por la comisión de los delitos a que se refiere el presente Título.

ARTICULO 423.

Tratándose de los delitos ambientales, los trabajos en favor de la comunidad a que se refiere el artículo 24 de este ordenamiento, consistirán en actividades relacionadas con la protección al ambiente o la restauración de los recursos naturales.

**4.- LEY DE AGUAS NACIONALES**

D.O.F. 1 de diciembre de 1992

LEY de Aguas Nacionales.

TITULO PRIMERO

Disposiciones Preliminares

CAPITULO UNICO

Artículo 1

La presente ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y

control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

## **5.- LEY FEDERAL DEL MAR**

TITULO PRIMERO Disposiciones Generales

CAPITULO I De los Ambitos de Aplicación de la Ley

ARTICULO 1o.— La presente Ley es reglamentaria de los párrafos Cuarto, Quinto, Sexto y Octavo del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a las zonas marinas mexicanas.

CAPITULO III De los Recursos y del Aprovechamiento Económico del Mar

ARTICULO 18.—La aplicación de la presente Ley se llevará a cabo en estricta observancia de la legislación sobre pesca, de las disposiciones emanadas de ella y otras aplicables, en cuanto a medidas de conservación y utilización por nacionales o extranjeros de los recursos vivos en las zonas marinas mexicanas.

ARTICULO 19.—La exploración, explotación, beneficio, aprovechamiento, refinación, transportación, almacenamiento, distribución, y venta de los hidrocarburos y minerales submarinos, en las zonas marinas mexicanas, se rige por las Leyes Reglamentarias del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo y en Materia Minera y sus respectivos Reglamentos, así como por las disposiciones aplicables de la presente Ley.

ARTICULO 20.—Cualquier actividad que implique la explotación, uso, y aprovechamiento económico de la zonas marinas mexicanas, distintas de las previstas en los dos Artículos anteriores del presente Título, se rigen por las disposiciones reglamentarias de los párrafos cuarto, quinto y sexto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como por la presente Ley y las demás leyes y reglamentos aplicables.

CAPITULO IV De la Protección y Preservación del Medio Marino y de la Investigación Científica Marina

ARTICULO 21.—En el ejercicio de los poderes, derechos, jurisdicciones y competencias de la Nación dentro de las zonas marinas mexicanas, se aplicarán la Ley Federal de Protección al Ambiente, la Ley General de Salud, y sus respectivos Reglamentos, la Ley Federal de Aguas y demás leyes y reglamentos aplicables vigentes o que se adopten, incluidos la presente Ley, su Reglamento y las normas pertinentes del derecho internacional para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino.

ARTICULO 22.—En la realización de actividades de investigación científica en las zonas marinas mexicanas, se aplicarán los siguientes principios:

I.—Se realizarán exclusivamente con fines pacíficos.

II.—Se realizarán con métodos y medios científicos adecuados, compatibles con la presente Ley y demás leyes aplicables y con el derecho internacional.

III.—No interferirán injustificadamente con otros usos legítimos del mar compatibles con esta Ley y con el derecho internacional.

IV.—Se respetarán todas las leyes y reglamentos pertinentes a la protección y preservación del medio marino.

V.—No constituirán fundamento jurídico para ninguna reivindicación sobre parte alguna del medio marino o sus recursos;

VI.—Cuando conforme a la presente Ley sean permitidos para su realización por extranjeros, se asegurará el mayor grado posible de participación nacional; y

VII.—En el caso de la fracción anterior, la nación se asegurará que se le proporcionen los resultados de la investigación y, si así lo solicita, la asistencia necesaria para su interpretación y evaluación.

## **6.- LEY FEDERAL DE TURISMO**

Título Primero. - Disposiciones Generales

Capítulo Unico. - Disposiciones generales

Artículo 1o.

La presente Ley es de interés público y observancia general en toda la República, correspondiendo su aplicación e interpretación en el ámbito administrativo, al Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Turismo.

Artículo 2o.

Esta Ley tiene por objeto:

- I. Programar la actividad turística;
- II. Elevar el nivel de vida económico, social y cultural de los habitantes en las entidades federativas y municipios con afluencia turística;
- III. Establecer la coordinación con las entidades federativas y los municipios, para la aplicación y cumplimiento de los objetivos de esta Ley;
- IV. Determinar los mecanismos necesarios para la creación, conservación, mejoramiento, protección, promoción y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos nacionales, preservando el equilibrio ecológico y social de los lugares de que se trate;
- V. Orientar y auxiliar a los turistas nacionales y extranjeros;
- VI. Optimizar la calidad de los servicios turísticos;
- VII. Fomentar la inversión en esta materia, de capitales nacionales y extranjeros;
- VIII. Propiciar los mecanismos para la participación del sector privado y social en el cumplimiento de los objetivos de esta Ley; y
- IX. Promover el turismo social, así como fortalecer el patrimonio histórico y cultural de cada región del país.
- X. Garantizar a las personas con discapacidad la igualdad de oportunidades dentro de los programas de desarrollo del sector turismo.

## 7.- LEY DE PESCA

(Publicado en el D.O.F. de fecha 25 de junio de 1992)<sup>1</sup>

### CAPITULO I

#### Disposiciones Generales

ARTICULO 1o.- La presente Ley es de orden público, Reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo relativo a los recursos naturales que constituyen la flora y fauna cuyo medio de vida total, parcial o temporal, sea el agua. Tiene por objeto garantizar la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establecer las bases para su adecuado fomento y administración.

ARTICULO 3o.- La aplicación de la presente Ley corresponde a la Secretaría de Pesca, sin perjuicio de las facultades atribuidas a otras dependencias de la Administración Pública Federal, las que deberán establecer la coordinación necesaria con esta Secretaría, la cual estará facultada para:

III.- Promover el consumo interno de una mayor variedad de productos y subproductos de la flora y fauna acuática, así como la diversificación de sus usos y formas de presentación, su industrialización, calidad y comercialización interna y externa, para lograr la mayor competitividad de éstos;

IV.- Promover el desarrollo de la acuacultura en coordinación con otras dependencias del Ejecutivo Federal, Estatal y Municipal;

V.- Será atribución de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales dictar las medidas tendientes a la protección de los quelonios, mamíferos marinos y especies acuáticas sujetas a protección especial o en peligro de extinción y participar con las dependencias competentes en la determinación de estas dos últimas. Asimismo establecerá las vedas totales o parciales referentes a estas especies;

VII.- Determinar, de acuerdo con las condiciones técnicas y naturales, las zonas de captura y cultivo, las de reserva en aguas interiores y frentes de playa para la recolección de postlarvas, crías, semillas y otros estadios biológicos, así como las épocas y volúmenes a que deberá sujetarse la colecta;

VIII.- Regular la introducción de especies de la flora y fauna acuáticas en cuerpos de agua de jurisdicción federal; definir las normas técnicas sanitarias para garantizar el sano desarrollo de las especies acuáticas y comprobar las medidas de prevención y control en materia de sanidad acuícola, en forma directa o por medio de laboratorios debidamente acreditados, en coordinación con las dependencias competentes de la Administración Pública Federal;

IX.- Establecer los volúmenes de captura permisible; regular el conjunto de instrumentos, artes, equipos, personal y técnicas pesqueras; el número de embarcaciones y sus

---

<sup>1 1</sup> Incluye reformas publicadas en los D.O.F. del 30 de noviembre de 2000 y 8 de enero de 2001

características, aplicables a la captura de determinada especie o grupos de especies; fijar la época, talla o peso mínimo de los especímenes susceptibles de captura y proponer las normas para su manejo, conservación y traslado;

## **8.- REGLAMENTO DE LA LEY DE PESCA**

### TÍTULO PRIMERO DE LAS DISPOSICIONES GENERALES

#### CAPÍTULO I DEL OBJETO Y LAS DEFINICIONES

Artículo 1o.- El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Pesca. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias de la

Administración Pública Federal.

Artículo 2o.- Para los efectos de este Reglamento, se entiende por:

I. Arte de pesca: el instrumento, equipo o estructura con que se realiza la captura o extracción de

las especies;

X. Producto pesquero: las especies acuáticas obtenidas mediante su extracción, captura o cultivo, así como cualquiera de sus partes;

XI. Puerto base: el puerto en el que está registrada la embarcación ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;

XII. Repoblación: el acto de introducir organismos acuáticos vivos en cualesquiera de los estadios de su ciclo de vida, en cuerpos de agua de jurisdicción federal con fines de mantener, recuperar o incrementar las poblaciones naturales pesqueras;

XIII. Sanidad acuícola: el conjunto de prácticas establecidas en las normas encaminadas a la prevención, diagnóstico y control de las enfermedades que afectan a los organismos acuáticos;

#### CAPÍTULO III DE LA INVESTIGACIÓN Y LA CARTA NACIONAL PESQUERA

Artículo 16.- La Secretaría, en coordinación con las dependencias competentes, realizará, auspiciará y promoverá, las actividades siguientes:

I. La investigación científica y tecnológica en materia pesquera;

II. La conservación, fomento, captura, repoblamiento y cultivo de especies acuáticas;

III. La celebración de convenios con instituciones de enseñanza media o superior, con el propósito de vincular sus programas a las necesidades del desarrollo pesquero;

IV. La celebración de convenios con instituciones de enseñanza media y superior, para incrementar la capacidad de administrar, aprovechar y transformar la flora y fauna acuáticas; para capacitar a quienes intervengan en la pesca y para la experimentación de las artes, equipos y métodos utilizables en el quehacer pesquero, y

V. La celebración de convenios internacionales, bilaterales y multilaterales en materia de investigación pesquera, para el mejor conocimiento, desarrollo y aprovechamiento de los recursos pesqueros, con la intervención que corresponda a la Secretaría de Relaciones Exteriores.

Igualmente, la Secretaría fomentará la investigación para mejorar y asegurar la calidad total y diversificar la presentación de los productos pesqueros y su mejor transformación, conservación y traslado, así como para la elaboración y actualización de la Carta Nacional Pesquera.

Para los efectos de la investigación, la Secretaría, por conducto del Instituto Nacional de la Pesca, podrá designar observadores a bordo de las embarcaciones o en las instalaciones pesqueras. Tratándose de embarcaciones menores a 10 toneladas de registro bruto, sólo podrá designar a un observador, en tanto que el número de observadores no podrá ser mayor a dos en embarcaciones de un tonelaje superior al señalado anteriormente, o en las instalaciones en tierra.

Artículo 17.- La Carta Nacional Pesquera, es la presentación cartográfica y escrita de los indicadores sobre la disponibilidad y conservación de los recursos pesqueros y acuícolas en aguas de jurisdicción federal.

La Carta Nacional Pesquera y sus actualizaciones, por acuerdo del titular de la Secretaría se aprobarán y se publicarán en el Diario Oficial de la Federación.

Artículo 18.- La Carta Nacional Pesquera, contendrá:

- I. El inventario de los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal, susceptibles de aprovechamiento;
- II. La determinación del esfuerzo pesquero susceptible de aplicarse por especie o grupo de especies en un área determinada, y
- III. Los lineamientos, estrategias y demás previsiones para la conservación, protección, restauración y aprovechamiento de los recursos acuáticos y para la realización de actividades productivas, y demás obras o actividades que puedan afectar los ecosistemas respectivos y las artes de pesca.

Para los efectos del presente artículo se entiende por aprovechamiento, la captura o extracción y el cultivo de los recursos acuáticos, respetando la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte.

## TÍTULO SEGUNDO DE LA PESCA EN GENERAL

### CAPÍTULO I DE LA CLASIFICACIÓN DE LA PESCA Y SU REGULACIÓN GENÉRICA

Artículo 29.- Pesca es el acto de extraer, capturar, recolectar o cultivar, por cualquier procedimiento, especies biológicas o elementos biogénicos, cuyo medio de vida total, parcial o temporal sea el agua, así como los actos previos o posteriores relacionados con ellas.

Artículo 30.- Las actividades pesqueras se clasifican en:



I. Captura o extracción con fines de:

- a) Pesca comercial,
- b) Pesca de fomento,
- c) Pesca didáctica,
- d) Pesca deportivo-recreativa y
- e) Pesca de consumo doméstico, y

## **9.- LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATAN**

### **TÍTULO PRIMERO**

#### **DISPOSICIONES GENERALES**

##### **CAPÍTULO I DEL OBJETO DE LA LEY**

**ARTÍCULO 1.** Esta Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto:

- I.** Garantizar el derecho de todos los habitantes del Estado a disfrutar de un ambiente ecológicamente equilibrado y saludable, que les permita una vida digna;
- II.** Definir los principios de la política ecológica y ambiental y establecer los instrumentos para su aplicación;
- III.** Preservar y restaurar el equilibrio ecológico, para el mejoramiento del ambiente en el Estado;
- IV.** Establecer, regular, administrar y vigilar las áreas naturales protegidas de competencia estatal;
- V.** Establecer las competencias y atribuciones del Estado y de los Municipios, conforme a los lineamientos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Constitución Política del Estado de Yucatán, esta Ley y su reglamento; y
- VI.** Sentar las bases para la formulación e instrumentación de los programas de ordenamiento ecológico en el territorio del Estado.

**ARTÍCULO 2.** Se consideran de utilidad pública:

- II.** La conservación, protección y el manejo adecuado de los sistemas ecológicos;

### **TÍTULO SEGUNDO**

#### **POLÍTICA ECOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL ESTADO**

##### **CAPÍTULO I FORMULACIÓN Y CONDUCCIÓN**

**ARTÍCULO 10.** En la formulación y conducción de la política ambiental para la defensa, preservación y restauración del equilibrio ecológico en la entidad; el Estado y los

Municipios, en la esfera de sus respectivas competencias, observarán y aplicarán los siguientes principios:

- I.** Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del Estado. Por tanto, sus elementos serán aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad, con el fin de que el aprovechamiento de los recursos naturales sea racional;
- II.** Las autoridades y los particulares asumirán su responsabilidad en la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente;
- III.** Quienes realicen obras o actividades que afecten o puedan afectar el equilibrio ecológico o el ambiente, estarán obligados a prevenir, minimizar o reparar los daños que causen, así como asumir los costos que dicha afectación implique;
- IV.** La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico y la protección al ambiente comprende tanto las condiciones presentes como las necesarias para determinar la calidad de la vida de las generaciones actuales y futuras;
- V.** Para evitar los desequilibrios ecológicos el medio más eficaz es la prevención de las causas que los generan;
- VI.** El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad;
- VII.** Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo racional, para evitar la generación de efectos ecológicos adversos y consecuentemente su agotamiento;
- VIII.** La coordinación entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, Estatal y Municipal, así como la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;
- IX.** En la concertación ecológica se consideran como sujetos de la misma, tanto a los individuos, como a los grupos y organizaciones sociales. El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza;
- X.** En el ejercicio de las atribuciones que esta Ley confiere al Ejecutivo del Estado para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y en general, inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se considerarán los criterios de preservación y restauración del equilibrio ecológico;
- XI.** El Estado y los municipios, en los términos de las leyes y reglamentos correspondientes, tomarán las medidas necesarias para preservar el derecho de disfrutar de un ambiente ecológicamente equilibrado;
- XII.** Garantizar el derecho de las comunidades incluyendo a la etnia maya, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad, de acuerdo a lo que determine la presente ley y otros ordenamientos aplicables;
- XIII.** Es necesario para el desarrollo sustentable mejorar la calidad de vida; y

**XIV.** Toda persona cumple una importante función en la protección, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en el desarrollo. Su completa participación es esencial para lograr el desarrollo sustentable.

