



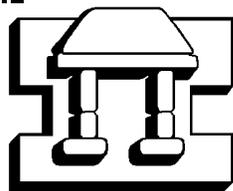
**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA.**

**DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE X'CACEL-X'CACELITO  
MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO. MEXICO.**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**B I O L O G O**  
PRESENTA  
**SAMUEL TOLENTINO DELGADILLO**

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. JONATHAN FRANCO LÓPEZ.  
LABORATORIO DE ECOLOGIA.



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA ESTADO DE MEXICO,  
OCTUBRE 2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA.

Es difícil numerar a las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo. Así que en las líneas siguientes les brindare un pequeño Homenaje a ellos y ellas que me permitieron concluir un sueño para comenzar otro aun mas grande Gracias a todos ustedes.....jjjj.

A mi madre por demostrarme que las ganas de salir adelante ante cualquier adversidad nadie las puede destruir. Gracias por ser la persona que mas confianza inculco en mi vida, siempre estaré inmensamente agradecido contigo.

A mi Hermano Gonzalo, sabes lo importante que eres para mi, sin ese apoyo incondicional que siempre me brindaste, difícilmente estaría en el comienzo de mi vida profesional. Gracias Hermano, muchas gracias....jjjj.

A Mis otros cuatro Hermanos; Enrique, Fernando, Lennin, Ivonne, Manuel Aldair, cada uno de ustedes, con su particular identidad son parte de mi vida.

A mi Tía Ma. Luisa, a sus dos Hijos Adriana y Carlos, por compartir conmigo aquellos días de soledad fuera de casa.

Al Amor de mi Vida Manuela Muhlia, que haz complementado mi vida maravillosamente, siempre eres y serás parte de mi....jjjj.

Bueno, no podía dejar de mencionar a mis compañeros y amigos, Biólogos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala; Alejandra Aguilar, Jesús Alberto (Morula), Isaac Medina (Chaz), José de Jesús (Chaparro), Yarely González, Bruno Adrián (Bart), Eduardo Chávez (llyayo), Melly Valenzuela ( Mafitics), Sandra Cortés (Engendro), Sandra Norma, Antonio Vargas (Toñogro), Ricardo Fernando (Gabo), Ricardo ( Flash), Fabiola Oropeza (Fabis), Andrea Zamora (Negra), Carlos Fuentes (Che boludo), Guillermo Cortes (Che memo), Antonio Tezozomoc (Toñote), Cinthya Rodríguez (Chantillo), Alejandro Cristín (Súper), Miriam Quiroz (Lady), Gregorio (leborias), Teresa Gómez (Tere England), Daniel Salmeron (Papi dios), Julieta Ruiz, Alya, Rebeca, Tania, Cecilia (Sexy), Elvia jara (cuñada).

A todos ustedes por compartir mi estancia en la Universidad, Gracias amigos...jjj.

## AGRADECIMIENTOS.

A mí asesor y director de Tesis profesional, M. en C. Jonathan Franco López por el apoyo y los conocimientos brindados durante la elaboración de este trabajo, Muchas Gracias.

A mí jurado revisor M. en C. Rafael Chávez López; Biol. Ángel Moran Silva; Biol. Carlos M. Bedia Sánchez; Biol. Héctor Barrera Escocia. Lab. Ecología. Por las aclaraciones y comentarios en este trabajo.

Al Profesor de Diversidad Animal I, Biol. Felipe de Jesús Cruz López, por las facilidades otorgadas en los traslados a la zona de X´Cacel durante las prácticas de campo, Muchas gracias Prof.

Al Dr. Raymundo Montoya por su apoyo al utilizar los Sistemas De Información Geográfica, Lab. Computo UBIPRO.

A mi novia Manuela Muhlia por su apoyo y compañía durante los trabajos de campo en X´Cacel. Gracias Manu.

A mi Madre y Hermano Gonzalo, por su apoyo, Gracias.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, carrera de biología por la formación académica.

## **INDICE.**

<b>Contenido</b>	<b>PAG.</b>
<b><u>Resumen</u></b>	.. 4
<b><u>Introducción.</u></b>	. 8
<b><u>Antecedentes</u></b>	.. 11
<b><u>Objetivos</u></b>	.. 12
<b><u>Método</u></b>	..... 13
<b><u>Descripción del área de estudio</u></b>	... 17
❖ <b>Características fisiográficas</b>	18
➤ <b>Fisiografía y topografía marina</b>	. 19
➤ <b>Geología general</b>	. 20
➤ <b>Edafología</b>	. 22
➤ <b>Hidrología</b>	. 23
➤ <b>Cenotes</b>	. 24
➤ <b>Climatología</b>	.. 25
➤ <b>Huracanes</b>	. 26
➤ <b>Dinámica de playas y erosión</b>	28
➤ <b>Oceanografía</b>	.... 29
❖ <b>Características Bióticas.</b>	
➤ <b>Ambiente terrestre</b>	.. 30
▪ <b>Vegetación</b>	30
▪ <b>Fauna</b>	. 31
▪ <b>Artrópodos</b>	. 32
➤ <b>Ambiente marino</b>	.. . 33
▪ <b>Fauna Marina</b>	.. 34
▪ <b>Corales</b>	35
▪ <b>Bentos</b>	. 36
▪ <b>Zooplancton</b>	.. ... 36
▪ <b>Macroalgas</b>	. 36
❖ <b>Características socioeconómicas.</b>	
➤ <b>Antecedentes histórico sociales</b>	. 37
➤ <b>Población</b>	. 37

<b>Contenido</b>	<b>PAG.</b>
▪ Evolución histórica de la población en Quintana Roo	37
▪ Solidaridad un Municipio joven	39
▪ Migración	40
▪ Chemuyil y otras comunidades cercanas a X´Cacel.	41
➤ Educación	42
➤ infraestructura y servicios	42
▪ Vivienda	42
▪ Servicios básicos comunitarios	43
▪ Infraestructura turística	44
▪ Actividad económica.	45
❖ Tenencia de la tierra en X´Cacel-X´Cacelito	46

### Resultados

❖ Presión	
➤ Problemática ambiental	50
❖ Estado	
➤ Aspecto urbano	52
• Educación	53
• Vivienda	53
• Calidad de Agua	54
• Servicios básicos comunitarios	54
• Salud	55
• Vialidades	56
• Actividad económica	57
➤ Aspectos físicos	58
• Hidrología (Karts)	58
• Cenotes	59
• Edafología	65
• Oceanografía	69
• Residuos sólidos en playa	71

<b>Contenido</b>	<b>PAG.</b>
• Residuos Orgánicos	.. 72
• Derivados del petróleo	74
➤ Aspecto biótico ..	75
• Vegetación	... 75
• Vegetación bajo algún estatus	.. 75
• Índices de diversidad	. 76
• Fauna	. 79
➤ Ambiente marino ..	80
• Fauna	. 80
• Características de los ecosistemas marinos	80
♦ Laguna arrecifal	.. 81
♦ Cresta arrecifal	.... 81
♦ Arrecife frontal	..... 82
♦ Corales	... 83
♦ Bentos	... .. 84
♦ Riqueza específica del área	... .. 84
• Tortugas Marinas	. 86
• Uso de los recursos del área	. 88
• Interés social del área natural protegida	. 89
❖ Evaluación de impactos ..	. 91
➤ Matriz de Leopold	. . 91
➤ Matriz de Mc Harg	. 94
➤ Redes de Sorensen	... 98
❖ Respuesta ..	. . 104
❖ Presión-Estado-Respuesta	. 106
<u>Discusión.</u> .....	109
<u>Conclusión.</u> .....	113
<u>Literatura citada.</u> .....	116
<u>Anexos.</u> .....	125

## **RESUMEN.**

El presente trabajo tiene por objeto contribuir en el planteamiento de los modelos, metodologías que se utilizan en la elaboración de un Diagnostico Ambiental, los cuales son propuestos originalmente por organismos internacionales como la Organización para la cooperación y Desarrollo Económico, Banco Mundial; así como Universidades y dependencia Gubernamentales que se han trazado la necesidad de implementar estrategias de vigilancia, valoración de los recursos naturales en un entorno de carácter Social, Cultural y de Bienestar.

La adaptación de dichas metodologías se plantea de forma especial en cada país y regio de la que se trate. Así para México la implementación de estas es reciente; en 1996 El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), presentaron los **Indicadores de Desarrollo Sustentable para México**, cuyos objetivos son, proporcionar un conjunto de indicadores que contribuyan al conocimiento de la problemática de sustentabilidad , al diseño de estrategias y políticas en nuestro país, ambas instituciones entre 1996 y 1999, en el marco de la prueba piloto mundial auspiciada por la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas, presentaron para aplicación en México de 113 indicadores de un total de 134– que ha puesto a prueba no sólo la capacidad y experiencia de México en la aplicación de metodologías de vanguardia.

Incluyendo antecedentes, aspectos conceptuales y metodológicos del desarrollo sustentable, objetivos y metas nacionales del Desarrollo sustentable, organización e instrumentación de la prueba nacional, resultados obtenidos y algunas reflexiones en torno a categorías temáticas a las que pertenecen: Social, Económica, Ambiental e Institucional, de acuerdo con la estructura y secuencia capitular de la Agenda 21.

En este trabajo se tomaron los lineamientos descritos en el modelo PRESION-ESTADO- RESPUESTA, Apoyándose en metodologías que permiten la identificación de posibles impactos ambientales. Se describen el grupo de indicadores que representan en lo posible el estado Actual y a Futuro de un área natural protegida como El Santuario de la Tortuga Marina X´Cacel-X´Cacelito, ubicado en el Municipio de Solidaridad Quintana Roo Méx.

Se llevo a cabo una amplia Caracterización Ambiental de la zona que permitiera en lo viable describir el estado actual del predio, a partir de considerase como área natural protegida, esto llevo a la elaboración directa del Diagnostico Ambiental, que fue el objetivo principal del presente trabajo de tesis.

## INTRODUCCION.

Un Diagnóstico Ambiental es un mecanismo de evaluación que se encarga de revelar la situación Ambiental de un lugar, con la base de una Caracterización Ambiental se obtiene información científica y técnica que permitirá identificar el mal uso y aprovechamiento de los recursos, para que, de este modo, se puedan formular acciones que aminoren dichos impactos(Olsen, 1994). Está basado, primordialmente en el uso de indicadores ambientales, en este caso en el de Presión-Estado-Respuesta. Fuente: INE. 1999. Su ejecución es muy importante, porque es la base de otros estudios, como son el ordenamiento ecológico del territorio, Al contar con el diagnóstico, podemos conocer los recursos con que se cuenta, en que estado se mantienen y de esta manera buscar posibles acciones para restaurar y/o proteger el ambiente.

El gobierno de la República a través del Plan Nacional de Desarrollo aborda el problema de la pérdida de la diversidad y de los recursos naturales y, previniendo situaciones en que existan posibilidades de desarrollo, establece dentro de sus objetivos promover un crecimiento económico y sostenido definiendo estrategias de política ambiental para un desarrollo sustentable. En este marco se inserta el Plan Estatal de Desarrollo que prevé la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP) con el objeto de conservar la biodiversidad y los recursos naturales. Cada ANP, de acuerdo con la normatividad mexicana, debe contar con un Programa de Manejo, el cual constituye una herramienta flexible y dinámica, capaz de modificarse y retroalimentarse con base en las experiencias de su propia aplicación, sin perder de vista el objetivo principal que es la conservación de la (s) especie(s) de interés.

Con el propósito de proteger al hábitat donde anidan las tortugas blanca y caguama, el área de X'cachel-X'cachelito se decretó como Santuario de la Tortuga Marina en febrero de 1998 y se señala una superficie que va desde los 60 m de isobata en el mar hasta 100 m tierra adentro a partir de la línea de marea alta. Limita al norte con la zona conocida como Chemuyil y al sur con la zona conocida como Xel-Há. Esta superficie coincide con la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) T-8a bajo política de protección. El santuario delimita al oeste y al norte con una UGA, la T-9, con política de conservación que permite el establecimiento de hasta 10 cuartos de hotel por hectárea. Al sur limita con la UGA T-8 con política de protección.

Por esto el interés y la necesidad de un desarrollo sostenible y la toma de conciencia frente a las amenazas que pesan sobre el ambiente y el mal manejo de los recursos naturales, han llevado a que los países, los organismos internacionales, los planificadores y los organismos no gubernamentales reexaminen los medios de los que se dispone para evaluar y vigilar la evolución y tendencias en el estado del medio ambiente, el uso de los recursos naturales y los procesos de desarrollo (Bakkes y col, 1994; Rodenburg, 1992).

Es así como los indicadores ambientales y de sustentabilidad reciben en la actualidad una atención creciente. Ellos aparecen como herramientas indispensables para el seguimiento y la definición de las políticas, acciones y estrategias conducentes a un desarrollo sostenible y al análisis de sus costos y beneficios (OCDE, 1991; UNEP-DPCSD, 1995; World Bank, 1995).



México no es la excepción y tiene que buscar opciones para el desarrollo sustentable, analizando su capacidad para evaluar y monitorear el estado del ambiente e identificar tendencias y cambios significativos, tomando en cuenta que la información ambiental es necesaria para comprender la problemática ambiental, facilitando cambios de conducta en beneficio del ambiente. De este modo, el desarrollo de indicadores de desempeño ambiental pretende constituirse como una herramienta en el análisis de la situación ambiental en México.

El desarrollo de indicadores ambientales se ha dirigido principalmente hacia la consecución de tres objetivos ambientales para alcanzar el desarrollo sustentable: (INE, 1999)

- Proteger la salud humana y el bienestar general de la población
- Garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos, y
- Conservar la integridad de los ecosistemas

Un modelo ampliamente utilizado es el de Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) desarrollado por la OCDE (OCDE, 1991; 1993) a partir del modelo original de Presión-Respuesta propuesto por Friends y Raport (1979). Este marco conceptual es probablemente el más aceptado a nivel mundial debido a su simpleza, facilidad de uso y la posibilidad de aplicación a diferentes niveles, escalas y actividades humanas.

En el contexto antes mencionado y con el fin de cumplir con la legislación vigente, el Gobierno del Estado de Quintana Roo le dio a la Universidad de Quintana Roo la responsabilidad de desarrollar el Programa de Manejo del Santuario, con el objetivo de establecer los mecanismos y acciones tendientes a proteger las especies y el hábitat de anidación.

A través del tiempo, el aprovechamiento de X'Cacel ha sido variado, desde el uso de las playas, la caza de tortugas y la protección de las mismas. La combinación de las ensenadas X'Cacel-X'Cacelito permite aprovechar diferentes tipos de playas y costas. La palabra X'Cacel es una modificación a la palabra maya KA'A TSEL. Esta palabra tiene dos componentes KA' A que significa dos, y TSEL que significa lomas, médanos de arena, lugares, lados o costados. La palabra X' es una contracción de una expresión maya que se asocia a muchas palabras para darle un sentido especial a la misma; puede usarse para hacer despectiva una palabra o para referirse a algo muy común. Así, X'Cacel quiere decir el lugar donde hay dos lugares con dos lomas. La interpretación más cercana se refiere a las dos ensenadas, X'Cacel - X'Cacelito, bordeadas al norte y al sur por dos puntas rocosas grandes. La palabra X'Cacelito no es originaria de la zona, es una denominación que usó el grupo del centro de Investigaciones de Quintana Roo para diferenciar una ensenada de la otra. De hecho la longitud de costa en la ensenada de X'Cacel es mucho menor que la de X'Cacelito.

Los indicadores ambientales en México son muy recientes y no discrepan mucho de otros países; no fue sino hasta 1987 que se inicia el desarrollo de conceptos sobre indicadores ambientales en Canadá y Holanda, países que hasta la fecha son de los más avanzados en el tema (INE, 1995).

Al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o *Agenda 21*, suscrito durante la *Cumbre de la Tierra* en Río de Janeiro, México se comprometió a



adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad, como también acciones orientadas a la generación de indicadores a través de los cuales se puedan medir y evaluar las políticas y estrategias de desarrollo sustentable. De acuerdo con el párrafo 40.4 de la declaración de la Agenda 21, «los indicadores de desarrollo sustentable necesitan ser desarrollados para proporcionar bases sólidas para la toma de decisiones en todos los niveles y contribuir a autorregular la sustentabilidad de los sistemas integrados del ambiente y el desarrollo». Estos indicadores constituyen un punto de referencia para la evaluación del bienestar y de la sustentabilidad de un país. En abril de 1995, la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas aprobó el Programa de Trabajo sobre Indicadores de Desarrollo Sustentable 1995-2000, a instrumentarse en diferentes etapas. Si bien México comenzó su participación de manera informal desde el arranque de la convocatoria, fue a partir de marzo de 1997, durante el tercer taller sobre el tema celebrado en Costa Rica –los anteriores fueron en Estados Unidos y Bélgica (1995 y 1996)– cuando se sumó formalmente a otros 21 países que, de manera voluntaria, habían decidido participar en la prueba piloto mundial para desarrollar dichos indicadores. En 1998, el número de países participantes llegó a los siguientes 22:

- ◆ África: Ghana, Kenya, Sudáfrica, Marruecos y Túnez.
- ◆ Asia / Pacífico: China, Filipinas, Maldivas y Pakistán.
- ◆ Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Finlandia, Francia, Reino Unido y República.
- ◆ América: Barbados, Bolivia, Brasil, Costa Rica, México y Venezuela.

El enfoque Presión-Estado-Respuesta (PER) fue propuesto por Environment Canadá y la OCDE. En México, el Programa de Medio Ambiente 1995-2000, establece como prioridad el desarrollo de un sistema de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental como instrumento que permita evaluar el desempeño de las políticas ambientales, difundir información de manera objetiva, contribuir a la adecuada planeación de las políticas ambientales, entre otros (INE, 1999).

Este modelo fue utilizado por la OCDE para organizar la información ambiental de los países miembros de manera de revisar su desempeño y resultados ambientales (OCDE, 1991; 1993). Ha sido también utilizado para elaborar la información ambiental en función de metas y objetivos en países como Holanda (Adriaanse, 1993) y para estructurar un conjunto de posibles indicadores de sustentabilidad para la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (DPCSD) y para el Banco mundial (UNEP-DPCSD, 1995; World Bank, 1995). A su vez ha sido aplicado a escala regional para organizar un conjunto de indicadores ambientales que permiten medir la sustentabilidad del uso de la tierra en América Latina y el Caribe (Winograd, 1995).



## **ANTECEDENTES.**

Hasta 1974, los señores Pablo Busch y Aníbal de Iturbide eran dueños de 34 Km. de costa, que limitaba, aproximadamente, al sur desde Xel-Há y comprendía las playas de X'cacelito, X'cacel, Chemuyil, etc. hasta el norte de Akumal. En ese año el presidente de la República, Luis Echeverría Álvarez, les expropió 26 Km. para la creación del Fideicomiso Caleta de Xel-Há y del Caribe (FIDECARIBE).

El 7 de noviembre de 1978 en Xel-Há se hizo entrega oficial de los terrenos para la constitución del FIDECARIBE. Posteriormente, y a partir del decreto publicado en el Diario Oficial, el 20 de agosto de 1993, la federación transfiere FIDECARIBE al gobierno del estado de Q. Roo (Diario Oficial, 1993; TECNOCONSULT, 1990).

Desde 1982 el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) comenzó a trabajar con tortugas marinas, al año siguiente se llevaron a cabo actividades de protección en las playas de Xpu-Ha, Kantenah, Aventuras DIF, Chemuyil, X'cacel, Punta Cadena y Ojo de Agua; estableciendo las bases y determinando las áreas más importantes de anidación en el Estado. Es a partir de 1987 que se reinician las labores de protección y conservación generando un cúmulo de información y estableciendo la base de datos sobre las características reproductivas de las tortugas marinas (Zurita Gutiérrez et. al., 1993).

En 1990, el Grupo Ecologista del Mayab (GEMA) sometió una propuesta para decretar la zona de X'cacel como área natural protegida (GEMA, 1990). En 1994, el grupo EPOMEX, de la Universidad Autónoma de Campeche, realizó una caracterización ecológica de los megaproyectos del "Corredor Turístico Cancún-Tulum". En el mismo año se reunió un grupo multidisciplinario para analizar el plan de desarrollo del corredor Cancún-Tulum, destacando la importancia de la zona para la anidación de las tortugas marinas, quedando el área de X'cacel como un sitio de protección ecológica (Periódico Oficial, 1994).

De esta manera, en el Programa de Ordenamiento Ecológico se determinó que el área de X'cacel, por la importancia que representa como una unidad territorial y conforme a la vocación del uso del suelo, queda como una zona apta para la protección ecológica y que el posible desarrollo debe darse en función a los criterios de ordenamiento ecológico del Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico del Corredor Cancún-Tulum (Periódico Oficial, 1994). La Unidad de Gestión Ambiental (UGA) que le corresponde, de acuerdo al Ordenamiento Ecológico es la T-8ª, con política ecológica de protección; está rodeada de otra UGA, la T-9 que tiene política de conservación.



## **OBJETIVOS.**

*General.*

- *Elaborar el Diagnóstico Ambiental del predio X'Cacel- X'Cacelito ubicado en el Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo México.*

*Específicos.*

- *Elaborar la Caracterización Ambiental De X'Cacel- X'Cacelito.*
- *Verificar el estado actual del predio, a partir de que se considero como área natural protegida para la anidación de tortuga marina.*
- *Determinar las acciones que afectan negativamente las condiciones ambientales de la zona.*
- *Elaborar los Mapas en un sistema de información geográfica.(Arc View-GIS 3.1).*



## METODO.

Se adoptó la metodología desarrollada por el grupo de evaluación ambiental de la OCDE, conocida como de indicadores ambientales con el esquema Presión-Estado-Respuesta. (Fig. 1).

Diseñado originalmente por Statistics Canadá en 1979, el esquema conceptual Presión-Estado-Respuesta (PER) fue retomado y adaptado por Naciones Unidas para la elaboración de algunos manuales sobre estadísticas ambientales, concebidos para su integración a los sistemas de contabilidad física y económica. Paralelamente, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1991 desarrolló el esquema PER y en 1993 definió un grupo medular de indicadores ambientales en varios temas seleccionados para la evaluación del desempeño ambiental. El esquema PER es tan sólo una herramienta analítica que trata de categorizar o clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades sociodemográficas y económicas. Se basa en el conjunto de interrelaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales (tanto ambientales como socioeconómicas), las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas. De acuerdo con la OCDE, un indicador puede definirse, de manera general, como un parámetro o valor, derivado de parámetros generales, que señala o provee información o describe el estado de un fenómeno dado -del ambiente o de un área específica- con un significado que trasciende el valor específico del parámetro. Este indicador conlleva dos funciones básicas: reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para reflejar una situación dada y simplificar el proceso de comunicación con el usuario.