#### **SECCIÓN IV EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

**ARTÍCULO 22.** El impacto ambiental que pudiesen ocasionar las obras o actividades que no sean de competencia Federal, será evaluado por la Secretaría, con la participación de los Municipios respectivos, en los términos de esta Ley y su Reglamento, cuando por su ubicación, dimensiones o características produzcan impactos ambientales significativos sobre el medio ambiente.

Las personas físicas o morales, que pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables en la materia, previo a su inicio, deberán obtener la autorización del Ejecutivo Estatal, por conducto de la Secretaría, en los términos de esta Ley y su Reglamento, así como cumplir con los requisitos que se les impongan.

**ARTÍCULO 23.** Requieren la autorización establecida en el artículo anterior, las personas físicas o morales que pretendan realizar las siguientes obras o actividades:

- I.** Obra pública estatal y municipal;
- II.** La explotación, extracción y tratamiento de minerales o sustancias no reservadas a la Federación;
- III.** La construcción de vías estatales y municipales de comunicación;
- IV.** El acondicionamiento y desarrollo de zonas y parques industriales;
- V.** El establecimiento de plantas industriales que no sean competencia de la Federación, así como las agroindustrias;
- VI.** La construcción y las actividades de centrales de abasto y rastros en general;
- VII.** La construcción de plantas de tratamiento, recuperación, reciclaje y disposición final de desechos sólidos no peligrosos;
- VIII.** La construcción de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales;
- IX.** Las actividades comerciales o de servicios con cualquiera de las siguientes características:
  - a).** Con emisiones a la atmósfera;
  - b).** Con descargas de aguas residuales potencialmente contaminantes del agua y el suelo;
  - c).** Con descargas de residuos sólidos que pudieran contaminar el suelo;
  - d).** Que utilicen aguas con fines mercantiles o de lucro;
  - e).** Que generen emisiones de ruido que pudieran superar los niveles máximos permitidos por las Normas Oficiales Mexicanas.

- 
- X.** Las actividades industriales no consideradas por la Federación como altamente riesgosas;
- XI.** Conjuntos habitacionales, fraccionamientos y nuevos centros de población;
- XII.** Desarrollos turísticos estatales, municipales o privados;
- XIII.** Obras o actividades que la Federación transfiera al Estado mediante los instrumentos jurídicos respectivos y que requieran de la evaluación del impacto ambiental; y
- XIV.** Las demás obras o actividades que se encuentren en el supuesto establecido en el artículo anterior.

**ARTÍCULO 24.** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 22 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría un informe preventivo, exceptuando los casos establecidos en el reglamento de esta Ley, que por la magnitud o naturaleza de la obra o actividad se requiera de la manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que determine la Secretaría. En ambos casos se deberá incluir la descripción de los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema de que se trate, considerándose el conjunto de los elementos que lo conforman y no únicamente los recursos que serían sujetos de aprovechamiento.

En los casos previstos por el reglamento de esta Ley, la manifestación deberá ir acompañada de un estudio de riesgo de la obra, actividad o de las modificaciones que se pretendan realizar.

**ARTÍCULO 25.** Admitida la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría mandará publicar en el Diario Oficial del Gobierno del Estado, a costa del promovente, una descripción del proyecto de la obra o de la actividad, con el fin de que en un plazo de diez días hábiles, contados a partir del día siguiente de la publicación, pueda ser consultada por cualquier persona, para en su caso, proponer el establecimiento de medidas de prevención y mitigación adicionales, así como las observaciones que considere pertinentes.

Los interesados podrán solicitar que se mantenga en reserva la información que se haya integrado al expediente, que de hacerse pública pudiera afectar derechos de propiedad industrial o la confidencialidad de la información comercial que aporte el interesado.

**ARTÍCULO 26.** Una vez evaluado el informe preventivo o la manifestación de impacto ambiental, y en su caso el estudio de riesgo, la Secretaría emitirá, debidamente

### **III.1 Información sectorial**

Estudios sobre Arrecifes Artificiales de Reef Ball en México son escasos, se han realizado diferentes proyectos en Yucatán destacando el realizado por el CINVESTAV a través del Dr. Thierry Brulé, el cual empleo Reef Ball para reproducir juveniles de mero.

### **III.2 Análisis de los instrumentos jurídico-normativos**

Es importante remarcar que en el año de 2004, México establece un programa nacional de Arrecifes Artificiales, mediante el cual se plantea la posibilidad de realizar y establecer zonas de arrecifes artificiales como actividad para el fortalecimiento de las actividades pesqueras ribereñas; sin embargo este programa no establece una normativa ambiental para el empleo de los arrecifes dirigiéndose el presente esfuerzo en tal sentido.

### **III.3 Uso actual de suelo en el sitio del proyecto**

No aplica

---

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

##### Inventario ambiental

##### IV.1 Delimitación del área de estudio

El área conocida como Santa Clara pertenece al municipio de Dzindzantún, Yucatán; es un área vecina a Reserva de Dzilám de Bravo. Comparte una importante porción del sistema conocido como Microcuenca de Chabihau.

Se anexa un plano con la ubicación del área en la cual se pretende realizar el vertimiento de las estructuras.

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

##### IV.2.1 Aspectos abióticos

**Tipo de clima:** De acuerdo con su posición geográfica el Estado de Yucatán se encuentra localizado dentro de los límites del Trópico mundial, lo cual determina el paso del sol por el cenit dos veces al año, antes y después del solsticio de verano, por lo que se ve sometido a una intensa radiación solar, lo que da lugar a un régimen climático predominantemente caluroso, con temperaturas altas durante el día y a la ausencia de temperaturas muy bajas durante la estación invernal. Sin embargo, por ocupar la posición septentrional del territorio peninsular y por su condición de planicie, con escasa altura y relieve, resulta en influencias marítimas favorables, como vientos húmedos y frescos. Esto influye en el comportamiento relativamente homogéneo de la temperatura, sobre todo en la región más cercana a la costa. Así mismo, por su ubicación la cantidad y distribución de las precipitaciones, se ven directamente relacionadas con la trayectoria de los vientos alisios y del norte, así como por fenómenos naturales como huracanes y ciclones formados en el Mar Caribe (CINVESTAV, 1991).

Debido a esto, se pueden observar los grupos climáticos Aw y Bw (según la clasificación Koeppen modificada por García, 1978), dominando el grupo Aw, correspondiente a climas cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, en la mayor parte del Estado, limitando al grupo Bw a una angosta franja paralela a la línea costera. Los tipos climáticos B encontrados son el B(h')w y el B(h')w(x'), los cuales son climas cálidos semisecos con régimen de lluvias en verano. Ambos grupos climáticos presentan diversos subtipos, dependiendo de la cantidad y distribución de las precipitaciones.

De esta manera, el clima predominante en el área de Santa Clara es el subtipo Bso(h')w(x'), correspondiente a un clima seco muy cálido con lluvias en verano, localizándose en la zona más seca del litoral mexicano.

En la temporada de lluvias las formaciones nubosas más características son del tipo cumulus y estrato cumulus con lluvias por la tarde. En los meses de septiembre a noviembre se pueden observar cumulus de gran desarrollo vertical, que producen las más intensas precipitaciones. A partir de diciembre, el resto del año y en la presencia de "Nortes" las formaciones más importantes son los cirros y cirroestratos de nubosidad alta.

**Precipitación:** Santa Clara tiene una precipitación anual de 600 mm con la mayor concentración en Junio (46.36mm en promedio), Julio (83.92mm en promedio), Agosto (76.18mm en promedio), Septiembre(108.64mm en promedio), y Octubre (74.38mm en promedio). Sin embargo la evaporación es siempre más de la precipitación, menos en la época de lluvia, pero en los meses de Febrero a Mayo, la época de seca, la evaporación es muchísima más de la lluvia, de Febrero (3 tiempos mas de evaporación), Marzo (10 tiempos más de evaporación), Abril (12 tiempos más de evaporación), y Mayo (4 tiempos más de evaporación, pero con niveles de evaporación más de todo el año). Con estos altos niveles de evaporación en la época de seca, cuando la mayoría del agua entrando en el humedal es del mar con altos niveles de salinidad, el agua y los suelos en el humedal están incrementando constantemente en salinidad durante esta época. Entonces cuando empieza las lluvias cada año, estos altos concentraciones de sal pueden mezclar con las aguas dulces y sale la ciega porque los niveles de agua en el humedales, con la ayuda de las lluvias, están más del mar y el agua es constantemente saliendo el humedal. También durante este tiempo es cuando los camarones entran en el humedal a crecer en los pastos marinos que pueden crecer con estos menos niveles de salinidad y es porque un flujo de agua libre de esta época es crucial.

---

Media	Monto total (mm)	Porcentaje (%)
Anual	539.47	100
Epoca de lluvia regulares		
Epoca de Nortes y Secas		
Máxima mensual	110.50	20
Minima mensual	9.74	2

---

**Vientos:** El movimiento principal del aire, a que queda sometida la región está regido por el centro anticiclónico de las Bermudas-Azores. Los vientos dominantes provienen del sureste y forman parte de las corrientes de los alisios. El anticiclón sigue hacia el norte y hacia el sur los movimientos del sol, lo cual provoca que las masas de aire sufran un debilitamiento en invierno y una acentuación en el estío, en consecuencia los vientos dominantes cambian también y da lugar para que intervenga la corriente occidental, donde grandes masas de aire se desplazan del centro de alta presión al norte de Estados Unidos y Canadá con aire frío y seco se humedecen al pasar por el Golfo de México formando los nortes que levantan el nivel medio del mar en casi un metro afectando de 15 a 20 metros de playa, con vientos del noroeste que se dejan sentir a partir del mes de julio. Los vientos que acompañan a los nortes alcanzan velocidades de 26 m/s, las principales formaciones nubosas son los cirros y estratocirros y dan origen a la precipitación con origen frontal o ciclónico. Tienen la particularidad de introducir, por las bocas de las rías, grandes cantidades de agua de origen marino al sistema palustre y estuarino que protege la barra arenosa, transportándola a contracorriente (Batllori, 1995). Las masas de aire sufren un debilitamiento en invierno con velocidades promedio de hasta 1.56 m/s y una acentuación en el estío (mayo) con 4.2 m/s. También por su ubicación frente a la sonda de Campeche se encuentra sujeta al efecto de marejadas y tormentas tropicales que ahí se generan (Beltrán, 1958).

## **Nubosidad**

En la temporada de lluvias, las formaciones nubosas más características son del tipo cumulus y estrato cumulus con lluvias por la tarde. Para los meses de septiembre a noviembre se presentan cumulus de gran desarrollo vertical, que producen las más intensas precipitaciones y en ocasiones se prolongan hasta las primeras horas de la noche. Este tipo de precipitación se conoce como de origen convectivo. De diciembre en adelante y en presencia de "nortes", las formaciones más importantes son cirros y cirroestratus de nubosidad alta.

## **Evaporación.**

En el análisis de la evaporación, referida conceptualmente a la evaporación de superficie libre, donde se evidencia la dinámica combinada del poder evaporante de la atmósfera y la superficie que se evapora, se hizo uso de las ocho estaciones ya conocidas.

El período considerado para las ocho estaciones fue de 1962-1992, es decir 31 años. Los datos básicos analizados, fueron los valores mensuales para cada año, a partir de los cuales se determinó la evaporación anual promedio, su desviación estándar y su coeficiente de variación resultando que los valores anuales promedios oscilan entre 1,868 mm. y 1,959 mm. en las zonas litorales (tomando como ejemplos Celestún y Progreso) y 1,891 mm. en el extremo suroccidental (tomando como ejemplo a Mérida). La variabilidad anual oscila, para tales localidades de la zona litoral, de 19 % a 16 %, mientras que para Mérida es del 14 %. El resto de las localidades, representada por sus respectivas estaciones, de modo general esta dentro de tales parámetros. Cabe destacar que la diferencia máxima entre estas localidades es alrededor de 90 mm., que representa aproximadamente el 5% del máximo valor, indicando que espacialmente y para estos valores anuales, existe homogeneidad para toda la región.

En cuanto a la distribución mensual de la evaporación de superficie libre, los meses de mayor evaporación son abril y mayo con valores que oscilan entre los 185 mm. y 230 mm, generalmente coincidentes con los meses de mayor insolación y de menos humedad relativa. Los meses de menor evaporación son diciembre y enero y sus valores oscilan entre los 100 mm. y 130 mm aproximadamente. De igual forma, la evaluación de la variabilidad mensual a través del coeficiente de variación, muestra que existe significativa variabilidad al oscilar todos los valores en un rango desde 7 % hasta 53 %, sin embargo no se evidencia gran variabilidad entre tales coeficientes de variación espacialmente.

## **Fenómenos climatológicos:**

Esta zona costera además de estar afectada por las marejadas y tormentas tropicales que se generan en la sonda de Campeche (Beltrán, 1958), se encuentra ubicada en el trayecto de tormentas tropicales y huracanes que tienen origen en el Atlántico y el Caribe Oriental. Estos fenómenos atmosféricos son estacionales y se inician en el mes de julio y terminan en noviembre. Cuando el caldeoamiento ha invadido la región insular de las Pequeñas Antillas se forman huracanes de gran recorrido y de potencia extraordinaria, principalmente los formados durante agosto, septiembre y octubre. Algunos llegan a cruzar la Península de



Yucatán, por Cozumel y Cancún o por la costa norte, para azotar los Estados de Tamaulipas y Veracruz así como las costas suroccidentales de los Estados Unidos.

Estos huracanes presentan una trayectoria parabólica bien definida y generalmente se recurvan al norte cerca de los 19° N y cinco grados más al norte muestran una inflexión hacia el nordeste, que se hace francamente notable casi a los 30° N, atravesando la Península de Florida y salir al Atlántico.

El huracán Gilberto, bautizado como el más potente del siglo que haya golpeado la Península de Yucatán, se originó el 10 de septiembre con carácter de tormenta tropical, al sur de la isla de Puerto Rico. El día 11 al llega al borde sur de la Isla de Haití fue declarado huracán. En la tarde del día 12 de septiembre, inició su recurva y pasó sobre la Isla de Jamaica. El día 13 su trayectoria cambio hacia el Oeste dirigiéndose hacia la Isla de Cozumel, la cual fue impactada al filo de la media noche, con rachas de viento de hasta 200kph. Alrededor de las 20:00 horas del día 14 pasó a una distancia aproximada de 70 km de la cd. de Mérida y salió de la Península entre el Puerto de Progreso y Telchac, con vientos de 124 kph (SARH, operador del radiosondeo de la Estación Mérida, Octubre de 1988).

Los efectos más graves del huracán Gilberto, desde Holbox hasta la región de los Petenes de Campeche, fueron principalmente cambios en la morfología costera debido a la apertura de 24 bocas que conectaron el sistema palustre y estuarino con el mar, pérdida considerable de playa e inundaciones de vastas áreas de manglar, sabana y selva inundable que se sufrieron las modificaciones en las características químicas del suelo y el marchitamiento por deshidratación.