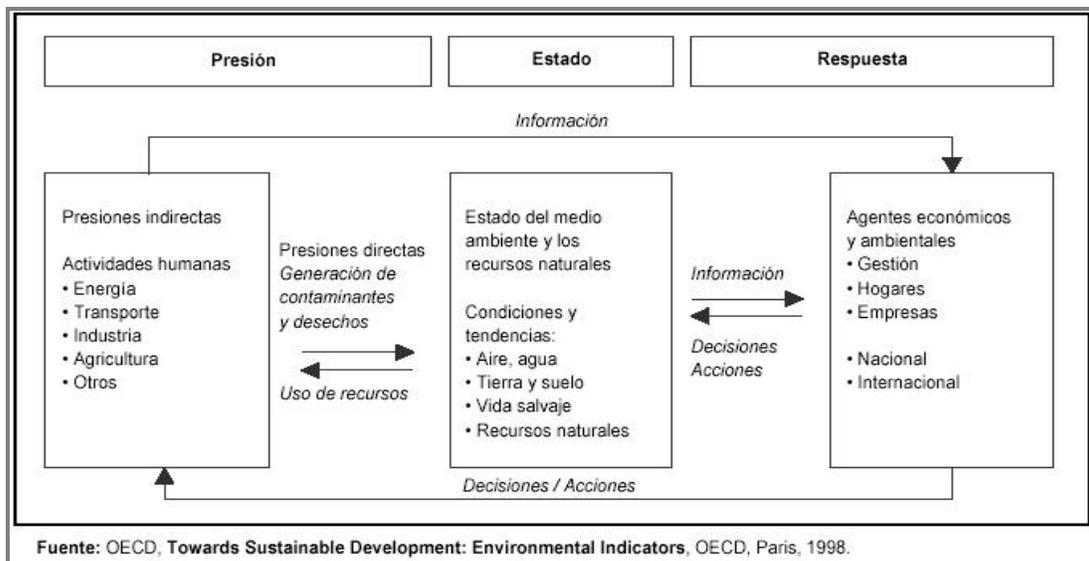


Figura: 1. Esquema Conceptual Modificado por la OCDE, del modelo Presión-Estado-Respuesta, (1998).



Para el conocimiento de los indicadores de presión, se realizaron recorridos identificando las actividades generadoras de la problemática, identificando las comunidades que se encuentran cercanas a la zona para la formulación del diagrama para el diagnostico, (Fig. 2).

El análisis de la problemática ambiental de los recursos biológicos, se realizo con entrevistas a personas originarias dentro de las comunidades que se encuentra en vecindad con el área de X'cachel-X'cachelito. En conjunto las pláticas se llevaron acabo en el marco de los siguientes cuestionamientos:

- ¿Qué animales podían observarse en la región hace algún tiempo y ahora ya no?
- ¿Qué animales podemos observar actualmente en la región?
- ¿A qué cree que se deba que esté disminuyendo la fauna en este lugar?
- ¿Considera importante la conservación de estos animales? ¿Por qué?

La descripción de los recursos florísticos y faunísticos se obtuvieron de la base de datos de la Universidad de Quintana, Así como del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Del Plan de Manejo del Santuario de la Tortuga Marina. Se obtuvo un registro fotográfico in situ para este estudio, con el fin de conocer el estado de los mismos. En visitas y recorridos de campo a en las siguientes fechas; agosto del 2000, enero de 2002, julio 2002, abril de 2003, julio de 2003.

Los listado de mamíferos, aves y reptiles se obtuvieron de la base de datos de la Universidad de Quintana roo, y ECOSUR,

Revisión bibliográfica de listados para Fauna y Vegetación Recientes, cotejando información necesaria en campo.

La observación del Medio marino (Arrecife) mediante el buceo libre, con registro fotográfico.

Adicionalmente, se consultaron las cartas y anuarios del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) correspondientes al municipio.

Los muestreos de suelo y agua de Cenotes, se obtuvieron en agoto de 2000 dentro de la practica de campo del Modulo de Metodología Científica 4. La obtención de muestras se realizo en un transecto perpendicular al camino a ambos de las ensenadas X'cachel-X'cachelito. A una distancia de 20 mts, en la selva baja ubicada en X'cachel, por debajo de las hojas se tomaron muestras de 5 lugares en la misma zona en dos profundidades diferentes, de 0 a 20 cm. y de 20 a 40 cm., posteriormente se mezclaron las muestras de 0 a 20 y por otro lado las de 20 a 40 cm. de profundidad para tener una muestra representativa. Los factores químicos del suelo que se determinaron fueron los siguientes:

- Materia orgánica, presencia de carbonatos, Sulfatos, Cloruros, bicarbonatos. Jackson (1982), y Grande (1979).



- La determinación de factores químicos del agua se realizo de la siguiente forma. Las muestras fueron tomadas en frascos ámbar de 250ml, de los Cenotes ubicados en la selva de X'cachel, cada muestra por duplicado. Se determinaron los siguientes factores:
- Oxígeno disuelto (técnica de winkler modificada), Alcalinidad, Cloruros y Dureza. Franco López (1985).

Identificación de impactos ambientales.

Método Matricial de Leopold (1971).

Método Matricial de Mc Harg (1969).

Método Redes de Sorensen (1969).

La elaboración de mapas se llevo acabo mediante la utilización de un sistema de información geográfica (Arc View-GIS 3.1). Con el cual se proceso la cartografía digital, obtenida de la base de datos en línea de CONABIO.



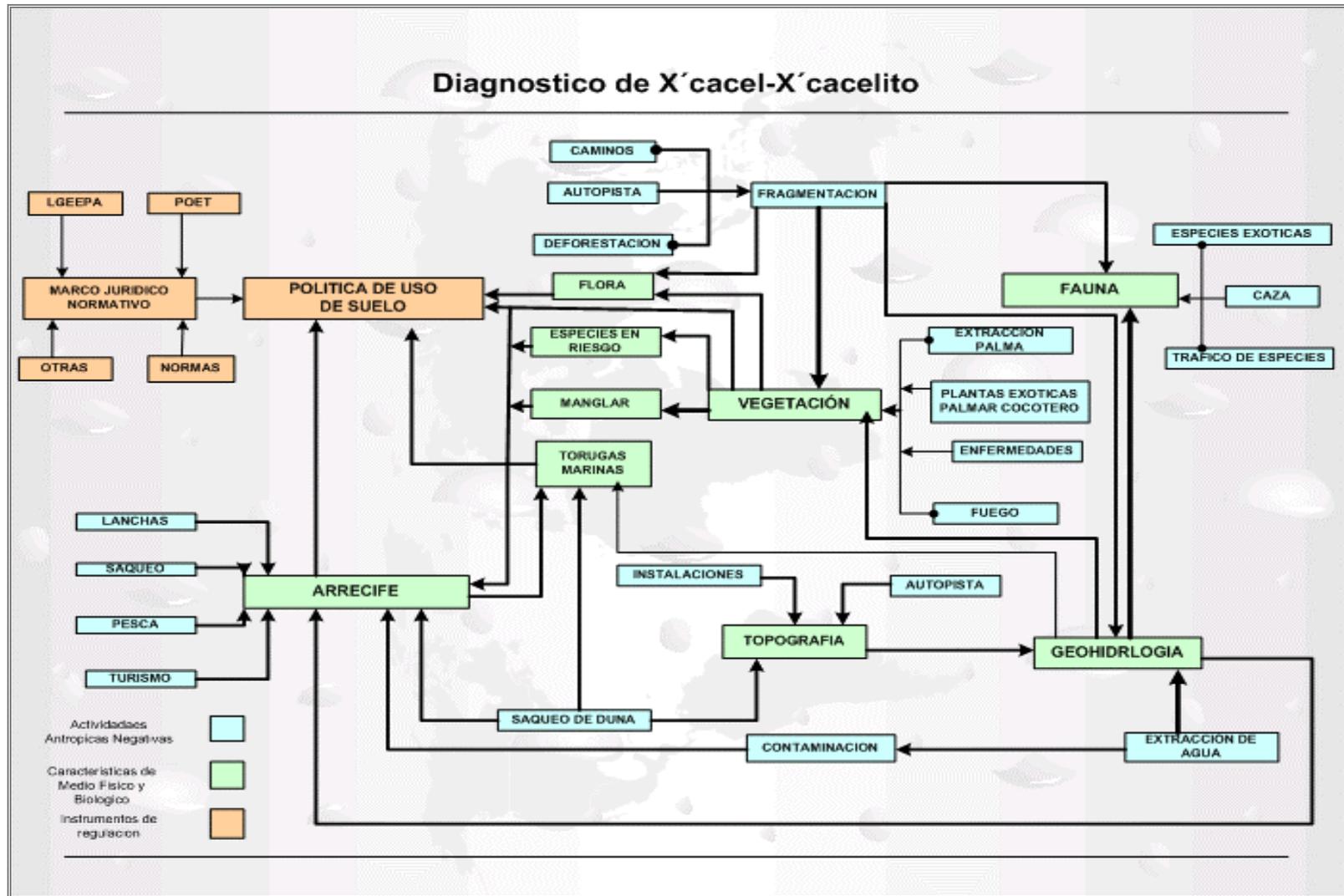


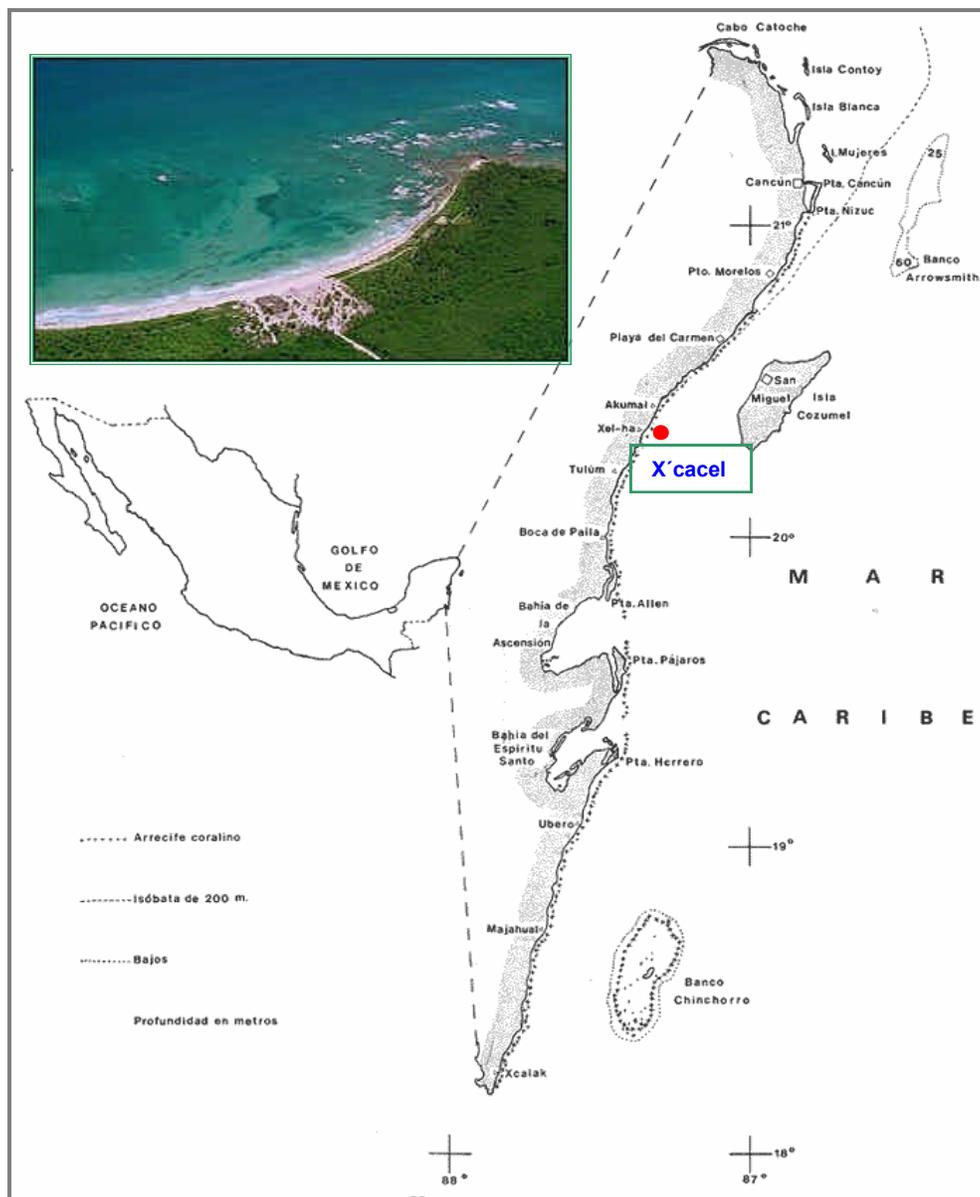
Figura: 2. Diagrama planteado para la formulación del Diagnostico Ambiental de X'CACEL-X'CACELITO, Quintana Roo, Méx.





## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El Santuario se ubica dentro de la zona ecológica conocida como trópico húmedo, y pertenece a la provincia ecológica karst Yucateco con clave ZTH-62 basado en el programa SIORDECO del INE. Se localiza en la costa central de Quintana Roo, en el municipio de Solidaridad a la altura del Km. 112 de la carretera Cancún-Chetumal. Limita al norte con la playa de Chemuyil, al sur con la caleta de Xel-Há, al este con el Mar Caribe y al oeste con la carretera federal 307, Coordenadas Geográficas, 20°17'11"-20°22' Latitud Norte, 87°21'30"-87°26' Longitud Oeste. (INEGI, 1982), (Fig.3).



*Figura: 3. Localización Geográfica de X'CACEL-X'CACELITO, en la Costa de Quintana Roo, Méx.*

Presenta la problemática de encontrarse en una zona turística importante lo que acarrea un problema para la conservación, al sufrir presión por parte de los desarrolladores para la construcción de infraestructura turística, en este sentido para el manejo y protección de la zona es necesario proponer estrategias de conservación y protección que garanticen la continuidad de los procesos ecológicos propios. Considerando toda la zona, se estima que X'Caçel tiene una superficie aproximada de 164.5 ha en el ambiente terrestre. La parte protegida terrestre es de 34.7 has, mientras que en el ambiente marino el área protegida es de 327.4 has por decreto. Esto da un total de 362.1 has protegidas. Se encuentra comunicada con el resto del estado por la carretera 307 a 112 Km. al sur de Cancún. Dentro de la reserva el acceso es por una carretera de terracería que va de manera perpendicular desde la carretera federal 307 hasta la playa, dentro del área protegida hay una brecha que corre sobre la duna costera de forma paralela a la línea de mar atravesando toda el área protegida. Otra vía de acceso es por el mar, en donde se observan dos entradas, una que llega a X'Caçel y otra a X'Caçelito.

En las puntas de cada ensenada se encuentran formaciones arrecifales, la de mejor desarrollo está en la parte norte, en los límites con Chemuyil y se extiende al sur unos 600 m, con un ancho de 400 m, (Fig. 4).

### **Características Fisiográficas.**

De acuerdo con Sánchez Crispín (1980), en Quintana Roo se distinguen tres unidades geomorfológicas: a) La meseta baja de Zoh-Laguna, b) Las planicies del caribe y c) El litoral coralífero del noreste. La zona de X'Caçel se encuentra en la unidad denominada Planicies del Caribe, la cual abarca casi totalidad del Estado. Esta unidad está constituida por rocas calizas oligocénicas al norte, pliocénicas al sur y postpliocénicas en la parte central. Presenta un desnivel de dos a tres metros. En ellas se encuentran las estructuras de bajos o ak'alché que son áreas planas delimitadas por porciones de terreno más elevadas en donde se desarrollan procesos de acumulación de agua debido a la impermeabilidad del suelo. Los bajos que estuvieron cubiertos por lagos someros forman actualmente lagunas o aguadas poco extensas, o bien constituyen zonas de inundación permanente. El origen de los bajos puede relacionarse a una ampliación de dolinas y Cenotes.

Los rasgos fisiográficos o geomorfológicos de la península de Yucatán se derivan del carácter calcáreo del sustrato. En la zona de mezcla del agua continental con el agua marina se produce una erosión marcada, cuya máxima expresión son las caletas (Ward and Wilson, 1974). La acción erosiva del agua produce conductos de disolución que pueden formar cavernas horizontales o verticales, dando lugar a Cenotes y dolinas muy frecuentes en el área de X'Caçel.

Los Cenotes son geofomas importantes en el área de X'Caçel, uno pequeño está dentro del área del santuario, otro más grande colinda con el santuario, uno más de buen tamaño se encuentra muy cerca de la carretera federal y otro grande se ubica cerca del poblado de Chemuyil.

El relieve es de planicies ligeramente onduladas, donde destacan numerosas cavidades de disolución. El drenaje predominante es subterráneo, vertical. Los bordes litorales se caracterizan por presentar tanto salientes rocosos y pequeños escarpes, así como la formación de extensas zonas de inundación, pantanosas, con abundante concentración de manglar e inundaciones someras marginales (INEGI, 1984e).

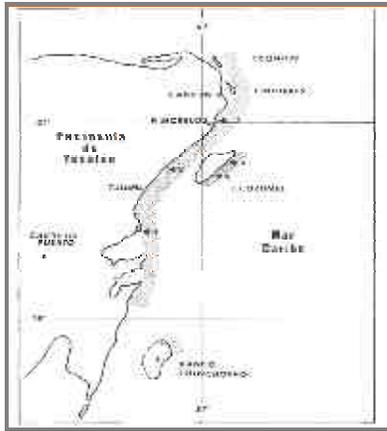
La franja litoral en X'cacel esta formada por terrenos planos con una duna costera que presenta una elevación hasta de 7 m sobre el nivel del mar. La vegetación dominante está compuesta por manglar, cocoteros, y una selva baja subcaducifolia y caducifolia desarrollada sobre suelos planos y pedregosos. (Fig. 4).



*Figura: 4. Vista panorámica de X'cacel-X'cacelito, extremo inferior límite con Chemuyil, extremo superior se encuentra la caleta Xel-Ha, lado derecho se observa la carretera federal Cancún-Tulum.*

### **Fisiografía y Topografía Marina**

La región fisiográfica del Caribe comprende los arrecifes del Mar Caribe, Bermudas, Bahamas, Florida y del Golfo de México, siendo muy similares los arrecifes de esta región en la composición de sus especies y sus características de desarrollo. Se distinguen una de otras por su fisiografía y abundancia relativa.



*Figura: 5. Mapa de Localización. El área sombreada sobre el litoral continental e insular, muestra la región en que predominan los arrecifes con bajo desarrollo coralino en la zona frontal. Las flechas señalan la localización de sitios donde el desarrollo coralino es excepcionalmente elevado en la zona frontal: 1= Punta Petempich; 2= Akumal; 3= Punta Allen; 4= Cocos (Microatolones); 5= Punta Chiqueros.*

En el litoral del Caribe, a lo largo del mar continental, se extiende una formación arrecifal que bordea el estado de Quintana Roo prolongándose hasta Belice, Guatemala y Honduras. (Fig. 5), Formando el Gran Arrecife Mesoamericano), el segundo arrecife más grande del mundo solo después de la Gran Barrera Australiana. Existen en el litoral caribeño de México dos grandes sistemas arrecifales, el de Banco Chinchorro y el de Cozumel.

### **Geología General.**

Geológicamente la península está formada por carbonato autigénico y anhidritas (López Ramos, 1974), la topografía exhibe poca pendiente, constituida por una losa calcárea de formación marina reciente (CIQRO, 1981); casi todo el actual Quintana Roo se formó en el Pleistoceno, mientras que la plataforma continental se originó en el Holoceno debido a la trasgresión postglacial (Castro del R, 1976).

La península de Yucatán se formó por la deposición de sedimentos marinos durante el Terciario y por levantamientos epirogénicos que se iniciaron en el Cenozoico superior (Buterlin, 1958), formándose una gran losa. Desde entonces esta gran losa ha sufrido hundimientos y elevaciones alternas. A principios del Mioceno comenzó un hundimiento de la Península de Yucatán dando como resultado que el mar inunde el sureste de la misma, formándose bahías de poca profundidad, canales e islas. X'cacel pertenece a la formación denominada "Carrillo Puerto", la cual se extiende desde unos 15 Km. al sur de la Isla de Holbox, en el norte hasta el borde de la Bahía de Chetumal, en el sur. Esta formación geológica está compuesta de estratos de Coquina (conchilla cementada) cubiertos por caliza, con abundancia de moluscos y madréporas, cubiertos de calizas areniscas de colores amarillo rojizo y blanco (CIQRO, 1981). (Fig.6)



Figura: 6. Estructura de la formación denominada "Carrillo Puerto", la cual se extiende desde unos 15 Km. al sur de la Isla de Holbox, en el norte hasta el borde de la Bahía de Chetumal, en el sur, formándose bahías de poca profundidad, canales e islas. X'cacel pertenece a esta formación.

Las rocas aflorantes en Quintana Roo, contienen como media 93.37% de  $\text{CaCO}_3$  y 1.02% de  $\text{MgCO}_3$ . Las arenas post-pleocénicas del litoral están formadas por calizas blancas con pedacería de moluscos y corales, con una composición promedio de 95.11% de  $\text{CaCO}_3$  y un 2.95% de  $\text{MgCO}_3$  (CIQRO, 1981).

En la zona de estudio, la interacción del clima con el sustrato calcáreo forma un paisaje de Karst, que se caracteriza por no poseer vías de agua superficiales. El efecto acidificante del agua de lluvia y de la descomposición de la materia orgánica produce conductos de disolución a través de los que fluye el agua hasta llegar al litoral. El agua infiltrada pasa al subsuelo, formando verdaderos ríos subterráneos. Una característica muy particular es que al no haber arcillas o suelos profundos, el agua pasa directamente (sin ser filtrada a través de partículas pequeñas) al acuífero, por lo que cualquier elemento químico o biológico provoca un halo de contaminación al entrar en contacto con el agua (Ward and Wilson, 1985).

En cuanto al tipo de unidades geológicas, se pueden encontrar en la región rocas sedimentarias del terciario superior, Calizas (cz) pertenecientes al Terciario (Ts), Unidad de calizas microcristalinas de diferentes texturas: biomicrita, bioespatita, ooespatita y biocalcarenita, que denotan su depósito en un ambiente de plataforma (Fig. 7). Son rocas de colores café claro, blanco y rojizo, que originan arcillas rojas lateríticas como residuo de su disolución. Afloran en estratos medianos y gruesos con un echado casi horizontal (INEGI, 1984e).