En el oriente de la zona costera, hacia Uaymitún, se localizó un desbordamiento contenido por el reforzamiento de la carretera que lleva a Telchac Puerto. Otras aperturas importantes de unión con el mar se localizaron en Chabihau y Santa Clara. En ésta región de bajos las bocas se desarrollaron principalmente entre las viviendas de los pobladores quedando muchas de ellas completamente inhabitables.

En todo el sistema de ciénagas, aproximadamente desde Telchac hasta Sisal, se pudieron observar los efectos biológicos debidos a la perturbación de este huracán, a partir de los meses siguientes. La observación de éstos daños revela:

1. Destrucción de aproximadamente 30 km de dunas costeras en áreas críticas.
2. Muerte de manglares, por efecto tanto de los cambios en la presión atmosférica, las marejadas y los vientos salinos, en una franja discontinua de 130 km de largo.
3. Arrastre de arena al interior del sistema palustre y estuarino, en algunos casos con alteración e interrupción de flujos.
4. Apertura de bocas de mar en las rías y ciénagas.
5. Muerte de un gran número de aves marinas, principalmente sobre la población de flamencos.
6. Destrucción de importantes asociaciones de flora en una franja discontinua de 100 km.

7. Afectación importante de las condiciones naturales que sirven de base a las actividades productivas en todo la costa norte de la Península.

**Tabla.-Depresiones tropicales que han afectado el Caribe Mexicano en el periodo 1969-1995.**

1	JULIO DE 1960	ABBY	T	(120)	BELICE
2	JULIO DE 1961	ANNA	H	(125)	BELICE
3	SEPTIEMBRE DE 1961	CARLA	H	(120)	CANAL DE YUCATAN
4	OCTUBRE DE 1961	HATIE	H	(240)	BELICE
5	OCTUBRE DE 1964	HILDA	D	(50)	CANAL DE YUCATAN
6	SEPTIEMBRE DE 1965	DEBBIE	T	(90)	PUNTA NIZUC (CANCUN)
7	JUNIO DE 1966	ALMA	T	(112)	BELICE
8	OCTUBRE DE 1966	INEZ	H	(200)	A 25 Km DE ISLA HOLBOX
9	SEPTIEMBRE DE 1967	BEULAH	H	(120)	COZUMEL Y PUERTO MORELOS
10	NOVIEMBRE DE 1969	FRANCELIA	H	(120)	BELICE
11	OCTUBRE DE 1969	LAURIE	D	(55)	A 30 Km DE PUNTA NIZUC
12	SEPTIEMBRE DE 1970	ELLA	T	(120)	PUERTO MORELOS
13	AGOSTO DE 1971	CHLOE	T	(50)	A 65 Km DE BELICE
14	SEPTIEMBRE DE 1971	EDITH	T	(100)	BELICE
15	JUNIO DE 1972	AGNES	T	(115)	SE FORMA CERCA DE CANCUN
16	SEPTIEMBRE DE 1973	DELIA	D	(55)	COZUMEL
17	SEPTIEMBRE DE 1974	CARMEN	H	(242)	XCALAC
18	SEPTIEMBRE DE 1974	FIFI	H	(185)	BELICE
19	AGOSTO DE 1975	CAROLINE	D	(55)	A 20 Km DE CABO CATOCHE
20	SEPTIEMBRE DE 1975	ELOISE	T	(75)	COZUMEL Y PLAYA DEL CARMEN
21	OCTUBRE DE 1977	FRIDA	T	(55)	FRENTE A CHETUMAL
22	SEPTIEMBRE DE 1978	GRETA	H	(153)	BELICE
23	SEPTIEMBRE DE 1979	HENRY	D	(55)	A 50 Km DE CABO CATOCHE
24	AGOSTO DE 1980	ALLEN	H	(240)	FRENTE A CABO CATOCHE
25	SEPTIEMBRE DE 1980	HERMINE	T	(110)	BELICE
26	NOVIEMBRE DE 1980	JEANNE	T	(45)	CANAL DE YUCATAN
27	JUNIO DE 1982	ALBERTO	H	(137)	CANAL DE YUCATAN
28	AGOSTO DE 1985	DANNY	H	(144)	CANAL DE YUCATAN
29	OCTUBRE DE 1987	FLOYD	H	(130)	CANAL DE YUCATAN
30	SEPTIEMBRE DE 1988	GILBERTO	H	(295)	PUERTO MORELOS

---

31	NOVIEMBRE DE 1988	KEITH	T (115)	CANCUN
32	SEPTIEMBRE 1995	OPALO	H	COSTA CENTRAL QUINTANA ROO
33	SEPTIEMBRE 1995	ROXANA	H	COSTA CENTRAL QUINTANA ROO
33	OCTUBRE 1997	MITCH	H	HONDURAS COSTA SUR QUINTANA ROO

---

D.- DEPRESION TROPICAL; T.- TORMENTA TROPICAL; H.- HURACAN (120) .- VELOCIDAD en Km/hr con la que la depresión entro a tierra, en el punto más cercano de su trayectoria a la costa de Quintana Roo.

En septiembre de 2002, el huracán Isidoro azotó la península de Yucatán provocando la ruptura de la barra arenosa en varias secciones de la carretera que una a Chabihau con Santa Clara, provocando un mayor intercambio de las aguas entre la ciénaga y el mar, en los anexos de imágenes se muestra una foto de la ruptura cercana a Santa Clara.

### **b) Geología y geomorfología**

La mayor parte del Estado de Yucatán se encuentra sobre un gigantesco cráter formado hace aproximadamente 65 millones de años, por la caída de un meteorito que propició cambios evolutivos importantes en el planeta. Mediante investigaciones magnéticas, gravimétricas y estratigráficas se ha determinado que el cráter tiene 180 km. de diámetro y forma un círculo, cuya mitad está sobre el continente y la otra sobre la plataforma continental, cubierta por las aguas del Golfo de México. Los extremos pasan por El Palmar, al occidente y por Dzilám de Bravo, al oriente, y el centro se localiza cerca de Chicxulub Puerto. Las evidencias muestran una fuerte correlación con el anillo de cenotes peninsular, coincidiendo éste con el borde del cráter y que, debido a una sedimentación diferenciada, esta zona quedó como de alta permeabilidad y elevada solubilidad, acentuándose el fenómeno cárstico.

Los fenómenos orogénicos que estructuraron el relieve peninsular comenzaron a finales del Cretácico hasta el Pleistoceno (Wadell, 1926). A grandes rasgos, la estructura geológica de la Península de Yucatán fue determinada por dos eventos principales:

?? El primer ocurrió en el Eoceno (hace 52 a 36 millones de años), durante el cual se desarrolló un proceso de compresión que plegó las conformaciones y produjo un relieve ondulado en la porción sur del Estado (SARH, 1988). Al Este de Mérida el anillo de cenotes mencionado ocurre en el Eoceno superior mientras que al sur de la Ciudad los cenotes ocurren en la capa del Eoceno medio, por lo que no existe relación entre la alta concentración de cenotes en el anillo y la distribución de los estratos expuestos del Eoceno. La distribución del estrato del Oligoceno y del Mioceno dentro del anillo, descansando sobre el estrato del Eoceno sugiere que durante el Oligoceno tardío el área dentro del anillo se convirtió en una cuenca depositacional (Perry et al, 1995). A finales de la época Oligocénica, la península permaneció sobre el nivel del mar, efectuándose una fuerte erosión en los dolomíos Cretácicos, donde la tectónica de este período estableció los pliegues montañosos de Chiapas, fundamentalmente.

?? El segundo tuvo lugar durante el Mioceno y el Plioceno y dio origen a dos sistemas de fracturas orientadas NE - SW y NW -SE, esta última denominada "Sierrita de Ticul". Durante el Mioceno Medio, el hundimiento de la Península favoreció la precipitación de carbonato

de calcio, dando como resultado que la porción septentrional de Yucatán quedara formada en su mayor parte por calizas del Plioceno.

Con respecto a las zonas costeras en la Península de Yucatán fueron tres los eventos geológicos que determinaron su configuración actual:

?? El primer evento fue la estabilización de la línea de costa del Pleistoceno, durante el período interglacial Sangamon, en 5 y 8 m sobre el nivel actual del mar, hace aproximadamente 80,000 años; es decir, el norte de la Ciudad de Mérida se encontraba inundada por un mar somero. Este evento permitió la formación de las ondulaciones de playa a lo largo de la línea de costa que se asocian con las presentes lagunas costeras.

?? El segundo fue el descenso de 130 m del nivel del mar durante la glaciación del Winsconsin, hace aproximadamente 18,000 años. La plataforma marina fue expuesta a procesos terrestres y atmosféricos y sujeta a la erosión de valles y cuencas, así como a la sedimentación en las planicies y deltas. Dando como resultado el estado geológico para el desarrollo de las modernas lagunas costeras durante la transgresión del Holoceno, debido principalmente a las depositaciones eólicas de sedimentos en el margen marino de la isóbata de 5 metros. La depresión topográfica formada al interior fue llenada y expuesta a la energía marina, en el margen oriental de la Península, estas depositaciones se representan en Contoy, Isla Mujeres y Cancun.

?? El tercer evento importante comenzó cuando la transgresión disminuyó 8,000 años atrás, llegando a un nivel de 3 a 4 m por debajo del nivel actual, iniciándose la depositación de sedimentos carbonatados del Cuaternario en las áreas costeras actuales. Durante los últimos 5,000 años, el nivel del mar ha aumentado gradualmente hasta llegar a la presente elevación, produciendo la configuración de la línea de costa; y donde los procesos constructores de barras comenzaron a encerrar pequeñas porciones internas de la plataforma y a llenar depresiones (Ward y Wilson, 1974; Lankford, 1976).

Los principales agentes geomórficos que actúan en el área de estudio son el agua de escurrimiento, el agua subterránea, el viento, las olas, corrientes, mareas, el hombre y otros organismos, ya que son capaces, todos ellos, de remover el material de una parte de la corteza terrestre para depositarlo en otra, por lo que se les considera como agentes exógenos. Los principales procesos que se llevan a cabo son la meteorización superficial de la roca, tanto física (expansión térmica), como química (disolución), la erosión (hídrica y eólica), la remoción en masa (hundimiento) y la acumulación (biogénica, eólica y de precipitación de solutos), donde el clima tiene una gran influencia sobre éstos procesos geomórficos.

Entre los principales tipos de roca caliza en la Península destacan: la coraza calcárea exterior, las calizas blandas subsuperficiales y los arenales calcáreos de la costa.

Un rasgo distintivo del territorio peninsular es la presencia casi continua de un manto rocoso superficial, de naturaleza calcárea y extremada dureza, que recubre principalmente las planicies del norte y del oriente de la Península y en las formaciones cerriles de la porción central. Esta coraza aparece sobre el territorio independientemente de la edad geológica del material que la constituye (Duch, 1988), presenta un color de blanco-grisáceo en los materiales más antiguos a blanco-amarillento en los materiales más jóvenes Asimismo, el

aspecto físico de la coraza muestra dos expresiones fundamentales que pueden presentarse juntas en la superficie de la coraza: una superficie predominantemente lisa, o una que presenta un alto grado de rugosidad alternando las hozaduras y las protuberancias en la misma roca. La porción más superficial de la coraza calcárea, por lo regular muestra un mayor grado de consolidación y dureza que la porción interna de la misma. Pareciera que el proceso de endurecimiento se desarrolla más rápidamente en el exterior de la coraza calcárea, con mayor contacto atmosférico, que en el interior y que su avance es vertical y hacia abajo, a medida que el tiempo transcurre. Este es un proceso continuo, gradual y sobre todo, muy lento. Los materiales que pertenecen al Eoceno corresponden a la coraza calcárea que muestra el mayor grado de consolidación y dureza superficial, mientras que los materiales blandos poco coherentes se ubican en el Cuaternario Pleistocénico (Duch, 1988).

Un rasgo morfológico importante de esta coraza es su tendencia al resquebrajamiento y la fragmentación, esta característica es independiente a la edad geológica del material que constituye a la coraza, aunque generalmente la intensidad de fragmentación aparece en los sitios donde es mayor la edad geológica. La fragmentación de la roca puede darse por efecto mecánico de la vegetación que crece sobre ella, mediante la presión que ejercen los arbustos y árboles que conforman la selva peninsular, los cuales introducen sus raíces leñosas por las fisuras y oquedades de la coraza y actuando como palancas que presionan lateralmente a la roca hasta fracturarla y convertirla en múltiples fragmentos. También en los relieves (atillos, montículos, lomas, etc.), la coraza calcárea presenta un mayor grado de fracturas y fragmentación que cuando se localiza en las áreas planas circundantes, con mayor suelo; otro factor que propicia el resquebrajamiento de la roca son los cambios relativamente bruscos de temperatura que sufre al final de la temporada de sequía e inicio de las lluvias y con mayor afectación en las partes altas del terreno, donde el suelo es somero.

Otro rasgo morfológico importante se refiere a la presencia de galerías internas conformadas por fisuras y holladuras de distintos tamaños, y conductos tubulares cuya formación se asocia al fenómeno de disolución de la roca calcárea o a ramificaciones leñosas ya destruidas de cuando la coraza calcárea aún no se expresaba como tal, sino en forma de sedimento blando no consolidado (Duch, 1988).

La presencia de calizas blandas en el estrato inmediatamente inferior a la coraza calcárea es un rasgo característico del sustrato geológico de la Península. Estos materiales, también sedimentarios y de naturaleza predominantemente calcárea, reciben el nombre genérico de "sahcab". Se trata de un material suelto y de color claro, cuya matriz es predominantemente criptocristalina o amorfa y de consistencia masiva; a veces con restos fósiles de conchas y moluscos bien conservados y cementados por una escasa matriz no bien diferenciada, de colores blanco y blanco-amarillento; o de color crema, más consolidado y su matriz se distingue por su grano más grueso y el brillo de los cristales de calcita más grandes (Duch, 1988). Estos diferentes tipos de sahcab se encuentran en estratos más o menos paralelos a la superficie del terreno y cuyo espesor varía desde menos de 1 metro hasta más de 5 metros. Debido a que se encuentran por debajo de la coraza calcárea se conservan durante más tiempo en su estado original y son relativamente más permeables que aquella y conservan un mayor grado de humedad, percolando los excesos de agua a los estratos

subyacentes, contribuyendo así a la disolución del mismo. Esta propiedad del sahcab explica en parte la presencia de una vegetación arbórea que se conserva verde después de la época de lluvia, donde solamente hay suelos someros y pedregosos (Duch, 1988).