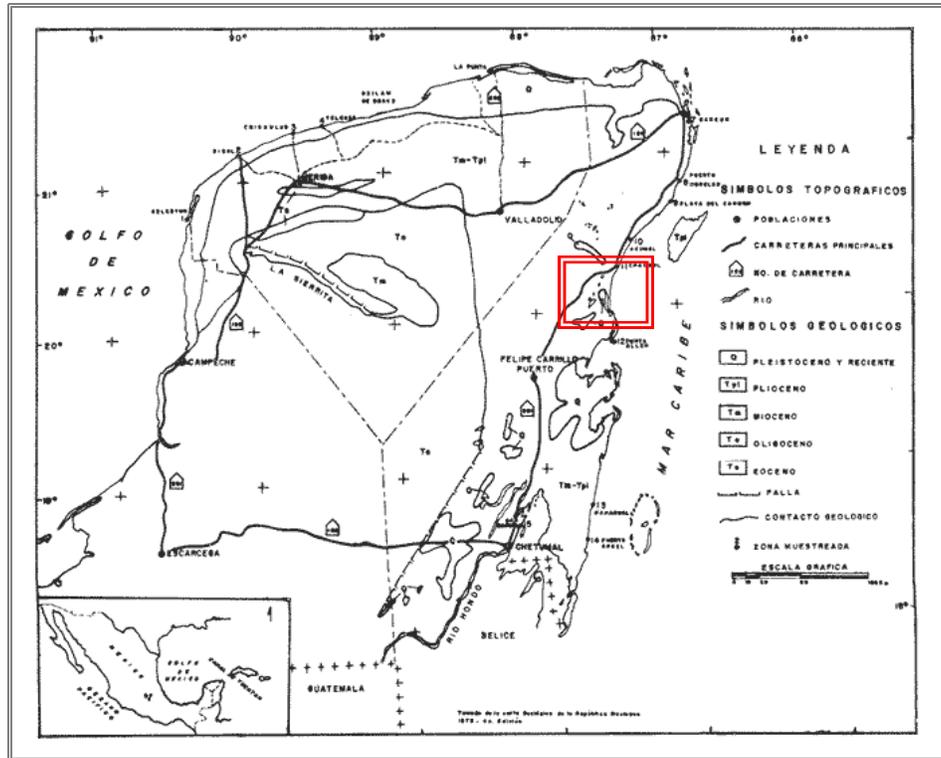


Figura: 7. Mapa geológico. Tipo de unidades geológicas, que se localizan en la península de Yucatán. Compuesta principalmente por rocas sedimentarias del terciario superior, Calizas (cz) pertenecientes al Terciario (Ts). INEGI, 1984.

### Fracturas.

Las formas estructurales sobresalientes corresponden a dos sistemas predominantes de fracturas: uno con dirección noroeste-sureste y otro con dirección suroeste-noreste, que pueden estar relacionadas a la orogénesis mio-pliocénica con la que se explican las deformaciones recientes de la península (INEGI, 1984). En la zona de estudio se observa una fractura que corre en dirección noroeste-sureste en la parte sur del área de estudio, justamente en la caleta de Xel-Há. Adicionalmente, en las áreas aledañas al oeste del santuario, existen afloramientos de fracturas que indican conexiones subterráneas de cuerpos de agua como Cenotes.

### Edafología.

El suelo se puede definir como el conjunto de partículas naturales sobre la corteza terrestre, que sirve de soporte a las plantas, con un límite interior que coincide con el de los minerales no consolidados, o material orgánico que se encuentra en la zona de raíces, la capa superior de la corteza terrestre, que posee propiedades diferentes de la roca, como resultado de interacciones entre el clima, organismos vivos, roca madre y relieve. (Hodgson, 1987; Munasinghe, and, Shearer, 1995; Thompsony, Troeth, 1988).

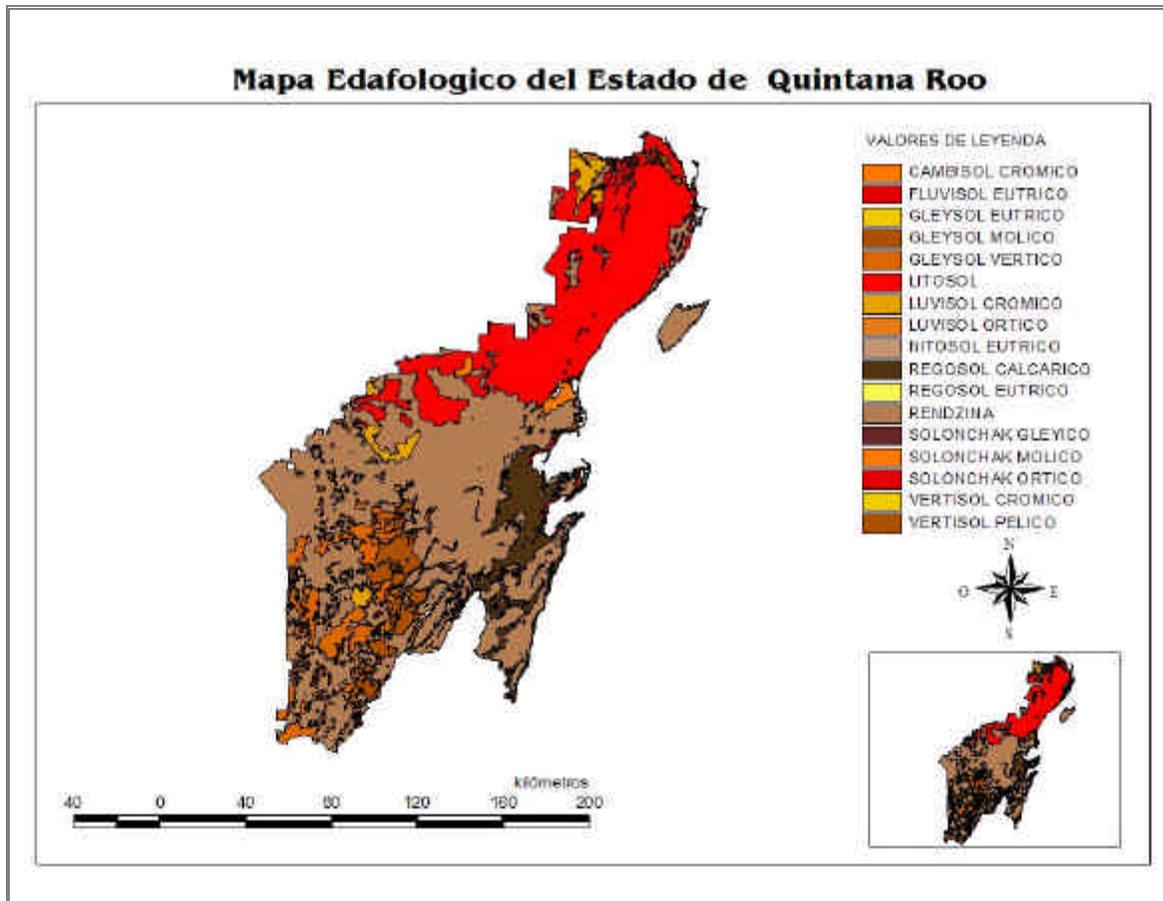


Figura: 8. Mapa. Edafológico del estado de Quintana Roo, procesado mediante un sistema de información geográfica Arc View 3.1., cartografía digital de referencia (Edafología, 1:250000 Fuente: CONABIO).

Quintana Roo y el resto de la península de Yucatán pertenecen a una plataforma emergida, lo cual aunado al clima es determinantes en la formación de suelos. En algunos lugares críticos, hay únicamente una capa de hojarasca que yace directamente sobre las rocas, constituyendo manchones rodeados de afloramientos rocosos en cuyas fracturas se acumula algo de arcilla y humus que permiten el desarrollo de vegetación (SARH, 1980).

Para X'caceel se identifican tres tipos de suelos, clasificados de acuerdo con la terminología maya como Huntunich, Tsek'el y Ak'alche'. Por la terminología de la FAO/UNESCO serían respectivamente, Regosoles cálcicos, Litosoles/Rendzinas y Gleysoles, (SARH, 1980; (Wright, 1967; INEGI, 1984d), (Fig.8).

### **Hidrología.**

El área de estudio pertenece a la región hidrológica de RH32, denominada Yucatán Norte, donde a causa del relieve principalmente y a la ausencia de escurrimientos superficiales, se delimitan cuencas y subcuencas (Fig.9). No existen escurrimientos superficiales por ser una zona de planicie altamente permeable con una vegetación densa

y elevada evaporación, que originan se infiltre y evapotranspire gran cantidad del agua de lluvia, excepto las zonas costeras en donde periódicamente se acumula agua y las pequeñas depresiones impermeables donde se forman las aguadas. El agua superficial en la zona es la correspondiente a lagunas, Cenotes y aguadas. La utilidad que se le da al agua superficial es principalmente recreativa y doméstica. La disponibilidad de agua superficial para desarrollo de actividades económicas es reducida, mientras que la de agua subterránea es alta y se puede aprovechar para abastecimiento de agua potable. La unidad de escurrimiento se clasifica como muy bajo con un rango de 0 al 5% (INEGI, 1984f).

Las condiciones geohidrológicas de la península de Yucatán son especiales en lo referente a la calidad del agua subterránea, y son características de una zona cárstica. Esto es debido, por una parte, a la naturaleza de las rocas carbonatadas por donde fluye y, por otra, a la presencia del agua de mar que se encuentra a profundidades alrededor de 40 metros y que define al límite inferior del lente de agua dulce aprovechable (Villasuso, 1980), (Fig.10).

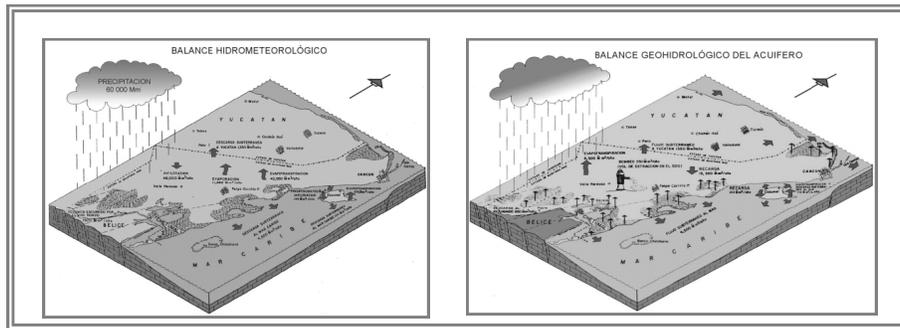
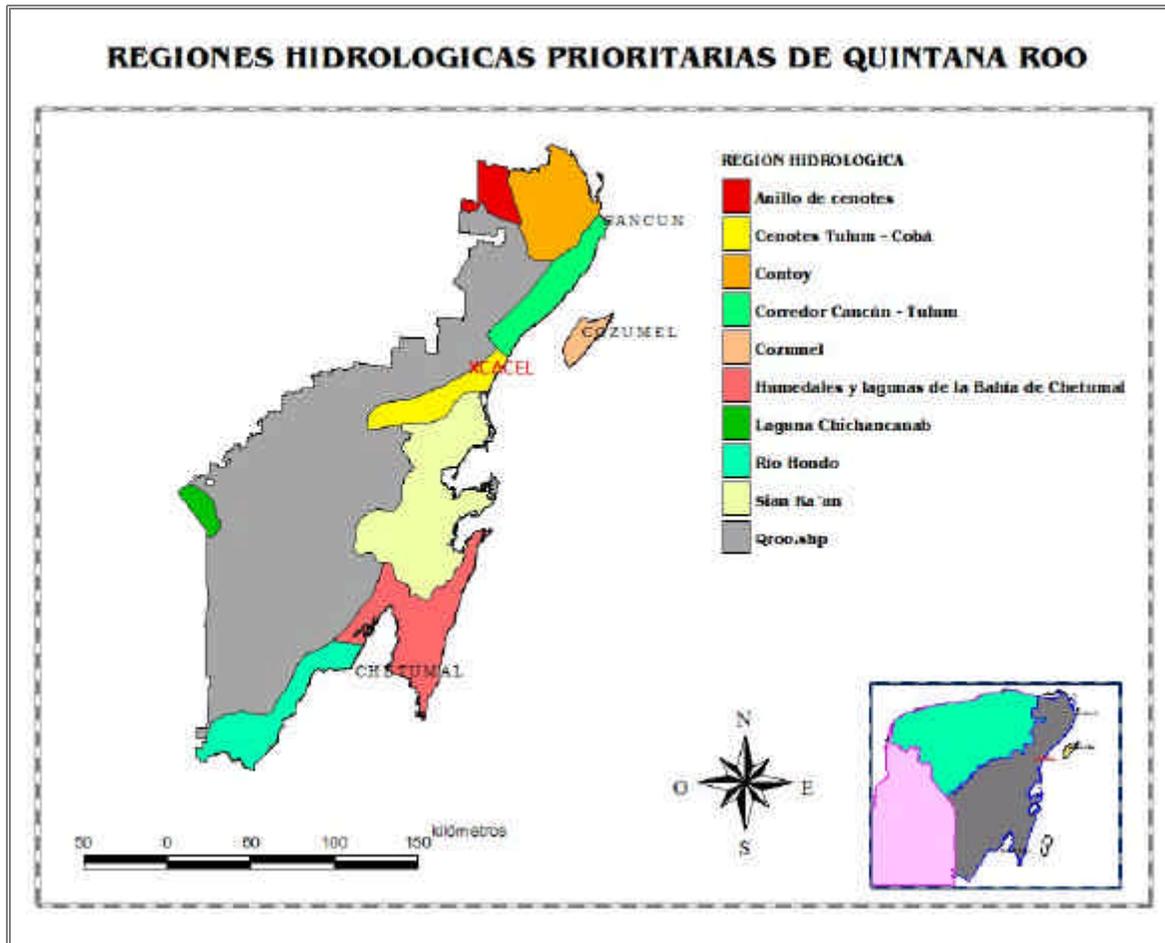