El sahcab más blando, formado por pedacera conchífera fina y muy fina cementada con carbonato de calcio precipitado, se considera que pudo haberse formado en aguas marinas poco profundas y cercanas al litoral, quizá en verdaderas lagunas costeras (Ordoñez, citado por Duch, 1988). Es un material fácilmente desmenuzable de color blanco amarillento y se altera por la disolución y pérdida gradual de importantes cantidades de su masa, expresada en oquedades horizontales de distinto diámetro y longitud, justo en la línea de contacto entre éste y la coraza calcárea. De esta manera, las oscilaciones del pleistoceno provocaron grandes conductos horizontales a profundidades estimadas de 18 m, 40 m y 80 metros. Este tipo de sahcab es el que ocupa la posición más superficial por lo general, mientras que el más consolidado aparece en la porción inferior. Estas calizas blandas subsuperficiales han tenido un lugar preponderante en la evolución del sustrato geológico, ya que en primer lugar, representan el material de origen del actual recubrimiento rocoso de la mayor parte del territorio peninsular. Es decir que, independientemente del tiempo geológico y de las características de los sedimentos que lo conforman, la porción superficial del sahcab se transforma en coraza calcárea; y que en segundo lugar, se trata de un material soluble al agua enriquecida con ácido carbónico, lo cual favorece la formación de cavidades subterráneas (Duch, 1988).

Los arenales costeros por su parte, se refieren al conjunto de materiales cuaternarios constituidos por sedimentos arenosos relativamente gruesos y pedacera de diversas estructuras conchíferas y coralígenas de naturaleza calcárea, que se localizan justo en la línea de costa que actualmente define el litoral. Estos arenales se caracterizan por su color blanco amarillento y su homogeneidad en relación a su composición física, química y mineral, esta última a base de calcita hipermagnésica y aragonita (Figura III.1.2.1.1) (Duch, 1988).

Estos depósitos arenosos se comportan como terrenos inestables frente a los embates del oleaje y los vientos debido a su escasa cohesión y compactación interna, con espesores mayores a los 2 metros antes de hacer contacto con el basamento rocoso. Solo muestran una incipiente consolidación superficial en aquellos lugares donde la vegetación, a través de su sistema radicular, cobertura y protección de su follaje favorece la cohesión del estrato superior. Esta situación se presenta por lo regular en aquellos depósitos más alejados de la línea de costa propiamente dicha. Sin embargo lejos de favorecer la transformación y evolución edáfica de estos sedimentos, la consolidación de los materiales propicia su endurecimiento progresivo, con tendencia a la desaparición de las formas originales y a la formación de una estructura masiva tipo caliche; lo anterior significa que la estabilidad de los depósitos arenosos se fundamenta en la transformación de estos en roca y no en formación de suelo (Duch, 1988).

Este fenómeno puede apreciarse en algunas excavaciones cercanas a localidades costeras, sobre tierra firme, donde el estrato más superficial se encuentra en franco proceso de litificación; sin embargo, la variación vertical de los materiales subsuperficiales, muy similares en cuanto a su constitución física a los depósitos arenosos de las playas, se advierte el paso gradual del material suelto en las capas más inferiores. Esto sugiere la

=====

posibilidad de que éstos materiales arenosos y conchíferos se hayan conformado y desarrollado en distintos ciclos de arrastre y acumulación de sedimentos. Todo parece indicar que tales estratos endurecidos, en alguna época de su historia geológica conformaron la posición más superficial de los depósitos arenosos y por ello, expuesta a las influencias atmosféricas y de la vegetación y sujeta al proceso de consolidación señalado. Es importante señalar que los estratos endurecidos que se observan en los cortes de las excavaciones, muestran varios rasgos de similitud con la coraza calcárea superficial que abunda en el territorio peninsular, aún cuando no haya alcanzado el grado de dureza y consolidación que muestra en la zona sur y central (Duch, 1988).

López Ramos (1979) describió la secuencia estratigráfica de la región norte de la Península (pozo Chicxulub 1-PEMEX) como sigue: La capa de calizas del Plioceno-Pleistoceno se desarrolla hasta 200 m de profundidad; las rocas del Oligoceno, al sur de Mérida, se extienden entre los 370 y los 525 m de profundidad y; las calizas del Mioceno-Plioceno encuentran su basamento a 308 m de profundidad. El Eoceno desarrolla su secuencia entre los 525 a los 810 m. Los sedimentos encontrados entre los 810 a 920 m se consideran del Paleoceno, siendo claras las diferencias litológicas que los separan tanto del Eoceno como del Cretácico. Las formaciones sedimentarias perforadas a partir de los 920 m pertenecen al Cretácico superior y se extienden hasta los 1390 m, a partir de aquí y hasta una profundidad de 1580 m se cortó una roca ígnea clasificada como andesita. Hacia la Sierrita de Ticul, al sur de la región de estudio, capas de evaporitas cretácicas pueden encontrarse a una profundidad de 500 m (López Ramos, 1979; Perry et al 1995).

### **c) Suelos**

Los suelos están poco desarrollados, los cuales comparten marcadas influencias marina, desde las características de la matriz mineral arenosa formada en su mayor proporción por residuos conchíferos, hasta la elevada concentración de sales solubles y/o sodio intercambiable que resulta de los movimientos de aguas salobres en el interior del perfil. Los suelos están buenos por crecimiento de plantas como coco, pero hay excesiva salinidad y el drenaje impedido que ofrece dificultades en el saneamiento y modernización de la tierra. Esta zona es importante para las "salinas" que están a lo largo de el humedal.

Hay tres tipos de suelos en esta zona Regosoles, Histosoles, y Solonchác.

1: Regosol-Estos suelos están suelos que no muestran ninguna diferenciación de su perfil entré mimos de horizontes edaficos bien definidos, y hay dos variantes de Regosol. Primero son de colores claros, café amarillento, o crema, y corresponde a los depósitos arenosos de la costa, de origen conchifero, con profundidades mayores de un metro. Estos suelos son inestables porque están en posición frontal del mar y vientos y se traduce en la formación de las playas y dunas. El segundo variante es más somero, 50 cm, con textura fracoa migajón arcilloso. Estos suelos son de color amarillento oscuro y presentan una fase lítica, salina, y sódica, probablemente por su localización la franja que separa el humedale de la tierra firme propiamente dicha. (Duch, 1988)

2: Histosol-Estos suelos que tienen una composición de materia orgánica muy elevados de residuos de tejidos vegetales y animales. Histosoles están asociados con terrenos pantanosos como los esteros y ciénagas, y también hay dos variantes de Histosol. Primero de color café oscuro, textura arenosa y cuyo contenido orgánica muy alta (poco menos



40%). Este suelo es poco compacto que lo hace muy liviano y con un incipiente desarrollo estructural, y conforme generalmente a una profundidad de menos de 1 metro. También hay una concentración notable de sales solubles y sodio intercambiable en partes que son inapropiados para propósitos agrícolas, pero hay circunstancias cuadro los niveles de fertilidad resultarían suficientes para crecimiento de diversos cultivos. El segundo variante de histosol tiene diferencias más evidentes en el color sensiblemente más claro del otro. El contenido de materia orgánica y las niveles de salina y sódica está ligeramente menos de la primera variante, y también la fertilidad natal es un poco menos. (Duch, 1988)

3. Solonchác- Estos suelos son los que son ricos en sales solubles con una profundidad de 50 cm. Se localizan en la franja de terrenos bajos y pantanosos del humedal y se extienden a lo largo de la costa. Solonchác ortico, de colores moteado gris y rojo, es el primer tipo, con profundidades de menos de 30 cm. Estos muestran efectos de hidromorfismo en los horizontes. El otro es Solonchác gleyicos con de color gris amarillento muy claro, incluso estando húmedos y tienen un alto contenido de sales solubles. Su contenido es de materias orgánicas y también otro contenidos que son el mismo del otro tipo, pero hay dos variantes que muestran diferencias importantes en textura y porcentaje de contenidos. La primera variante es muy gruesa en textura, con un contenido muy alto de arena (mas de 80%) y muy bajo de material orgánico (menos de 2%), y es porque esto no es muy amigable a crecimiento vegetal. La otra variante tiene una textura más fina y el contenido de área es menor de 40%. Así el contenido de materia orgánica es considerable mayor, especialmente en el parte más superficial, y permite mea el crecimiento vegetal. (Duch, 1988)

Con estos suelos hay una posibilidad, mas lejos de el humedale, para actividades agrícolas, y también para ganado bovino, pero normalmente las actividades de los salineros son más comunes.

#### Composición del suelo (Clasificación de la FAO).

La composición edáfica de la zona costera de la Península de Yucatán, muestra una amplia gama de expresiones morfológicas. Una característica de la región es la presencia de suelos azonales, es decir, suelos en donde su perfil no presenta el horizonte B, zona transicional entre la superficie del suelo (materia orgánica) y la roca subyacente (caliza). La catenaria que se describe va de la zona costera hacia la zona continental.

**Tabla -Principales Características de los Suelos Dominantes En Las Areas Palustres Y Estuarinas**

Características	Regosol		Solonchac		Histosol	Litosol	
	Var.1	Var.2	Var.1	Var.2	Var.1	C	A/C
	C2	A	C1	A/C	A		
Profundidad en cm	50-125	7-40	0-16	0-8	0-39	0-8	0-9
Color	Gris am	cafe	Gris	Amarillo	Café am	Negro	Negr
Arcilla %	2	32	8	24	6	10	30
Limo %	2	36	12	34	28	18	34
Arena %	96	32	80	42	66	72	36
Cond.Eléc. mmhos/cm	<2	10	45	25	15	2	2
pH en agua 1:1	8.7	7.8	9	7.9	8.4	7.8	7.9
Mat. orgánica %	1.3	15.8	1.9	6.9	11.6	37.9	13

Sat. Con sodio %	23.1	28	55	42	66.1	2	1.6
Calcio meq/100g	18.1	32.2	21.2	15	22.2	31.3	35
Magnesio meq/100g	1.1	8.5	11.7	12.4	15.4	13.7	7.5
Fósforo ppm		0.1	1.8	0.1	2.8	2.7	21.1

Fuente: Duch, 1988.

Los suelos más jóvenes son los Regosoles calcáricos, correspondientes a los depósitos arenosos de la barra costera que, transportados por el viento y las corrientes litorales, forman una sucesión de capas superpuestas de material de origen conchífero, sobre las partes meridionales de las dunas costeras. Se caracterizan por ser suelos profundos (mayores a 1 m), con nula pedregosidad, textura gruesa con más del 90 % de arenas y de rápido drenaje superficial, escaso contenido orgánico y relativamente alcalino con valores de pH entre 7.5 y 8.5. Presentan colores claros, cuya capa superficial es de color café amarillento, aclarándose conforme aumenta la profundidad hasta ser casi blanco. A pesar de su cercanía con el mar, carecen de sales solubles y el calcio es el elemento más abundante, seguido del magnesio. Son suelos poco fértiles, debido a la escasa vegetación que crece sobre ellos, lo que impide la acumulación de materia orgánica, y muy inestables debido a su posición frontal con los vientos y mareas, produciendo las playas y dunas que conforman al cordón litoral (Duch, 1988; Espejel, 1984).

Los suelos denominados **Solonchac** se localizan en la franja de terrenos bajos y pantanosos de las ciénagas y esteros, que se extienden a lo largo de la costa y en sus inmediaciones. La mayoría muestran efectos de gleyzación (hidromorfismo) en los horizontes o estratos más superficiales, lo que los identifica como **Solonchac gléyico**. Este suelo aluvial es más profundo, de color gris amarillento muy claro y altos contenidos de sales solubles. Es alcalino con valores de pH entre 8 y 9, rico en calcio y magnesio y relativamente bajo en fósforo (Duch, 1988).

Hacia el sur, asociados con terrenos pantanosos como manglar de cuenca y asociados a manantiales, donde el manto freático se encuentra expuesto en forma de cenote o muy cercano a la superficie, así como en los bordes de las rías y las ciénagas, se encuentran los **histosoles** (Morales et al, 1991), suelos que se forman a partir de la acumulación de residuos vegetales y animales sobre la superficie margosa-arenosa o rocosa. La erosión de estos suelos es particularmente lenta bajo las condiciones físicas que imperan, ya que por lo regular presentan un nivel de inundación que crea condiciones anaeróbicas limitando la oxidación de la materia orgánica (más del 20%) y con un pH de 8.4. Por último, en las zonas más altas se encuentran los **litosoles** asociados con rendzinas, suelos residuales y aluviales, excesivamente delgados, de gran pedregosidad, bien drenados y de fácil lixiviación que le dan los tonos de negro a rojo, característico de las rendzinas. Estos suelos asociados con los histosoles, producen un suelo con alto contenido orgánico. Si la asociación se da con el solonchac, se presenta un fenómeno de halomorfismo característico de las sabanas y las ciénagas. Durante el proceso de intemperismo la roca libera grandes cantidades de sales solubles, las cuales en condiciones de escasa precipitación, no se lavan por completo aunque pueden ser acarreadas hacia abajo. Cuando el nivel freático es muy superficial, como lo es en la selva inundable y en las proximidades con la sabana, puede ocurrir lo contrario, es decir, las sales pueden ser eluviadas hacia la superficie a

=====

medida que la solución del suelo se eleva por acción capilar. La evaporación da lugar a que se deposite una capa de sales de carbonato sobre la superficie del suelo (Duch, 1988).

#### **Capacidad de saturación**

La capacidad de saturación de estos suelos es variable. Tanto las arenas como las rendzinas y litosoles tienen una muy baja capacidad de saturación., no así los histosoles y los tipo solonchac, estos últimos extremadamente arcillosos. Estos cuatro tipos de suelos asociados mantienen diferentes tipos de vegetación, repitiéndose el patrón en toda la región costera.

#### **d) Hidrología superficial y subterránea**

El área se sitúa en la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte (CNA) que limita al oeste y norte con el Golfo de México, al sureste con el Mar de las Antillas y al sur con las Regiones Hidrológicas 31 y 33. La Región 32 abarca casi la totalidad del Estado de Yucatán.

Las características geológicas, hidrológicas y climáticas de Santa Clara, como en el resto de la zona costera del Edo. de Yucatán, son importantes para la comprensión de las características del recurso hídrico. El hecho de estar ubicado en una zona aledaña al mar, explica la influencia directa que tiene éste sobre el acuífero tanto superficial como subterráneo. El clima seco semiárido que impera en la zona, marca una estacionalidad en las características hidrológicas del área, que se refleja en la variación de los niveles de agua y en la salinidad en algunos casos (Batllori et al, 1993).

#### **Zona A. Tierra firme con acuífero subterráneo libre, poco profundo.**

En esta zona el acuífero subterráneo se encuentra a poca profundidad debido a la poca altitud de la zona. Hacia el sur del municipio este acuífero se encuentra a unos 6 m de profundidad haciéndose más somero conforme se acerca a la costa, alcanzando la superficie en la parte aledaña a la ciénaga. Este acuífero subterráneo aflora a manera de cenotes o aguadas y en los pozos artificiales. Se alimenta de la precipitación pluvial y presenta un flujo en dirección Sur-Norte, hacia la costa (Marín, 1990). El lente de agua dulce de éste acuífero puede tener alrededor de 70m de grosor en la parte Sur del municipio, adelgazándose hacia la costa. El grosor de ésta capa de agua puede variar a lo largo del año, dependiendo de la recarga que sufre en la época de lluvias y también por la variación del nivel del mar. Esta capa de agua dulce descansa sobre una capa de agua salada que penetra desde el mar hacia tierra adentro.

El riesgo de contaminación por desechos humanos, pesticidas, plaguicidas o cualquier otro contaminante es alto debido que es un acuífero poco profundo, conformado en un subsuelo muy permeable.

Otro riesgo que presenta este acuífero es la salinización que podría resultar de la extracción excesiva en los pozos con fines de riego en unidades hortícolas, frutícolas y pecuarias, o para el consumo humano. Esta extracción de agua dulce es más real en los sitios más cercanos a la costa donde el lente de agua dulce es más delgado, lo que provocaría el adelgazamiento excesivo del lente y el acercamiento de la capa salina a la superficie.

#### **Zona B. Zona inundable con acuífero superficial y otro acuífero subterráneo confinado.**

Debido a las características kársticas de la región y al alto grado de fracturación de la roca caliza superficial no existen cursos de agua superficiales. El acuífero superficial de la zona costera, esta constituido por los cuerpos de agua superficiales permanentes o temporales que conforman la ciénaga y los demás ambientes inundables, las cuales son depresiones del terreno por debajo del nivel medio de la marea más alta, que logran una comunicación con el mar, permanente o temporal, a través de bocas. Este acuífero se alimenta principalmente de los afloramientos del acuífero subterráneo y de la precipitación pluvial, y representan el factor que mantiene abierta las bocas, aún en temporada de secas, ya que la amplitud de marea es muy pequeña, en el litoral yucateco. El número y tamaño de las bocas que conectan al sistema estuarino con el mar son resultado de la cantidad de agua que fluye por ellas (Batllori, 1995). En presencia de huracanes y tormentas tropicales los estancamientos producidos y las descargas recibidas provocan que la barra costera ceda al empuje y abra bocas, principalmente en las áreas frágiles.

Por debajo de éste acuífero superficial, se presenta un acuífero subterráneo el cual se mantiene confinado y separado del anterior por una capa cementada impermeable denominada caliche. El caliche se origina en la zona de transición entre la tierra firme entre la tierra firme y los del fondo marino. En aquellos sitios donde la capa confinante se rompe el agua, al agua aflora a manera de cenotes costeros, manantiales u ojos de agua.

Las condiciones de profundidad, salinidad, temperatura, nutrientes y otras características, son muy variables dependiendo de las fuentes de agua, de las condiciones climáticas y de la cobertura vegetal. Pueden presentarse condiciones dulceacuícolas en las inmediaciones de los manantiales, hasta condiciones hiperhalinas en las charcas salineras.

#### **Zona C. Barra costera arenosa con acuífero subterráneo libre, poco profundo**

El acuífero de la barra costera arenosa, que separa la ciénaga del mar, está constituido por un lente de agua que se acumula sobre una capa de material cementado denominado calcreto (Perry et al, 1989). Este acuífero es muy somero y está constituido por agua salobre o dulce, dependiendo principalmente de la precipitación pluvial y de la influencia de las mareas.

En las poblaciones costeras como este acuífero puede utilizarse para la obtención de agua para consumo doméstico, inclusive para beber cuando la salinidad es baja. Gran cantidad de rancherías o casas de la costa cuentan con bombas manuales para la extracción de agua en pozos muy someros que interceptan este acuífero.

La destrucción del calcreto, puede causar la pérdida del lente de agua debido a filtración hacia el subsuelo. De manera natural este acuífero presenta un escurrimiento horizontal muy lento, hacia el mar y hacia la ciénaga (Batllori et al, 1999) Otra problemática que puede afectar a éste acuífero es la contaminación por desechos domésticos y humanos de la población. La elevada permeabilidad de los suelos arenosos puede poner en contacto directo los contaminantes con la capa freática, que es muy somera.

La distancia que pudiera existir entre la laguna costera y el predio es mínima, ya que en la actualidad las familias rellenan la ciénaga para la construcción de sus casas, así el palafito viene siendo una opción en la construcción de éstas viviendas, y se localizarían en zonas inundadas temporal o permanentemente.

El área inundable de la ciénaga ocupa un área de 7,538 ha aproximadamente y los petenes ocupan un área de 48 ha. En cuanto al volumen que ocupa varía de acuerdo a la temporada del año que se trate, pudiéndose observar, en años muy secos, la ciénaga prácticamente seca en su mayor proporción y solo se encuentra inundada en los alrededores de cenotes o manantiales, sin embargo al término de la temporada de lluvias es notable el aumento en el nivel superficial del acuífero. En general para 1991, al término de la temporada de lluvia, se consideraba un volumen medio de 24,875,400 m<sup>3</sup> con una profundidad promedio de .33 m (Cinvestav, 1991)

En la zona de estudio localizada en la Microcuenca Chabihau, la cual abarca desde la laguna Rosada en Telchac hasta Dzilam, el principal uso que se da a la laguna es la salinera artesanal, actividad que se encuentra cada vez más en abandono. Sin embargo la laguna a lo largo de la microcuenca tiene varios usos que van desde las actividades salineras hasta la acuicultura extensiva. Un uso temporal es la pesca de subsistencia, durante la temporada de nortes, en la cual los pescadores no pueden salir a pescar. También se encuentra entre sus usos el relleno para la construcción de las viviendas.

#### IV.2.2 Aspectos bióticos

##### a) Vegetación

La vegetación de la Península es de tipo tropical, sin elementos de bosque boreal. La mayor parte de su extensión está cubierta por selvas; en el estado las de tipo baja caducifolia, baja caducifolia espinosa y mediana subcaducifolia constituyen la vegetación típica, integradas por asociaciones vegetales propias de los diferentes hábitats de la región como cenotes, reholladas, cavernas y aguadas (Flores y Espejel, 1994; Batllori et al, 1999).

Los principales tipos de vegetación en la región son las praderas submarinas del sistema litoral, ciénagas y rías, la vegetación de duna costera, el bosque de manglar y petenes, la vegetación de tular, pastizal y carrizal, la vegetación de selva inundable y la selva baja caducifolia. Ahora bien, de acuerdo a sus requerimientos de agua y con relación a la catenaria edáfica descrita anteriormente, la vegetación de la región puede clasificarse como:

**a) Xerófitas**- Plantas adaptadas a ambientes secos. En general hay 3 mecanismos a través de los cuales las Xerófitas mantienen su equilibrio hídrico a pesar de la aridez de su entorno: 1) reducción de la pérdida de agua, ya sea por reducción de las hojas como la *Acacia sp.* en la sabana o transformando las hojas en espinas o escamas como en las cactáceas; otras más cubren sus hojas por una pared celular gruesa y cerosa que previene la pérdida cuticular de agua o cierran sus estomas (estructuras celulares que controlan la transpiración, principalmente) durante el día. 2) incremento de la absorción de agua a través del incremento del volumen y tasa de crecimiento radicular en mayor proporción que la caulinar, asegurando que solo una pequeña proporción de la planta quede expuesta a la atmósfera como en muchos pastos y, 3) conservación de agua dentro de los tejidos de la planta, es decir, plantas suculentas con un gran número de células cuyas vacuolas se han expandido a costa de los espacios intercelulares, como en las raíces de la *Ceiba sp.* en los tallos de muchas cactáceas o en las hojas como en las *Agave sp.*

**b) Helófitas.** - Plantas que crecen en suelos inundables, temporal o permanente y donde el suelo por lo regular está saturado de agua. Existen 2 variedades, las **glicófitas**, que para mantener su equilibrio hídrico la concentración de sólidos disueltos en la solución edáfica debe ser menor que la del interior de las células radiculares y solo toleran la alta concentración de sales a través de reducir la absorción de agua, y las **halófitas**, que se desarrollan en suelos salinos, capaces de absorber agua con libertad ya que sus células contienen grandes cantidades de sales que pueden ser excretadas sobre la superficie de las hojas. En estos suelos inundables los poros están llenos de agua de tal modo que los gases tienen que difundirse a través de la solución edáfica, lo cual es muy lento, de aquí que se presenten abundantes organismos anaeróbicos, los cuales utilizan nitratos y sulfatos como sus principales fuentes para la respiración. Muchas de éstas plantas tienen grandes espacios aéreos intercelulares (aerenquima) que permiten transportar el oxígeno desde los vástagos hasta la raíces. En el caso de *Rhizophora sp.* la adaptación consiste en sus raíces aéreas con abundantes lenticelas y en caso de *Avicenia sp.* con la producción de neumatóforos. Tanto en las glicófitas como en las halófitas, la germinación de semillas y sobrevivencia de la plántula en condiciones de salinidad es difícil. Por tanto, las semillas de las primeras solo germinan durante la época húmeda, después de que se han removido las sales de las capas superficiales del suelo. En las halófitas como el mangle, la semilla germina antes de abandonar el tronco progenitor, condición conocida como viviparidad.

**c) Hidrófitas.** - Plantas que viven en el agua, las cuales pueden ser flotantes, suspendidas, arraigadas sumergidas y arraigadas de hojas flotantes. Las plantas totalmente sumergidas contienen grandes espacios intercelulares, que actúan como cámaras para almacenar gases, mientras que las que poseen hojas flotantes cerosas son capaces de retener gotas de agua sobre la superficie y de realizar el intercambio de gases con facilidad. En la zona costera adyacente se encuentran grandes camas de plantas sumergidas como el pasto *Thalassia testudineum*, algas rojas (*Euchema sp.*) y verdes (*Halimeda sp.*). En las ciénagas o rías el pulso de corrientes que induce la marea durante la bajamar dejan expuestas una gran variedad de macroalgas y pastos marinos, como *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Chara fibrosa* y *Enteromorpha oerstedii*. En cenotes y manantiales costeros se desarrollan especies como *Nymphaea ampla* y *Pistia stratioides*.

### Principales asociaciones vegetales y distribución.

#### Dunas costeras.

El suelo en las dunas es de arena calcárea casi pura con pocas partículas de arcilla, por lo que no retiene humedad y nutrientes, la descomposición de materia orgánica es prácticamente nula. El agua de lluvia se filtra rápidamente dejando la superficie seca donde pocas semillas pueden germinar. En ausencia de vegetación la arena se transfiere tierra adentro formando montículos conocidos como dunas móviles, comunes a todas las dunas costeras del mundo (Martínez et al, 1993; Flores y Espejel, 1994). Por lo que las raíces de la vegetación de duna fija la arena y permite la acumulación de materia orgánica, iniciando la formación de suelo. Las plantas que colonizan esta zona son xerofitas o halófitas, de hojas crasas, hierbas rastreras y arbustos muy ramificados de escasa altura (Flores y Espejel, 1994). En Yucatán pese a la marcada estacionalidad y la falta de humedad posee una mayor riqueza florística en dunas que las costas del caribe (Espejel, 1984).

En las dunas se puede diferenciar dos grandes comunidades de vegetación la de pioneras, que crecen en la zona de playa y dunas móviles, y la de matorral que crecen en zonas de dunas internas y fijas (Espejel, 1984).

En la zona de pioneras, la más cercana al mar, crecen especies herbáceas y arbustivas de escasa altura, tolerantes a medios extremos, como la salinidad, vientos fuertes y mareas altas (Flores y Espejel, 1994). Las especies más representativas son *Sesuvium portulacastrum*, *Suriana marítima*, *Euphorbia buxifolia*, e *Ipomea pes-caprae*. En la zona entre Telchac y Sisal abundan las cactáceas y los agaves (Espejel, 1984; Flores y Espejel, 1994).

En la zona de matorrales crecen especies menos tolerantes, generalmente dominan arbustos o árboles muy ramificados, rodeados de claros de vegetación con gramíneas; se puede encontrar la presencia de matorrales altos como *Pithecellobium keyense* y *Krugiodendron ferreum*, palmas como *Thrinax radiata* (chiit), *Coccothrinax readii* (nakax), que se entremezclan con *Cocoloba uvifera* (uva de mar), *Agave angustifolia* (agave), *Tournefortia gnaphalodes*, y la orquídea *Schomburgkia tibiscinis*.

La vegetación de duna costera se encuentra actualmente en estado deplorable, ya que esta siendo desplazada o modificada por las plantaciones de palma de coco en grandes áreas, la construcción de carreteras costeras, por la explotación salinera, por la creciente construcción de viviendas, tanto de origen familiar como turística, y basureros comunales (Espejel, 1984; Flores y Espejel, 1994).

### **Manglar**

El manglar constituyen comunidades de arbustos o árboles que bordean los esteros o bien cubren amplias zonas pantanosas, son especies hidrófitas que se distinguen por ser vivíparos, ser tolerantes a los cambios en los niveles de salinidad del agua y a las corrientes marinas (Amigos de Sian Ka'an, 1993; Flores y Espejel, 1994). Son ecosistemas importantes ya que se considera que extienden las costas y forman islas, ya que tienden a colonizar cuerpos de agua (Odum, 1984); Son importantes en la estabilización de los sedimentos en ambientes con flujos de agua tranquilos. Donde existen manglares, las áreas de tierra adentro se ven protegidas contra la erosión y la acción del oleaje provocado durante el paso de huracanes y tormentas (Amigos de Sian ka'an, 1993; Trejo-Torres *et al*, 1993).

Además constituyen un sistema filtrador, sintetizador de materia orgánica y exportador de detritus (Odum, 1984), y sustenta la existencia de cadenas tróficas cercanas a la costa (Sánchez, 1994). En general, el papel biológico de los manglares es mejor entendido en cuanto a que proporciona alimento y resguardo a especies de peces, crustáceos, almejas y animales superiores como cocodrilos y aves (Rollet, 1981).

En la Península de Yucatán se encuentran reportadas tres especies de mangle *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (Mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco); también se puede encontrar *Conocarpus erectus* que no es un verdadero mangle pero se le considera como tal debido a la frecuente asociación que presenta con las especies de manglar (Amigos de Sian Ka'an, 1993; Trejo-Torres *et al*, 1993).

En la zona de estudio, el manglar, se presenta ocupando un área de 7,538 ha, de las cuales 6,205 ha corresponden a manglares con diferentes grados de perturbación, ubicados entre Telchac puerto y las salinas Minas de Oro; de estas 4,695 ha se encuentran entre San Crisanto y Mina de Oro y 1,510 ha entre San Crisanto y Telchac, éstas últimas perturbadas a causa del huracán Gilberto. Las actividades que mayor impacto causan al manglar son la construcción de carreteras (Rico-Gray, 1981), puentes, extracción de madera (Flores, 1987) y las charcas salineras. Las restantes 1,333 ha corresponden a manglar en aparente buen estado ubicado entre Santa Clara y Dzilam de Bravo.

### **Petenes.**

Los petenes son asociaciones de especies que pertenecen a diferentes tipos de vegetación. Es una agrupación de elementos arbóreos, arbustivos y herbáceos cuya estructura y distribución le dan una fisonomía especial, de tal manera que la asociación de árboles es vista como una isla rodeada por una estructura herbácea, es pues un sistema típico a nivel regional y único en el mundo (Flores y Espejel, 1994).

Los petenes son formaciones naturales que resultan de las manifestaciones superficiales de la red hidrológica subterránea de la Península de Yucatán, los cuales se encuentran dispersos dentro de las cuencas de sedimentación palustre que se extienden paralelas al litoral del golfo de México, especialmente en su tramo noroccidental, y dentro del estado de Yucatán (Batllori et al, 1999). La vegetación de los petenes está constituida por una mezcla de especies de mangle y especies de selva poco comunes en áreas de agua salada (Flores y Espejel, 1994).