Figura: 10. Balance Hidrometeorológico y Geohidrológico del acuífero en el estado de Quintana Roo.



*Figura: 9. Mapa de Regiones Hidrológicas Prioritarias Localizadas en el Estado de Quintana Roo; la zona que comprende a X'ucel se encuentra incluida en la región denominada Cenotes Tulum-Cobá. (Fuente CONABIO, cartografía digital de referencia regiones Hidrológicas Prioritarias 1:250000).*

## **Cenotes.**

Dado el escaso relieve del terreno, no se encuentran afloramientos o manantiales. Sin embargo, la disolución de los carbonatos frecuentemente forma cavernas que, en caso de derrumbarse sus techos, dan origen a dolinas o Cenotes (Merino Ibarra y Otero Dávalos, 1991). Los Cenotes son pozos profundos que constituyen, quizá, el fenómeno natural más interesante de Yucatán (Fig. 11). Sin ellos, el antiguo pueblo Maya hubiera carecido de agua suficiente. Otras fuentes de agua existentes en la entidad, pero menos importantes que los Cenotes, son las aguadas y las sartenejas (Enciclopedia Yucatenense, 1977). En la actualidad, los Cenotes continúan siendo una de las fuentes más importantes de abastecimiento de agua para las comunidades de la entidad, por ello comprender el comportamiento y los efectos que tienen en relación con el medio ambiente, al igual que su preservación, es de suma importancia. Los pocos estudios realizados en los Cenotes se han referido a la identificación de los organismos que lo habitan, y al estudio de

algunos parámetros físico-químicos. El conocimiento de los procesos fundamentales que tienen lugar en los ecosistemas de los Cenotes, como son el flujo de energía y el ciclo de nutrientes, son escasos (Ávila Reveles et al, 1995).

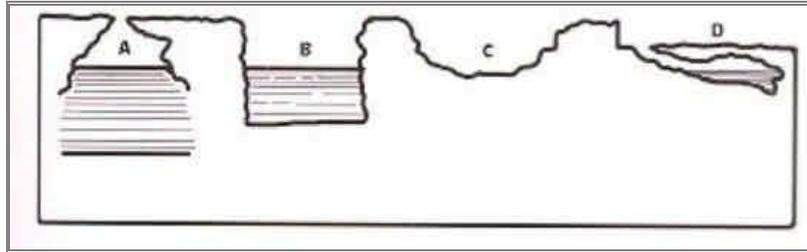


Figura: 11. Tipos Clásicos De Cenotes Son: a) Cenotes cántaro (también llamados en maya ch'e'n), en los que la abertura al exterior es pequeña en relación con el diámetro del embalse. b) Cenotes cilíndricos (propiamente ts'onot), de paredes verticales, donde la abertura equivale al diámetro del cuerpo de agua. c) Cenotes aguada (ak'al che'), con perfil en forma de plato. d) Y grutas (aktun), en los que la entrada es lateral.

### Climatología.

Durante el año la oscilación climática se manifiesta en tres temporadas: La de secas, que comprende los meses de marzo a junio; la de nortes, de noviembre a febrero; y la de lluvias, de junio a octubre. Los nortes presentan lluvias esporádicas, descensos de temperatura y vientos de 50 a 80 Km. /h asociados a frentes polares. La región esta comprendida dentro de la zona ciclónica tropical del caribe y los vientos dominantes tienen una dirección este-sureste, exceptuando la presencia eventual de los ciclones.

El clima de X'cacel es cálido subhúmedo con lluvias en verano AW2"(i) según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1973). La temperatura media mensual, con base en 11 años de datos colectados por la Zona Naval de Cozumel, es 26.1°C, la media anual es de 26.5°C. Las temperaturas máximas y mínimas puntuales han sido 44°C y 4.5°C respectivamente. (tabla.1, 2.).

Valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros climatológicos mas importantes aplicables a la zona de X'cacel.

Parámetro	Máximo	Mínimo	Media
Precipitación anual (mm)	1,488.0 ( en 1995)	1,005.0 (en 1987)	1,196.00
Temperatura mensual (oC)	30.0 (Junio '95)	21.0 (en '92)	26.1
Velocidad del viento mensual (m/s)	20.1 (Oct '95)	1.5 (Abr '93)	4.2
Humedad relativa mensual (%)	100.0	6.0 (Sep '93)	76

Tabla: 1. Valores climáticos aplicables a la zona de X'cacel, los datos se tomaron del registro de 11 años llevado por la Zona Naval de Cozumel.

*Promedio mensual de precipitación y temperatura*

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura °C
Enero	90	22
Febrero	38	23
Marzo	53	24
Abril	58	25
Mayo	88	26
Junio	128	27
Julio	84	29.5
Agosto	130	28
Septiembre	160	27.5
Octubre	135	26
Noviembre	140	25
Diciembre	80	23

Tabla: 2. Promedio mensual de precipitación y temperatura registrados en la zona de X'cacel por la Universidad de Quintana Roo, 1998.

### Huracanes.

Aunque el clima presenta pocas variaciones en cuanto a sus elementos y al tipo en general, la costa presenta una alta vulnerabilidad o riesgo a eventos de carácter extraordinario y de alto impacto ambiental, como son los huracanes.

De los estados mexicanos que se encuentran en la zona del Golfo de México y Mar de las Antillas, es precisamente Quintana Roo el que sufre la mayor incidencia ciclónica debido a que se encuentra ubicado dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico Tropical (Tabla 3). En un período de 1886 a 1996. En total se reportan 36 huracanes y 70 depresiones tropicales formados en el Caribe; de estos, 7 huracanes y 10 tormentas pasaron entre Cancún y Tulum.

Nombre	Categoría	Año/Fecha	Lugar de entrada	Velocidad máxima (km/h)
Allen	Huracán V	1980 31 Jul–11 Ago	A 60 km al norte de Cancún Q. Roo.	306
Hermine	Tormenta Tropical	1980 20–26 Sep	Sabidos, Q. Roo–Altamira, Camp.	110–100
Alberto	Depresión Tropical	1982 2–6 Jun	A 20 km al norte de Holbox, Q. Roo.	37
Gilbert	Huracán V	1988 8–20 Sep	Cozumel, Playa del Carmen, Q. Roo–Xcan, Yuc.	270–240
Keith	Tormenta Tropical	1988 17–26 Nov	Cozumel, Cancún, Q. Roo.	110
Diana	Tormenta Tropical	1990 4–9 Ago	El Uvero, Q. Roo–Becan, Camp., Camp.	102
Gert	Tormenta Tropical	1993 14–21 Sep	Chetumal, Q. Roo–Kancabchén, Camp.	65–55
Alberto	Depresión Tropical	1994 30 Jun–3 Jul	A 60 km al noreste de Cancún Q. Roo.	55
Opal	Depresión Tropical	1995 27 Sep–7 Oct		
Roxanne	Huracán III	1995 10–19 Oct	Tulum, Q. Roo.	155
Dolly	Huracán I (tormenta tropical)	1996 19–24 Ago	Carrillo Puerto, Q. Roo.	
Mitch	Huracán IV	1998 Octubre	Chetumal, Q. Roo.	320

Cuadro: 1. Categorías y nombre de ciclones que se han presentado en las costas de Quintana Roo, en el periodo de 1980 a 1998, Fuente CNA.

La temporada con la mayor incidencia de huracanes es de junio a septiembre, los cuales causan una gran destrucción en la zona del Caribe (Morales, 1993), esta región de México es de naturaleza ciclónica y está permanentemente expuesta a sufrir el embate de estos meteoros, a los cuales se encuentra íntimamente ligada y que determinan muchas características del ambiente, en la zona central del estado algunos de estos fueron muy fuertes como es el caso de Gilberto que en 1988 paso cerca de Playa del Carmen con vientos de más de 300 Km./hora (SARH-CNA 1989), otro de similares características se presentó en octubre de 1998 (Mitch, Fig. 13) provocando daños en una amplia zona de la costa de Quintana Roo, incluida la zona de X'cacel., (Cuadro 1).

Frecuencia mensual de Huracanes y tormentas tropicales en el estado de Quintana Roo, Durante el período 1886-1996.CNA, 1996.											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1	0	0	1	16	9	20	38	18	3	0

Tabla: 3. Frecuencia mensual de huracanes y tormentas tropicales, reportada para las costas de Quintana Roo. el promedio fue obtenido en base a los registros de la CNA, en un periodo de 100 años, 1886-1996.

Según Luna Bauza (1979), los huracanes que afectan directa o indirectamente a nuestro país, tienen cuatro zonas matrices o de origen: El Golfo de Tehuantepec, El Golfo de México, En el Atlántico (de 8-12º latitud norte, al sur de las Islas de Cabo Verde) y el Caribe Oriental. Esta última es la que afecta al Santuario de la Tortuga; se ubica en la latitud 13º Norte aproximadamente, estableciéndose en el mes de julio, formándose huracanes de gran recorrido y potencia extraordinaria, especialmente los formados durante agosto, septiembre y octubre, llegando algunos a cruzar la Península de Yucatán para azotar los estados de Tamaulipas y Veracruz. Muchos de estos huracanes se caracterizan por su tendencia a recurvar hacia el norte a poco tiempo de iniciados, constituyendo una amenaza para las Islas Bahamas y Bermudas. (Fig. 12).

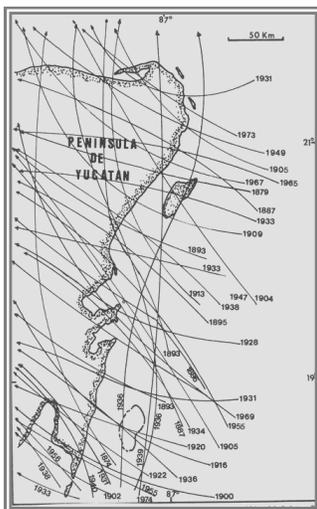


Figura: 12. Trayectoria de Ciclones que han afectado a las costas de Quintana Roo en los últimos 100 años, ICMYL, UNAM.