En San Crisanto los petenes ocupan una superficie de alrededor de 48 ha las cuales han sido afectadas en su totalidad principalmente por la extracción de madera (CINVESTAV, 1991). Esta caracterizado por presentar casi en su totalidad mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) o mangle negro (*Avicennia germinans*), La altura de la vegetación varía entre los 7 y los 12 metros y es muy densa. Solo se encuentran algunos manchones de helecho (*Acrostichum aureum*) en la capa inferior. Las principales especies de árboles son los mangles, y los escasos, *Bursera simaruba* (Chacá), *Manilkara sapota* (sapote), *Ficus sp.* (álamo), *Sabal yapa* (huano). Entre las arbustivas se puede observar *Achrosticum sp.* (Helechos), *Bravaisia tubiflora* (Hulub), y herbáceas como *Hymenocallis littoralis* (lirio) y una gran cantidad de epífitas como bromeliáceas y orquídeas (Flores y Espejel, 1994; Batllori et al, 1999; Loria, 1998).



### **Selva Baja Inundable con elementos de sabana**

En esta selva la inundación es estacional, hay buen drenaje y el agua es prácticamente dulce, la vegetación forma mosaicos en el que además de manglar se observan pastos, tular y especies de selva baja caducifolia. Entre las especies arbóreas alcanzan los 12 m de altura y las especies más comunes son el Sapote (*M. sapota*), mangle rojo (*R. mangle*), ramón (*Brosimum alicastrum*), akits (*Thevetia sp.*), jicara (*Crescentia cujete*), hulub (*B. tubiflora*) y botoncillo (*C. erectus*) y plantas acuáticas como tular (*Typha domingensis*) y nikteha (*Nymphaea ampla*) (CINVESTAV, 1991; Flores y Espejel, 1994; Batllori et al, 1999).

En la zona de influencia existen 1,802 ha de selva baja inundable que va desde Telchac hasta Mina de Oro, la cual ha sido impactada casi en su totalidad por la extracción de madera, pero principalmente por el incremento de la actividad ganadera y salinera.

### **Selva baja caducifolia.**

En el extremo sur de la franja costera y sobre tierras no inundables, se desarrollan comunidades de selva baja caducifolia, cuyo carácter peculiar es la presencia de abundantes xerófitos, como cactáceas candelabrifórmes, intercalados con regularidad. Los más frecuentes son: *Cephalocereus gaumeri*, *Acanthocereus pentagonus* y *Pterocereus gaumeri*. En el estrato arbóreo se presentan especies como *Beaucarnea plibialis* (mechuda o despeñada), *Bursera simaruba* (chacá), *Acacia gaumeri*, *Mimosa bahamanensis*, *Selenicereus testudo* (pitaya), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Ceiba aesculifolia* (ceiba) y *Enterolobium cyclocarpum* (pich).

### **Especies de interés comercial.**

En muchas localidades de la costa yucateca se acostumbra utilizar las hojas de la palma *Thrinax radiata* para la construcción de techos, tanto en unidades habitacionales como en la industria hotelera o turística, la madera de esta palma, así como la de otros árboles como el mangle o el sapote se utilizan para la construcción de viviendas o para reforzar los bordos de las charcas salineras.

### **Vegetación endémica y/o en peligro de extinción.**

Las palmas *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata* están consideradas en la actualidad en peligro de extinción debido a la explotación y a la destrucción de su hábitat.

### **b) Fauna**

Los humedales costeros son considerados de gran importancia a nivel mundial y local por ser refugios naturales de fauna local y migratoria, que encuentran en ellos zonas de alimentación, reproducción y anidamiento. En la Península los manantiales o petenes son sitios de suma importancia que acuden a ellos a beber agua, además de que la vegetación les asegura una fuente de alimento (Amigos de Sian Ka'an, 1993; Loria, 1998). Por lo que en ellos se pueden encontrar desde peces, aves, pequeños y grandes mamíferos.

?? En la Microcuenca de Chabihau, a la cual pertenece Santa Clara, se han realizado diferentes estudios faunísticos a partir del año 2000; a continuación se presenta un listado de especies ícticas presentes en la ciénaga de la Microcuenca:

FAMILIA		CATEGORIA
SPARIDAE		2A
	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	2B
	<i>Lagodon rhomboides</i>	2A
SCIANIDAE	<i>Bairdiella carysura</i>	1A
	<i>Bairdiella roncus</i>	1A
	<i>Menticirrhus littoralis</i>	2A
	<i>Pogonias chromis</i>	2A
	<i>Cynoscion nebulosus</i>	2A
GERREIDAE	<i>Euscynostomus argenteus</i>	2A
	<i>Eucinostomus gula</i>	2A
	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	1A
HAEMULIDAE	<i>Haemulon plumieri</i>	2B
OSTRACIDAE	<i>Lactophrys quadricornis</i>	2A
CARANGIDAE	<i>Trachinotus goodei</i>	2A
	<i>Trachinotus falcatus</i>	2A
	<i>Oligoplites saurus</i>	2A
SYNGNATHIDAE	<i>Sygnathus floridae</i>	2A
	<i>Sygnathus scovelli</i>	2A
LABRIDAE	<i>Lachnolaimus maximus</i>	
TETRAODONTIDAE	<i>Diodon holocanthus</i>	2B
	<i>Sphoeroides splengleri</i>	2A
	<i>Sphoeroides testudineus</i>	2A
CENTROPOMIDAE	<i>Centropomus undecimalis</i>	1A
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus griseus</i>	2A
BALISTIDAE	<i>Monacanthus ciliatus</i>	2B
MUGILIDAE	<i>Mugil cephalus</i>	1A
	<i>Mugil curema</i>	1A
SPHYRAENIDAE	<i>Sphyræna barracuda</i>	2B
CIPRYNODONTIDAE	<i>Floridichtys carpic</i>	S/C
BELONIDAE	<i>Tylosurus crocodrilus</i>	2A
	<i>Strongylura notata</i>	2A
ELOPIDAE	<i>Elops saurus</i>	2A
TRIGLIDAE	<i>Prionotus tribulus</i>	2B
CLUPEIDAE	<i>Harengula jaguana</i>	2A
HEMIRAMPHIDAE	<i>Hemirhamphus unifasciatum</i>	2A
ARIIDAE	<i>Ariopsis felis</i>	2A

Particular a la zona de Santa Clara, se realizo un levantamiento fotográfico de especies ícticas, encontrándose las siguientes:

FAMILIA	
SPARIDAE	<i>Archosargus rhomboidalis</i>
	<i>Lagodon rhomboides</i>
HOLACANTIDAE	<i>Sphoeroides splengleri</i>

---

---

LUTJANIDAE	<i>Sphoeroides testudineus</i> <i>Lutjanus griseus</i>
BALISTIDAE	<i>Monacanthus ciliatus</i>

---

---

?? Anfibios: Se pueden observar diversos batracios como la rana leopardo (*Rana berlandieri*), sapos (*Bufo marinus* y *B. horribilis*), así como *Phrynosoma munita*, *Triprion petasatus*, *Leptodactylus labialis* y *hipopachus variolosus* (CINVESTAV, 1991; Loria, 1998).

?? Reptiles: Entre los reptiles más importantes está el cocodrilo (*Crocodylus moreletti*), tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Eretmochelis imbricata*), tortugas dulceacuicolas (*Pseudemys scripta*, *Chrysemys pecta belli*, *Kynosternom subruhun* y *Rinoclemys imbricata*), serpientes como la boa (*Boa constrictor*), morena o ekuney (*Drimerchon corais*), etc (CINVESTAV, 1991; Loria, 1998).

?? Aves: Playeritos (*Charadryus alexandrinus*, *Arenaria interpres* y *Aemotopus paliatus*), Pelicano café (*Pelecanus occidentalis*), gaviotas (*Larus atricillia*), gallitos de mar (*Sterna maxima* y *S. sanvicensis*), ceniztonle (*Mimus gilvus*), calandrias (*Colinus nigrogularis* e *Icterus gularis*), Chachalacas (*Ortalis vetula*), Palomas (*Zenaida asiatica*, *Z. aurita* y *Columba flavivestris*), tórtolas (*Columbina passerina* y *C. talpacoti*), Zopilote (*Cathartes aura*), X'takay (*Tyrannus melancholicus*), Garza rojiza (*Egretta rufescens*), Garza blanca (*E. thula*), Playerito manglero (*Coccyzus minor*), martín pescador (*Chloroerythraea amazona*), cojilote (*Penelope purpurascens*), pájaro carpintero (*Dryocopus pileatus*), loro (*Aratinga aztec*), gavilán (*Buteogallus anthracinus*), zancudos (*Himantopus mexicanus*), patos (*Dendrocygna autumnalis*) y cormoranes entre otros (CINVESTAV, 1991; Loria, 1998).

Mamíferos: principalmente en los petenes pueden llegar a encontrarse felinos como el jaguar (*Panthera onca goldmani*), el tigrillo (*Felis weddii*) y el ocelote (*Felis pardalis*), y otros mamíferos como el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), mapache (*Procyon lotor*), coati (*Nassua narica*), venado (*Odocoileus virginianus*), cabeza de viejo (*Tayra porbora*) y diversas especies de murciélagos (CINVESTAV, 1991; Loria, 1998).

#### Especies de valor comercial

De las 35 especies de peces reportadas por González, 2000, 17 de ellas poseen alguna importancia comercial, dentro de las cuales sobresale el tambor (*Pagania chromis*); la corvina pinta (*Cynoscion nebulosus*); el robalo (*Centropomus undecimalis*); el pámpano (*Trachinotus goodii*); la palometa (*Trachinotus carolinus*) y la barracuda. (*Sphyrna barracuda*).

#### Especies de interés cinegético.

En la actualidad no se realiza caza deportiva en el área con algún tipo de manejo o regulación, pero existen algunas especies que pudieran ser de interés como el venado cola blanca, el cocodrilo, los felinos y los patos.

#### Especies amenazadas o en peligro de extinción.

Muchas especies anteriormente mencionadas son especies nativas de la zona y muchas corren el riesgo de desaparecer como sucedió con *Nivarcus yucatanensis*, conocida como matraca yucateca, y el cardenal de la franja costera. De las especies encontradas en el

=====

área se encuentran amenazadas o en peligro de extinción a nivel nacional el jaguar (*Panthera onca goldmanii*), el tigrillo (*Felis wedii*), el ocelote (*Felis pardalis*), el cocodrilo (*Crocodylus moreletti*), las tortugas marinas (*Careta careta* y *Eretmochelis imbricata*) y loro (*Aratinga aztec*), entre otros.

#### IV.2.3 Paisaje

##### Paisajes costeros.

Tomando como base el ambiente geológico, el régimen climático y sus características hidrológicas e hidrogeológicas, la poca variedad de los suelos existentes, las formaciones vegetales y aquellos factores antropogénicos que influyen y determinan las características actuales y las tendencias evolutivas de los paisajes, se logró distinguir 3 complejos territoriales naturales (CTN) y 14 comarcas en el área de estudio (Batllori, 1995; Batllori et al, 1999), las cuales se describen a continuación:

##### ?? Complejos territoriales naturales:

1. Llanura litoral marina-acumulativa, muy baja, < 2 m, de arenas sueltas calcáreas, con complejo de vegetación de costa arenosa parcialmente matorral xeromorfo costero y plantaciones de coco medianamente degradada. Este complejo territorial corresponde con la zona de las dunas costeras.

- Comarcas:

- a). Playas acumulativas arenosas de origen marino (Sistema Litoral).
- b). Cresta de las dunas acumulativas eólica-marina, con complejo de vegetación de costa arenosa, matorral xeromorfo costero y/o cocotero.
- c). Depresiones de las cadenas de dunas permanentes y estacionalmente nundadas, salinizadas, con vegetación halófito y fuerte antropización por asentamientos humanos y vías de comunicación.
- d). Plataforma litoral con barras internas móviles, permanentemente inundadas, con régimen de marea y vegetación sumergida de macroalgas y pastos marinos; fuerte antropización por actividades pesqueras ribereñas y tráfico de embarcaciones.

2. Llanura pantanosa biogénica-marina-acumulativa, carcificada, muy baja, < 1 m, permanentemente inundada con régimen de marea, con fuerte hidromorfismo, parcialmente salinizada, con suelos de tipo cenagosos y de vegetación acuática, mangle y mangle con elementos de selva baja, medianamente degradada. Este CTN incluye la ciénaga litoral y la llamada zona de petenes.

- Comarcas:

- a) Ría o laguna abierta.
- b) Canales de drenaje antropizados con mangle.
- c) Lagunas cerradas con régimen de marea.

d) Superficies pantanosas biogénico-marinas-acumulativas muy baja < 1 mt con vegetación de mangle de poco a fuertemente antropizado.

e) Superficie pantanosa biogénico acumulativo muy baja < 1 mt con vegetación de tulares y manglares medianamente degradada.

f) Petén: microelevación sobre la superficie pantanosa de forma mas o menos circular, sobre materia orgánica y turba con surgencia cársica, de agua dulce a muy salinizada, bajo régimen de marea con vegetación de estructura concéntrica de tulares, manglares y manglares con elementos de selva baja.

g) Cenotes.

3. Llanura cársico-denudativa baja, < 9 m, plana, sobre rocas carbonatadas, pleistocénicas de carso desnudo a parcialmente desnudo, estacionalmente húmedas con rendzinas y bosque bajo semidesiduo medianamente antropizados.

- Comarcas:

a) Superficie carcificada inundada, transicional con bosque semidesiduo y elementos de vegetación acuática.

b) Superficie carcificada con selva baja.

c) Cenotes.

#### IV.2.4 Medio socioeconómico

##### a) Demografía

Población de 6 a 14 años 2000	1458
Población de 12 años y más 2000	5997
Población de 15 a 17 años 2000	471
Población de 18 años y más 2000	5040
Población masculina de 18 años y más 2000	2596
Población femenina de 18 años y más 2000	2444
Población de 5 años y más residente en otra entidad o país en 1995 2000	208
Total de la población de 12 años y más 2000	5997
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal solteros 2000	1980
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal casados al civil 2000	624
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal casados religiosamente 2000	30
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal casados al civil y religiosamente 2000	2763
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal en unión libre 2000	242
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal separados 2000	74
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal divorciados 2000	29
Total de la población de 12 años y más según estado conyugal viudos 2000	244
Total de la población de 12 años y más que no especifica estado conyugal 2000	11

##### Vivienda :

De acuerdo al Censo de 2000, se cuenta con las siguientes estadísticas de vivienda:

Total de viviendas habitadas 2000	1897
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de casa independiente 2000	1817
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de departamento edificio 2000	1
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de vivienda de vecindad 2000	0
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de cuarto de azotea 2000	0
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de local no construido para habitación 2000	0

---



---

Total de viviendas habitadas por tipo y clase de vivienda móvil 2000	0
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de refugio 2000	0
Total de viviendas habitadas por tipo y clase de vivienda no especificado 2000	79
Promedio de ocupantes en viviendas particulares 2000	4
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares 2000	2
Viviendas particulares habitadas con paredes de material de desecho y lámina de cartón 2000	15
Viviendas particulares habitadas con piso de material diferente de tierra 2000	1823
Viviendas particulares habitadas con 2 cuartos incluyendo la cocina 2000	501

---

**Servicios:**

Viviendas particulares habitadas que utilizan gas para cocinar 2000	1094
Viviendas particulares habitadas que utilizan leña para cocinar 2000	778
Viviendas particulares habitadas que utilizan carbón para cocinar 2000	3
Viviendas particulares habitadas que utilizan petróleo para cocinar 2000	0
Viviendas particulares habitadas que disponen de servicio sanitario exclusivo 2000	1432
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada 2000	1320
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje 2000	1007
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica 2000	1847
Viviendas particulares habitadas que sólo disponen de agua entubada y energía eléctrica 2000	1306
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica 2000	742
Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada, drenaje ni energía eléctrica 2000	23

---

**Salud:**

Total de la población derechohabiente en el IMSS 2000	1884
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 0 - 4 años 2000	101
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 5 - 9 años 2000	124
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 10 - 14 años 2000	161
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 15 - 19 años 2000	193

---

---



---

Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 20 - 24 años 2000	163
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 25 - 29 años 2000	113
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 30 - 34 años 2000	79
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 35 - 39 años 2000	80
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 40 - 44 años 2000	69
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 45 - 49 años 2000	76
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 50 - 54 años 2000	83
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 55 - 59 años 2000	127
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 60 - 64 años 2000	140
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 65 - 69 años 2000	133
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad de 70 y más años 2000	236
Total de la población derechohabiente en el IMSS por grupo quinquenal de edad no especificado 2000	6

---

**Vías de comunicación:** Existe una carretera que une a Santa Clara con la cabecera municipal, Dzidzantún vía Motul. También existe una vía que comunica Santa Clara y Chabihau vía costera.

**Educación:**

---

Total de la población de 15 años y más 2000	5511
Total de la población hombres de 15 años y más 2000	2854
Total de la población mujeres de 15 años y más 2000	2657
Total de la población de 5 años y más que tiene asistencia escolar 2000	2181
Total de la población hombres de 5 años y más que tiene asistencia escolar 2000	1102
Total de la población mujeres de 5 años y más que tiene asistencia escolar 2000	1079
Total de la población de 5 años y más sin nivel de instrucción 2000	869
Total de la población de 5 años y más con instrucción posprimaria 2000	3009
Total de la población de 5 años y más que no especifica instrucción primaria 2000	89
Total de la población de 12 años y más 2000	5997
Total de la población de 12 años y más sin instrucción posprimaria 2000	2917

---



---

Total de la población de 12 años y más con instrucción media superior y superior 2000	1728
Total de la población de 12 años y más que no especifica nivel de instrucción secundaria y carrera técnica o comercial 2000	71
Total de la población de 15 años y más 2000	5511
Total de la población de 15 años y más sin instrucción media superior 2000	3715
Total de la población de 15 años y más con instrucción superior 2000	657
Total de la población de 15 años y más que no especifica instrucción superior 2000	68

---

**Actividades productivas**

Por actividad económica:

Total de la población ocupada según situación en el trabajo empleados y obreros 2000	1265
Total de la población ocupada según situación en el trabajo jornaleros y peones 2000	665
Total de la población ocupada según situación en el trabajo patrones 2000	64
Total de la población ocupada según situación en el trabajo trabajadores por su cuenta 2000	662
Total de la población ocupada según situación en el trabajo trabajadores familiares sin pago 2000	40
Total de la población ocupada según situación en el trabajo que no especifica ocupación principal 2000	101

---

La población económicamente activa se representa a continuación:

Total de la población de 12 años y más 2000	5997
Total de la población de 12 años y más económicamente activa 2000	2812
Total de la población de 12 años y más económicamente activa ocupada 2000	2797
Total de la población de 12 años y más económicamente activa desocupada 2000	15
Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva 2000	3164
Total de la población de 12 años y más que no especifica condición de actividad económica 2000	21

---

**b) Factores socioculturales**

Santa Clara se ha caracterizado por ser una sociedad de pescadores con tradiciones particulares la cuales han sido combinados con las tendencias modernas actuales.

Tienen una feria tradicional y un festival típico del pulpo, el cual se realiza en el mes de agosto. También realizan una competencia de pesca deportiva teniendo como pez principal al róbalo, competencia que atrae a personas de diversos puntos de la región lo cual provoca que se convierta en una entrada económica fuerte a la población.

Todas las festividades están relacionadas fuertemente con sus actividades pesqueras por lo cual una actividad como la de instaurar arrecifes artificiales sería benéfico para ellas y en consecuencia para los habitantes en general de la Isla.

#### IV.2.5 Diagnóstico ambiental

El desarrollo de este capítulo tiene por objeto ofrecer una descripción del estado que guardan los ecosistemas del área donde se desarrollará el proyecto. Dicha descripción debe realizarse con la información detallada en cada uno de los temas desarrollados en los capítulos anteriores. Integración e interpretación del inventario ambiental.

Los criterios de valoración pueden ser muy variados, los de uso más frecuente son:

- Normativos: Para Santa Clara la normatividad ambiental que se podría aplicar sería el Programa de Manejo de la Reserva de Dzilám de Bravo, siendo importante aclarar que esta actividad no se ubicará dentro de la Reserva, que no es destructiva y si restauradora.
- De diversidad: La instauración de los arrecifes artificiales no provocarán pérdidas en la biodiversidad presente, por el contrario, estudios han empezado a comprobar que las estructuras propuestas cumplen una función generadora de individuos e incrementadora de la diversidad de las comunidades bióticas presentes.
- Rareza: Este indicador del estado del ambiente deberá ser considerado en el siguiente sentido, es importante tomar en cuenta que en la situación actual, los colapsos de las pesquerías ribereñas se estén produciendo por sobreexplotación y pérdida de hábitat; la presencia de las estructuras ayudará en primer lugar a tener una recuperación del hábitat trayendo en consecuencia una recuperación de las actividades de la población.

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

### V.I Metodología para evaluar los impactos ambientales

Se evaluara el impacto de los arrecifes artificiales mediante la aplicación de una matriz de interacción híbrida resultante de la combinación de una matriz simple de Leopold con una matriz cromática.

#### V.I.1 Indicadores de impacto

La matriz esta conformada en su mayoría por factores ambientales los cuales serán alimentados por medio de bibliografía para poder realizar las operaciones correspondientes.

#### V.I.2 Relación general de algunos indicadores de impacto

Para lo cual se construyó primero una lista de chequeo con las principales variables a considerar, se emplea una escala de colores similares a las utilizadas en un semáforo, considerando a los factores con color rojo como los factores a los cuales se les debe de prestar mayor cuidado por ser los que se verán más afectados y tendrán una factor de cambio más alto:

<b>Físicas</b>	
1	Temperatura del agua (superficial y de fondo)
2	pH
3	Corrientes
4	Oleaje
5	Viento
6	Marea
7	Salinidad
8	Granulometría
9	Sólidos Disueltos
10	Sólidos Sedimentables
11	Turbidez
12	Línea de costa
13	Batimetría
<b>Químicas</b>	
14	Oxígeno Disuelto
15	Materia Orgánica
16	Nutrientes
17	Conductividad
18	Hidrocarburos en la columna de agua
19	Hidrocarburos en sedimentos marinos
20	Materia orgánica en sedimentos
<b>Biológicas</b>	
21	Tipo de fondo
22	Zooplancton abundancia
23	Zooplancton diversidad
24	Fitoplancton abundancia
25	Fitoplancton diversidad
26	Macrofauna abundancia

27	Macrofauna diversidad	
28	Macrofitas abundancia	
29	Macrofitas diversidad	
30	Ictiofauna abundancia	
31	Ictiofauna diversidad	
32	Colonización larvaria	
<b>Sociales</b>		
33	Información del proyecto	
34	Generación de empleos	
35	Paisaje	
36	Modo de vida	
37	Densidad de población	
38	Salud y seguridad	
<b>Económicas</b>		
39	Transporte	
40	Pesquerías	
41	Actividades recreativas	

A continuación se expondrán las consideraciones de cada uno de los factores a tomar en cuenta.

<b>Físicas</b>		
1	Temperatura del agua (superficia y de fondo)	Esta variable no sufrirá variación alguna por efecto de las estructuras arrecifales, sin embargo su monitoreo constante puede ayudar a comprender las variaciones en las comunidades de fondo asociados a cambios en las diferentes épocas del año.
2	pH	Esta variable puede sufrir cambios por efecto de las estructuras al reaccionar con el cemento con el cual son construidas, su impacto puede ser considerado alto, puntual y acumulativo por la cantidad de estructuras que sean sumergidas.
3	Corrientes	Las corrientes sufrirán cambios al momento de ser transportadas al punto en el cual serán sumergidas pero este impacto es bajo y poco significativo. Una vez en operación, las estructuras cambiarán el patrón de corrientes de fondo, siendo un impacto alto, significativo y duradero.
4	Oleaje	El oleaje se verá interrumpido en su patrón al momento de ser transportadas y sumergidas, pero será un impacto bajo, no significativo y de poca duración. Una vez en operación, los arrecifes no impactarán el oleaje superficial de manera significativa, solamente en condiciones de oleajes fuertes como en caso de tormentas.
5	Viento	El viento no se verá impactado por efecto de los arrecifes artificiales en ninguna de las etapas.
6	Marea	La marea tampoco se verá impactada por la presencia de los artificiales ya que estos se localizaran alejados de la costa, que es en donde los efectos de la marea se presentan más fuerte.
7	Salinidad	La salinidad será impactada el momento de operación de los arrecifes debido a los materiales con los cuales serán construidos.
8	Granulometría	La granulometría no se verá impactada al momento del transporte ni en el proceso de inmersión de los arrecifes, al momento de su operación los arrecifes, al interferir en los patrones de corrientes superficiales, acumularán sedimentos marinos en la superficie que cambiarán los tamaños de grano de los sedimentos.
9	Sólidos Disueltos	Los sólidos disueltos se verán impactados al momento de ser introducidas las estructuras, pero el impacto es bajo, poco significativo y de poca duración. Cuando los arrecifes artificiales se encuentren en operación, los sólidos disueltos se verán impactados por aumento de los organismos que estarán tanto habitando las estructuras como alimentándose de los organismos que las colonicen, el impacto será bajo, no significativo y permanente.
10	Sólidos Sedimentables	Los sólidos sedimentables solo se verán impactados al momento de operación, el impacto será bajo, no significativo y con una presencia





		intermitente, de acuerdo a las épocas y presencia de fenómenos naturales.
11	Turbidez	La turbidez se verá impactada sólo cuando los arrecifes se encuentren en operación, la turbidez disminuirá por la presencia de los arrecifes siendo un impacto positivo.
12	Línea de costa	La línea de costa sólo se verá impactada cuando los arrecifes estén en operación. Sólo que el impacto será identificable después de mucho tiempo y en zonas en las cuales el transporte sea alto, el impacto será alto, significativo y de largo duración.
13	Batimetría	La profundidad se verá impactada al momento de operar los arrecifes, es impacto inmediato y permanente.
	<b>Químicas</b>	
14	Oxígeno Disuelto	La cantidad de oxígeno disuelto en la columna de agua se verá impactada al momento de estar en operación los arrecifes artificiales por dos principales razones: 1) El aumento de organismos en el punto por efecto de colonización de las estructuras, 2) Por efecto de que las estructuras al estar sobre el fondo marino se opondrán a las corrientes de fondo. Este impacto será alto y permanente.
15	Materia Orgánica	La cantidad de materia orgánica se verá fuertemente impactada ya que aumentará la concentración en la columna de agua por el aumento de la presencia de organismos en el punto en el cual se instalan las estructuras, este impacto será gradual y permanente. La presencia del ser humano realizando actividades recreativas y comerciales pueden llevar consigo un aumento en la concentración de materia orgánica en la columna de agua.
16	Nutrientes	Igualmente, los nutrientes se verán impactados en el tiempo ya operando los arrecifes. El impacto será gradual y permanente debido al aumento de organismos en el punto en el cual se ubiquen las estructuras. Es importante notar que de las actividades antropogénicas que se realicen relacionadas con los arrecifes también se verá un incremento en la concentración de nutrientes.
17	Conductividad	Este valor no se verá afectado por la presencia de las estructuras pero es importante considerarlo por la influencia sobre las comunidades marinas.
18	Hidrocarburos en la columna de agua	Los arrecifes artificiales no tendrán efecto alguno en las concentraciones de hidrocarburos, pero el transporte de las mismas y las actividades que se realicen y estén relacionadas con los arrecifes implican actividad de embarcaciones. Este impacto es bajo y constante.
19	Hidrocarburos en sedimentos marinos	Los arrecifes artificiales no tendrán efecto alguno en las concentraciones de hidrocarburos, pero el transporte de las mismas y las actividades que se realicen y estén relacionadas con los arrecifes implican actividad de embarcaciones.
20	Materia orgánica en sedimentos	Los arrecifes artificiales tienen como objetivo el incremento de la biodiversidad marina mediante la creación de nichos, este aumento de la abundancia de organismos implicará un aumento en la producción de detritus lo cual impactará permanente y constantemente a los sedimentos marinos.
	<b>Biológicas</b>	
21	Tipo de fondo	El tipo de fondo se verá permanentemente impactado por la inmersión de las estructuras.
22	Zooplankton abundancia	La abundancia de las comunidades de zooplankton se verán impactadas de manera constante y permanente por el aumento de la abundancia de diversos organismos ya sea por que ellos tiene formas larvarias zoopláncticas o por que se alimentan del zooplankton.
23	Zooplankton diversidad	La diversidad se verá impactada alta, constante y permanentemente por el aumento de la diversidad de organismos con formas larvarias en el zooplankton así como por organismos que se alimentan de él.
24	Fitoplancton abundancia	La abundancia de las comunidades de fitoplancton se verán impactadas de manera constante y permanente por el aumento de la abundancia de diversos organismos se alimentan de él.
25	Fitoplancton diversidad	La diversidad se verá impactada alta, constante y permanentemente por el aumento de la diversidad de organismos.
26	Macrofauna abundancia	La abundancia de la macrofauna será de las variables que más fuertemente serán impactadas por la presencia de los arrecifes artificiales. El proporcionar hábitat para que sea colonizado por diversos organismos impactará de manera

		gradual, constante y permanente el fondo sobre el cual se hayan colocado los arrecifes.
27	Macrofauna diversidad	La proporción de superficies adecuadas para la colonización de larvas, incrementará la diversidad de organismos en zonas en las cuales anteriormente no existían.
28	Macrofitas abundancia	La macrófitas aumentarán su abundancia por la colonización de nuevo sustrato, este impacto será permanente y constante.
29	Macrofitas diversidad	La diversidad se verá impactada por la presencia de macrófitas que al encontrarse en deriva no podían asentarse por falta de sustrato, este impacto será permanente.
30	Ictiofauna abundancia	La abundancia de las comunidades de peces se verá impactada de forma permanente y constante, debido a que las estructuras serán colonizadas por diferentes especies peces. Este aumento de las poblaciones de peces traerá consigo otro impacto que es el aumento de la actividad pesquera y recreativa.
31	Ictiofauna diversidad	La diversidad de las comunidades de peces se verán fuertemente impactadas y de manera constante.
32	Colonización larvaria	Esta variable será otra que será impactada en buen grado. Su efecto se verá después de la inmersión de las estructuras y será la que determine en gran medida la efectividad de las estructuras arrecifales. Su impacto será alto, permanente y constante.
<b>Sociales</b>		
33	Información del proyecto	La información del proyecto será un factor importante durante la operación de las estructuras siendo un importante a nivel regional, de larga duración en la percepción de la gente.
34	Generación de empleos	Durante la etapa de construcción de las estructuras no se veá impacto sobre las poblaciones costeras ubicadas cerca de las zonas en las cuales se sumergirán los arrecifes. Se observará un impacto alto, puntual y de mediano plazo por el transporte de las estructuras a su zona de inmersión. El impacto será alto y constante por efectos de la operación de los arrecifes ya sea por el aumento de biomasa con fines de pesca comercial, como por el aumento de actividades recreativas, promoviendo la diversificación de las actividades productivas en las comunidades de pescadores.
35	Paisaje	El paisaje submarino se verá impactado por la presencia de los arrecifes, este impacto será alto, local y permanente. En algunas zonas se verá un impacto en el paisaje costero la reducir los procesos erosivos.
36	Modo de vida	El impacto será a largo plazo y gradual, al producirse la diversificación de las actividades no siendo la exclusiva la pesquera. Esto incluyendo a sus actividades tradicionales como ferias y eventos locales de difusión regional.
37	Densidad de población	El aumento de la población impactará a mediano plazo, y constante por el aumento del flujo de población flotante que quiera conocer las estructuras a través de actividades turísticas. También se dará un aumento en la población local por efecto directo de las actividades realizadas con las estructuras.
38	Salud y seguridad	Este factor tendrá un impacto alto y a mediano plazo, debido al aumento del tráfico de embarcaciones en la zona de los arrecifes así como el aumento de la densidad local de cada una de las poblaciones en las cuales se colocarán los arrecifes.
<b>Económicas</b>		
39	Transporte	Las actividades de transporte serán impactadas a mediano plazo y constante. Tanto por el transporte de las estructuras para llevarlas a Santa Clara como para su inmersión, como ya en operación por el transporte de turistas a la zona de los arrecifes.
40	Pesquerías	Las pesquerías tendrán un impacto alto, a mediano plazo y de manera constante.
41	Actividades recreativas	Las actividades recreativas tendrán un impacto alto, a mediano plazo y de manera constante, tanto en la zona en la cual se sumergirán los arrecifes como en las poblaciones costeras.