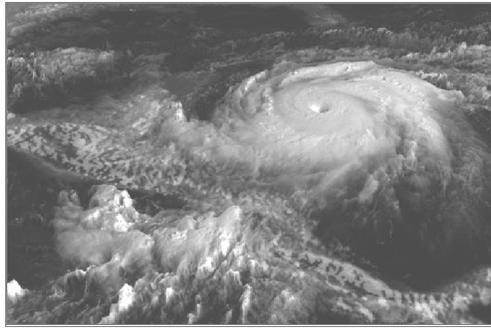


Figura: 13. Huracán Mitch, nivel 4, uno de los más fuertes que se ha presentado en la región del caribe vientos de 320 Km. /h. octubre de 1998., Imagen Satelital obtenida de NOAA.

### Dinámica de playas y erosión.

En X'cacel, como en otras partes de Quintana Roo, la dinámica de playas es bastante notable. El proceso sigue un ciclo, desde la formación de bermas, a la altura de junio, acumulación de arena de un sitio a otro, desde julio a agosto, erosión casi completa de la playa en septiembre octubre (coincidiendo con el fin de la temporada de anidación), proceso de recuperación de la playa (octubre-diciembre) el cual se hace lenta por que los vientos dominantes son los nortes y, finalmente, acumulación de arena en la playa nuevamente (diciembre, enero-abril; el mes varía dependiendo de la temporada de lluvias, huracanes y nortes). Es importante conocer este proceso natural ya que sucede en las playas donde hay bastante anidación de tortugas. En el santuario de la tortuga, X'cacel tiene mucho mas definido este proceso (existe mayor energía en el movimiento de las olas) que X'cacelito. (Fig. 14).

De acuerdo con Ortiz Pérez y Espinosa Rodríguez (1991), la geomorfología de X'cacel-X'cacelito presenta costas erosivas (rocosas) y costas acumulativas que se caracterizan por playas donde hay dominio de una abundante sedimentación de arena con formas acumulativas típicas. Según la clasificación de estos autores, la geodinámica costera en X'cacel-X'cacelito es típica de una línea de costa en equilibrio. (Fig.15).

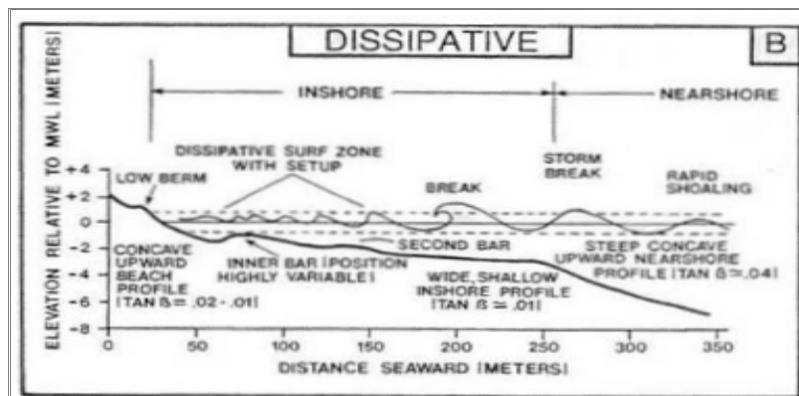
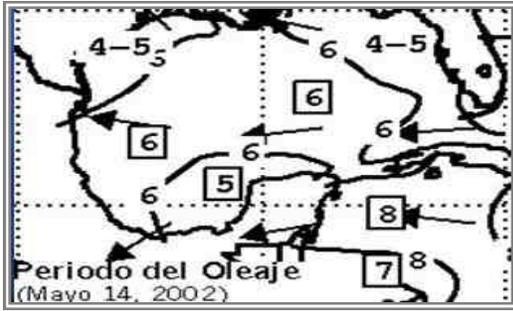


Figura: 14. Playas Disipativas. Playas arenosas típicas de costas abiertas, se caracterizan por perfiles cóncavos cerca de la costa, amplia zona de rompientes, somera, puede presentar numerosas barras. Las olas rompen decenas de metros mar adentro y disipan mucho de su energía antes de llegar a la orilla.



*Figura: 15. La Península De Yucatán, recibe olas de período comprendido entre 4 y 6 segundos, procedentes del segundo y tercer cuadrante (NE E y SE). Durante la temporada de "Nortes", se registran olas de período entre 4 y 8 segundos, procedentes del primer y segundo cuadrante (NW, N y NE). Derecha, playa de X'acel.*

## Oceanografía.

En el canal de Yucatán el eje de la corriente del caribe está ubicado en el costado oeste y alcanza velocidades de 3 a 4 nudos (5.5 a 7.3 Km. /h). Por las costas de Quintana Roo circula la corriente a una velocidad de 1 o 2 nudos, (1.8 a 3.6 Km. /h), alcanzando hasta cinco nudos (9 Km. /h) de velocidad en el Canal de Yucatán (Capurro, 1985), (Fig.16). Esta circulación cerca de las costas de Quintana Roo, presenta un flujo de agua con bastante intensidad, lo que propicia condiciones aceptables que permiten el crecimiento de los arrecifes coralinos, pues transporta por un lado alimento y por el otro mantiene oxigenado eficientemente el hábitat costero. A su vez la barrera arrecifal cumple una función eficiente como un fuerte disipador de la fuerza y la energía de las olas y de las corrientes marinas, que de otra manera ocasionarían la erosión de las costas.

Las corrientes producida por los vientos en X´Cacel, son lo suficientemente fuertes para opacar las raras corrientes débiles de las aguas costeras someras. En estas aguas la velocidad del viento y la corriente que éste produce son más paralelas a la costa que cuando están en el océano abierto, predominando los valores de velocidad de 10 cm./s. El factor viento es generalmente mayor en sitios que forman ensenadas y está influenciado, por tanto, por la geografía de la línea de costa y la dirección original del viento.

En cuanto a la topografía submarina según Capurro (1985), la Península de Yucatán está incluida en lo que se conoce geográficamente como el Mar Mediterráneo Americano (transición entre un continente y un océano), la parte principal del Mar Caribe está ocupada por cuencas oceánicas de profundidad, que se separan entre sí por un sistema de crestas casi paralelas, que de manera general son estructuras montañosas inmersas en el mar. (Fig.16).

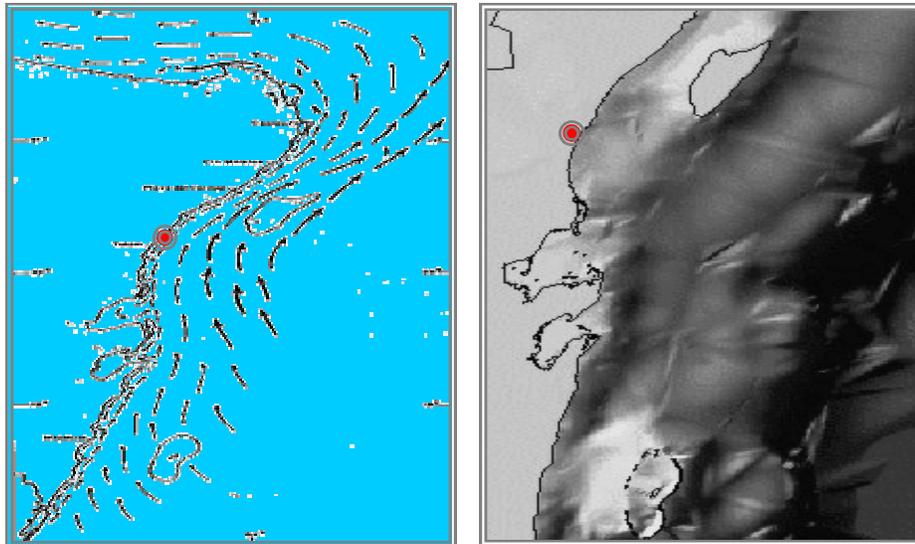


Figura: 16. Circulación y dirección de la corriente del caribe a través del canal de Yucatán; derecha, Imagen hipsografica de la costa de Quintana Roo. ICMYL, UNAM.

## CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS

### Ambiente Terrestre.

#### Vegetación.

En el Santuario de X'cácel, podemos encontrar cinco diferentes tipos de vegetación: duna costera, matorral costero, mangle, selva baja subcaducifolia y vegetación secundaria, aunque en los predios aledaños existen manchones de selva baja caducifolia. Por ser una franja de playa, la vegetación representativa es la de duna costera en donde las especies dominantes son la riñonina (*Ipomoea pescaprae*), la margarita de mar (*Ambrosia hispida*), el pantzil (*Suriana maritima*), la uva de playa (*Coccoloba uvifera*), sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*) y el lirio de playa (*Crinum americanum*).



Figura: 17. Vista aérea donde se distinguen la composición de la selva baja, manglar mosaico, duna costera y la franja de Cocotero que se presenta en el área de X'cácel, Fuente FIDECARIBE, 1999.

También se observa que en la zona de crecimiento de vegetación secundaria, aún está presente un plantío de coco abandonado, en donde domina el coco de agua (*Cocos nucifera*), el chit (*Thrinax radiata*) y en el estrato herbáceo la margarita de mar (*Ambrosia hispida*).



Figura: 18, 19, 20. Plantío de *Cocos nucifera*; Comunidad de *Thrinax Radiata* y Manglar Mosaico respectivamente., STD, 2002.

En algunas partes, limitando hacia el oeste del área protegida se observa una comunidad de manglar en donde se observa como especie dominante el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), el chit (*Thrinax radiata*) y, en el estrato herbáceo, se observa en abundancia el helecho de mangle (*Acrostichum danaeifolium*). En total se encuentran registradas, dentro del plan de manejo del santuario a 137 especies. (Fig. 21, 22, 23, 24).



Figura: 21. Comunidad de palma Chit (*Thrinax Radiata*).



Figura: 22. Comunidad de mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*).



Figura: 23. Helecho de mangle, (*Acrostichum danaeifolium*.)



Figura: 24. Comunidad de mangle rojo (*Rhizophora mangle*),

## **Fauna.**

Quintana Roo se caracteriza por una gran diversidad de especies, muchas de ellas se encuentran bajo algún estatus de protección. Diversas publicaciones señalan aquellas especies que se encuentran amenazadas de extinción. En el Santuario de X'cacel-X'cacelito se encuentran algunas de estas especies amenazadas, como son las tortugas marinas: caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*), que tienen en este lugar el sitio más importante de anidación en todo el Estado, el zorrillo (*Conepatus semistriatus*), la serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*), Iguanas (*Iguana iguana*). Aves Migratorias y residentes como son, la aguililla negra (*Buteogallus anthracinus*), Pájaro

raqueta (*Eumomota superciliosa*), Chipe (*Seiurus noveborascensis*). El Chipe (*Wilsonia citrina*), entre otros,(Fig. 25, 26, 27, 28).



Figura: 25. Chipe (*Seiurus noveborascensis*).  
Ecored 1998.



Figura: 26. El Chipe (*Wilsonia citrina*). Ecored  
1998.

Con la excepción de los trabajos de protección e investigación de las tortugas marinas, en el Santuario son pocos los estudios que se han hecho de la fauna, por tanto es difícil presentar un listado completo de las especies que habitan el lugar. Sin embargo, estudios realizados sobre la fauna en la Reserva de la Biósfera de *Sian Ka an* nos permite dar una idea sobre las especies que se espera habiten la zona de X'cachel-X'cachelito dada la cercanía de las dos zonas y la similitud de los ecosistemas presentes en cada una de éstas. En este trabajo se presentan algunas observaciones hechas de la fauna del lugar, durante la elaboración del Plan de manejo realizado por la Universidad de Quintana Roo en 1998, a través de avistamientos, huellas, excretas, restos de diferentes partes del cuerpo (pelaje, cascarones, huesos, plumas, etc.) y entrevistas con los pobladores, complementándola con revisión de literatura.