## V.2 Criterios y metodologías de evaluación

### V.2.1 Criterios

Los valores de interacción estarán dados por los siguientes factores:

	<b>Cualidad del impacto</b>	
	Impacto bajo o nulo	
	Impacto medio	
	Impacto alto	
	<b>Tipo de impacto</b>	
+	positivo	
-	negativo	
	<b>Duración</b>	<b>Valor</b>
CP	corto plazo	0.25
MP	mediano plazo	0.50
LP	largo plazo	0.75
KD	permanente	1.00
	<b>Influencia del impacto</b>	<b>Valor</b>
P	puntual	0.33
L	local	0.66
R	regional	1.00
	<b>Reversibilidad del impacto</b>	
IR	irreversible	
RR	rreversible	

### V.2.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Tomando en cuenta las consideraciones generales anteriores, se generó la siguiente Matriz cromática:

	CONSTRUCCION	INSTALACION	OPERACION
1			
2		-CP	-P
3		-CP	-P
4		-CP	-P
5			
6			
7			
8			LP IR
9			LP
10			LP
11		-CP	P
12			KD IR
13			KD RR
14			KD IR
15			KDIR
16			KD IR
17			
18			MP RR
19			LP RR
20			KD IR



21			CP RR	L RR	KD IR	L IR
22			CP RR	P RR	MP IR	L IR
23			CP RR	P RR	MP IR	L IR
24			CP RR	P RR	MP IR	L IR
25			CP RR	P RR	MP IR	L IR
26			CP RR	P RR	MP IR	L IR
27			CP RR	P RR	MP IR	L IR
28			CP RR	P RR	MP IR	L IR
29			CP RR	P RR	MP IR	L IR
30			CP RR	P RR	MP IR	L IR
31			CP RR	P RR	MP IR	L IR
32					MP IR	L IR
33	CP	L	CP	L	MP	L
34			CP	L	MP	R
35			CP RR	L RR	CP RR	L RR
36					LP IR	L IR
37					LP IR	L IR
38			CP RR	P RR	MP RR	L RR
39			CP	L	MP IR	L IR
40					MP IR	L IR
41					MP IR	L IR

Poniendo los valores numéricos se produce la siguiente Matriz:

	CONSTRUCCIÓN		INSTALACION		OPERACION		
	Duración	Influencia	Duración	Influencia	Duración	Influencia	
1							0.00
2			-0.25	-0.33	-0.25	-0.33	-1.16
3			-0.25	-0.33	-1	-1	-2.58
4			-0.25	-0.33	-1	-1	-2.58
5							0.00
6							0.00
7							0.00
8*					0.75	0.66	1.41
9					0.75	0.66	1.41
10					0.75	0.66	1.41
11			-0.25	-0.33	0.75	0.66	0.83
12					1	1	2.00
13*					1	1	2.00
14					1	1	2.00
15*					1	1	2.00
16					KD IR	L IR	0.00
17							0.00
18					-0.5	-0.33	-0.83
19					-0.75	-0.33	-1.08

20					1	0.66	1.66
21			0.25	0.66	1	0.66	2.57
22			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
23			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
24			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
25			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
26			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
27			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
28			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
29			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
30			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
31			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
32					0.5	0.66	1.16
33	0.25	0.66	0.25	0.66	0.5	0.66	2.98
34			0.25	0.66	0.5	1	2.41
35			0.25	0.66	0.25	0.66	1.82
36					0.75	0.66	1.41
37					0.75	0.66	1.41
38			0.25	0.33	0.5	0.66	1.74
39			0.25	0.66	0.5	0.66	2.07
40					0.5	0.66	1.16
41					0.5	0.66	1.16
	0.25	0.66	3	5.61	15.75	18.51	

Resumiendo la Matriz anterior se puede apreciar como las actividades con mayor impacto en el medio será la etapa de Operación, con una gran impacto positivo en el nivel de influencia, con una influencia que va desde Local hasta Regional.

CONSTRUCCIÓN		INSTALACIÓN		OPERACIÓN	
Duración	Influencia	Duración	Influencia	Duración	Influencia
0.25	0.66	3	5.61	15.75	18.51

Repetiendo el análisis en cada una de las variables a analizar se muestra como solamente cinco variables, tres Físicas y dos Químicas, muestran un impacto negativo por efecto de la instalación de las estructuras para los arrecifes artificiales.

Físicas		Químicas		Biológicas		Sociales	
Temperatura	0.00	Oxígeno Disuelto	2.00	Tipo de fondo	2.57	Información del proyecto	2.98
pH	-1.16	Materia Orgánica	2.00	Zooplankton abundancia	1.74	Generación de empleos	2.41
Corrientes	-2.58	Nutrientes	0.00	Zooplankton diversidad	1.74	Paisaje	1.82
Oleaje	-2.58	Conductividad	0.00	Fitoplankton abundancia	1.74	Modo de vida	1.41

**Campo demostrativo de arrecifes artificiales  
Reef Ball de México**

Viento	0.00	Hidrocarburos en la columna de agua	-0.83	Fitoplancton diversidad	1.74	Densidad de población	1.41
Marea	0.00	Hidrocarburos en sedimentos marinos	-1.08	Macrofauna abundancia	1.74	Salud y seguridad	1.74
Salinidad	0.00	Materia orgánica en sedimentos	1.66	Macrofauna diversidad	1.74	11.77	
Granulometría	1.41	3.75		Macrofitas abundancia	1.74	Económicas	
Sólidos Disueltos	1.41			Macrofitas diversidad	1.74	Transporte	2.07
Sólidos Sedimentables	1.41			Ictiofauna abundancia	1.74	Pesquerías	1.16
Turbidez	0.83			Ictiofauna diversidad	1.74	Actividades recreativas	1.16
Línea de costa	2.00			Colonización larvaria	1.16	4.39	
Batimetría	2.00			21.13			
						2.74	

---

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

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

De acuerdo a las matrices generadas en el apartado anterior se desprende las siguientes consideraciones:

Se debe tomar en cuenta que al momento de la instalación de los arrecifes artificiales el mayor impacto se dará sobre las comunidades bentónicas conocidas como macrofauna pequeña y meiofauna, con un tamaño máximo de un centímetro de largo. El impacto sobre estas comunidades se da al momento de depositar los arrecifes artificiales sobre el fondo marino. Evaluar este impacto se torna difícil por diferentes causas:

- 1.- Estas comunidades, por su pequeño tamaño, no son fáciles de detectar a simple vista.
- 2.- Por lo mismo, su estudio es escaso en México como a nivel mundial.
- 3.- La falta de estudios provoca que las claves para la identificación de los organismos sean escasas.
- 4.- La inversión en tiempo es demasiada, rebasando los tiempos comunes para los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, por lo cual se recomienda un seguimiento de estas comunidades una vez colocados las estructuras.

Estos organismos son claves para el desarrollo de las cadenas tróficas marinas ya que ellos funcionan como:

- 1.- Concentradores de energía disponible hacia los niveles superiores de la pirámide trófica.
- 2.- En ella se desarrollan etapas larvianas de especies de importancia ecológica y económica.
- 3.- Sirven de alimento a diferentes especies de importancia ecológica y económica.

Otra importante consideración es la altura de las estructuras debido a que pueden interrumpir las corrientes que se den de manera submarina y que en algunos casos llevan una dirección contraria a las superficiales. Estas corrientes submarinas son importantes por su alta influencia en:

- 1.- Los patrones de depositación del sedimento en el fondo marino.
- 2.- Sirven como medio de transporte para los organismos microscópicos.
- 3.- Sirven como medio de dispersión para muchas larvas y microorganismos adultos.

Los patrones de depositación son importantes ya que determinan la cantidad de sedimento que es acarreado hacia la costa, por lo cual determinan los procesos de erosión y acreción costera. Por lo anterior, se debe de tomar en cuenta el impacto de las estructuras sobre los procesos de erosión a lo largo de toda la costa de Campeche en la cual se sumergirán los arrecifes artificiales.

Por lo anterior se debe de tener en cuenta que la función de los arrecifes artificiales se dará en dos sentidos, la restauración del ambiente marino por medio del incremento de las comunidades marinas y la restauración del ambiente físico a través de la estabilización de los procesos erosivos. El problema es detectar en cuales zonas se necesita la restauración biológica y en cuales la restauración del ambiente físico.

El proceso constructivo de las estructuras se realizará instalaciones diseñadas para tal fin, en la cual las condiciones son controladas evitando pérdidas de los materiales y minimizando las emisiones que se puedan dar al ambiente.

El proceso de transporte de las estructuras, tanto del lugar de su fabricación como para llevarlas al punto en la cual serán sumergidas, es el que deberá de ser controlado para evitar que las estructuras sufran algún accidente y se dañen o se rompan provocando residuos que puedan ser dispersados en el ambiente.

El transporte de las estructuras hasta Santa Clara se realizará vía terrestre por medio de trailer, es importante como medida de prevención que estos estén debidamente verificados y cuenten con silenciador para evitar tanto emisiones a la atmósfera como ruido que perturben las comunidades bióticas presentes.

Una vez sumergidas, las estructuras quedaran operando inertes bajo los efectos de la colonización que hagan de ellas los diferentes organismos tanto como flora como fauna.

De tal modo y con base a lo anterior se detectaron como impactos negativos importantes solamente el uso de las lanchas al momento de la colocación de las estructuras, este impacto se produce en dos vías:

1.- El tráfico de embarcaciones lo que incrementa la presencia de residuos de diesel y aceite en el mar. Su medida de mitigación es tener la maquinaria en condiciones apropiadas para evitar que esta pueda estar tirando residuos de combustible y aceite al mar.

2.- El tráfico provocará movimientos no comunes de las corrientes y una probable remoción de sedimentos el momento de colocar las estructuras. Estos impactos son de tiempo breve y no causan mayor problema a los organismos marinos.

Los que se debe de considerar al momento de las actividades de colocación es guardar las máximas reglas de seguridad para evitar accidentes lamentables derivados del peso de cada una de las estructuras.

## **VI.2 Impactos residuales**

No se considera la presencia de impactos residuales negativos derivados de la operación de los arrecifes artificiales.

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

### **VII.1 Pronóstico del escenario**

El proyecto presente pretende la generación de una zona que pueda servir para poder realizar estudios, de carácter científico, y que sirvan para evaluar el potencial de los Reef Ball como conformadores de arrecifes artificiales.

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

El programa de monitoreo de las estructuras se realizará mediante la toma de videos y fotos submarinas de los arrecifes artificiales colocados. Adicionalmente se podrá realizar tomas de parámetros físicos y químicos básicos de la columna de agua. Estos serán sedimentos, temperatura, pH y visibilidad.

Es importante recordar que el objetivo principal del presente proyecto es la creación de una zona de experimentación e investigación para los arrecifes, por lo cual los mismos estudios que se generen servirán como parte del programa de monitoreo de las estructuras.

### **VII.3 Conclusiones**

El presente proyecto tendrá no generará impacto negativos alguno al medio natural proporcionando sustrato nuevo que será colonizado por organismos marinos de importancia ecológica y económica.

Su importancia también reside en que se creará una zona para experimentación científica que sirva como entrenamiento y capacitación en beneficio de la conservación de los recursos naturales marinos.

---

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

### **VIII.1 Formatos de presentación**

De acuerdo al artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregarán cuatro ejemplares impresos de la Manifestación de Impacto Ambiental; de los cuales uno será utilizado para consulta pública. Asimismo todo el estudio será grabado en memoria magnética, incluyendo imágenes, planos e información que complementa el estudio mismo que deberá ser presentado en formato Word.

Se integrará un resumen de la Manifestación de Impacto Ambiental que no excederá de 20 cuartillas en cuatro ejemplares, asimismo será grabado en memoria magnética en formato Word.

Es importante señalar que la información solicitada debe ser completa y en idioma español para evitar que la autoridad requiera de información adicional y esto ocasione retraso o falta de continuidad en el proceso de evaluación.

#### **VIII.1.1 Planos de localización**

Se elaborarán los planos que se describen en la presente guía. A efecto de facilitar el análisis de los evaluadores de la institución, se recomienda que estos tengan el mismo tamaño y la misma escala, contener, por lo menos: el título; el número o clave de identificación; los nombres y firmas de quien lo elaboró, de quien lo revisó y de quien lo autorizó; la fecha de elaboración; la nomenclatura y simbología explicadas; la escala gráfica y numérica y la orientación.

#### **VIII.1.2 Fotografías**

Se anexan fotografías submarinas del punto en el cual se pretende el vertimiento de las estructuras de Reef Ball.

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

De manera opcional se puede anexar un videocasete con grabación del sitio. Se deberá identificar la toma e incluir la plantilla técnica que describa el tipo de toma (planos generales, medianos, cerrados, etcétera), así como un croquis donde se ubiquen los puntos y dirección de las tomas y los recorridos con cámara encendida.

### **VIII.2 Otros anexos**

Se anexan los siguientes documentos:

- 1.- Planos de ubicación de las estructuras.
- 2.- Información relativa a las estructuras Reef Ball.