Figura: 27. Pájaro raqueta (*Eumomota  
superciliosa*) es una especie característica en la  
selva. Ecored, 1998.

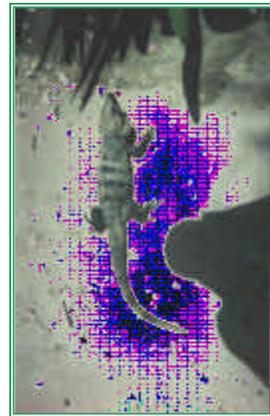


Figura: 28. Un reptil muy presente en la zona es  
la Iguana (*Iguana iguana*), STD 2002.

### **Artrópodos.**

En el Área Natural Protegida de X'cachel-X'cachelito existe una diversidad de insectos, típica de zona costera, donde las especies detectadas inicialmente son los mosquitos, chaquistes y tábanos. Posteriormente se aprecian hormigas, cucarachas, avispas, avispas esfécidas, moscas y otros. En esta zona es de particular interés la interacción que los

insectos puedan tener con los nidos de la tortuga marina razón principal de ser del Santuario.

### **Ambiente Marino.**

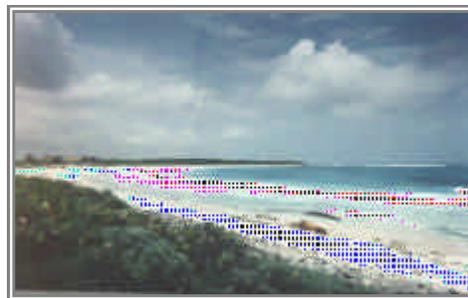
El 90.4 % de la superficie total (327.4 has) del Santuario de la Tortuga Marina está conformada por el ambiente marino, esto es 9.4 veces mas grande que la superficie terrestre (que ocupa solamente 34.7 has de área protegida de un total de 164.5 Has.). En consecuencia, conocer y entender este ecosistema es de vital importancia para el objetivo del Santuario. (FIG. 29)



*Figura: 29. Polígono del Santuario de la tortuga Marina, UQROO 1998.*



*Figura: 30. Punta sur X'cacelito, STD 2003*



*Figura: 31. Playa X'cacel, STD 2003.*



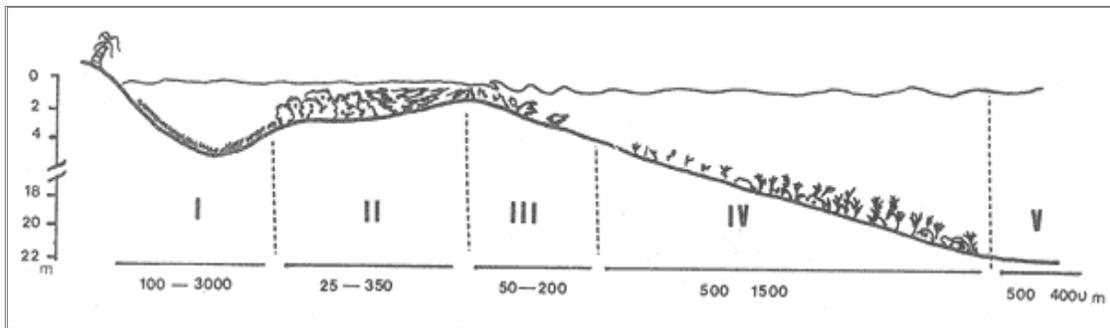
*Figura: 32. Punta norte limite Chemuyil, STD 2003.*



*Figura: 33. Panorámica a Xel Ha, STD 2003.*

El ambiente marino del Santuario puede describirse, en forma general, de la siguiente manera. Existen formaciones arrecifales en toda el área, las más desarrolladas se encuentran en la punta norte (Chemuyil) y en la punta sur (Xel-Há). Su característica principal es que no forman una barrera continua, lo que permite el fácil acceso de las tortugas hacia la playa. (FIG. 30, 31, 32, 33).

En México los arrecifes coralinos mejor representados se encuentran en el Estado de Quintana Roo, localizados al noroeste de la región zoogeográfica del Caribe (Milliman 1973), siendo estos de tipo bordeante y presentando tres zonas estructurales: I= Zona Lagunar, II= Zona Posterior, III = Zona de Rompiente; IV= Zona Frontal; V= Plataforma Arenosa. (Padilla et al. 1992; Gutiérrez et al. 1993), (Fig.34). Los arrecifes del corredor Cancún-Tulum, donde se ubican X'Cacel y X'Cacelito, se exhiben como una comunidad de alta diversidad y riqueza específica importante a nivel mundial (Jordán Dahlgren 1993).



*Figura: 34. Patrón de Zonación. Perfil perpendicular a la costa mostrando la zonación y morfología arrecifal en los arrecifes coralinos de la zona de estudio. I = Zona Lagunar, II = Zona Posterior, III = Zona de Rompiente; IV = Zona Frontal; V = Plataforma Arenosa.*

### **Fauna marina.**

Se abordan 2 grandes grupos, los peces y los corales. Los peces son los vertebrados marinos más diversos, de mayor belleza y complejidad. Su elevada productividad biológica les permite el mantenimiento de los más altos niveles de biomasa íctica entre los biotopos marinos tropicales (Anderson et al. 1981; Claro 1994). El Santuario no es la excepción. Los peces se presentan como organismos con una gran variedad de formas y tamaños que, aunado a hábitos alimenticios y de conducta, determinan en gran medida su grado de especialización. Presentan importantes patrones de coloración que les sirve como camuflaje y a la vez de protección contra sus principales depredadores, por lo que se les ha considerado como los organismos más conspicuos y de mayor interés dentro de los hábitat marino (Chanamet et al. 1997).(Tabla. 4), (Fig. 35, 36, 37, 38).



*Figura: 35. Peces en la rompiente arrecifal, STD 2000*



*Figura: 36. Peces dentro de la laguna Arrecifal, STD 2000.*



*Figura: 37. Cephalopodo en laguna arrecifal, STD 2000*



*Figura: 38. Peces a Mar abierto, STD 2000.*

<i>Grupos</i>	<i>Familias</i>	<i>Géneros</i>	<i>Especies</i>
Macroalgas	13	22	42
Corales	18	35	64
Peces	33	53	102

*Tabla: 4. Grupos presentes en el ambiente de marino X'cachel por numero de Familias, Genero y Especies, UQROO 1998.*

### **Corales.**

En los arrecifes de coral, los corales escleractinios son quienes determinan el grado de desarrollo y son los principales constructores de la formación arrecifal. El crecimiento coralino modifica tanto la topografía del sustrato como la estructura geológica, creando hábitat que son refugios y zonas de crianza a otros organismos. Tienen, además, una gran importancia económica como atractivo turístico. Los corales gorgonáceos o blandos tienen una gran importancia comercial y turística. Ciertos productos derivados de su metabolismo son bactericidas eficientes, producen prostaglandinas que funcionan como hormonas. También son usados unos para ornato y otros en joyerías (Gutiérrez Carbonell et al. 1995). Los corales de los arrecifes de la región del Caribe forman parte de la fauna más conspicua así como espectacular para los buceadores, debido a su colorido, forma y tamaño (Fig.39).



*Figura: 39, Jardín de Coral Blando; Coral duro; Coral de fuego., Ecored 1998.*

### **Bentos.**

El estudio de este importante grupo debe considerarse como un análisis preliminar de la composición del bentos en el Santuario de la Tortuga Marina de X'cachel -X'cachelito. Su importancia radica principalmente en que son organismos sensibles a cambios en el medio y pueden ser usados como bioindicadores.

### **Zooplankton.**

El estudio de este grupo en el Santuario se considera preliminar. Por un lado no se encontró publicaciones de trabajos realizados en el área, y por otro es importante conocer tanto la taxonomía como la función ecológica de este importante grupo.

### **Macroalgas**

Las macroalgas marinas, además de ser productores primarios, funcionan como refugio temporal y como alimento para peces, moluscos, crustáceos, etc. Contribuyen además a la producción de los sedimentos ya que cementan o quedades al depositar carbonato de calcio sobre las estructuras coralinas (Gutiérrez arbonell et al. 1995; Goreu and Gorau, 1973).

Se registran a nivel de campo 42 especies de macroalgas de las cuales 26 pertenecen a la división Chlorophyta (algas pardas), 8 a la división Phaeophyta (algas cafés) y 7 a la división Rhodophyta (algas rojas). En general es abundante su distribución en X'Cacel y X'Cacelito aumentando la riqueza en la parte centro y sur, ya que son zonas de poco o nulo crecimiento arrecifal con fondo rocoso, lo que les permite la formación de tapetes algales (FIG. 40).



*Figura: 40. En el ambiente marino también se encuentra una comunidad muy importante de algas, la imagen muestra dos de ellas; a la división Phaeophyta (algas cafés) y a la división Rhodophyta (algas rojas), Ecored 1998.*

## CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

### Antecedentes Históricos Socioeconómicos.

Antes de la llegada de los conquistadores el área de X'Cacel-X'Cacelito pertenecía a la provincia de ECAB, lugar donde se encontraban centros importantes de la cultura Maya como Tulum y Cobá. Con la llegada de los españoles en la primera y segunda década del siglo XVI, durante la conquista, se inicia una transformación en todos los sentidos (Careaga Viliesid, 1984). Tuvieron que pasar varios siglos de dominio y lucha (entre ellas la guerra de castas) para que la zona costera iniciara su despegue como un área de importancia comercial que viene a consolidarse con la creación en 1902 del territorio de Quintana Roo.,(Tabla 5).

La economía del territorio de Quintana Roo dentro de las dos primeras décadas del siglo XX se caracterizaba por la producción y exportación del chicle, copra, madera y mariscos; destacando la zona costera por su facilidad de comunicación a través del transporte marítimo. Sin embargo, este incipiente desarrollo económico basado en la exportación de materias primas se ve opacado por la crisis económica mundial de los años 30' s (Irigoyen, 1934).

Al consolidarse los proyectos turísticos de los años 70' s, es cuando la actividad económica de la zona norte del entonces territorio de Quintana Roo, inicia su verdadero despegue económico reconociendo su prestigio como destino turístico a nivel internacional, sin menospreciar la actividad pesquera que también cobra singular importancia (Careaga Viliesid, 1990).

Así, una vez que se ha iniciado la actividad turística en la zona norte y sabiendo que X'Cacel-X'Cacelito es una zona de anidación de la tortuga marina, y que sin duda tal espectáculo natural atraerá a turistas nacionales y extranjeros, se analizan propuestas para la protección de dicha especie (Prezas H. 1996) hasta llegar a decretarse como "El Santuario de la Tortuga Marina" (Periódico Oficial, 1998).

<i>Pueblo</i>	<i>Indios bajo campana</i>	<i>Indios en otros pueblos</i>
<i>Chunhuhub</i>	39	20
<i>Ecab</i>	1	1
<i>Polyuc</i>	17	2
<i>Tepich</i>	3	2
<i>Tihosuco</i>	1 259	510
<i>Total</i>	1 319	535

Tabla: 5. Pueblos consolidados en el territorio de Quintana Roo durante el Siglo XIX.

### Evolución histórica de la población en Quintana Roo.

La población de Quintana Roo ha crecido en forma muy diferenciada en los últimos cien años de existencia, respondiendo a sucesos histórico-políticos (Soto Mora y Soto Mora, 1980). Según las cifras de los censos del INEGI (1994), durante las cinco primeras décadas se registró un crecimiento lento con una tasa promedio anual de 2.75%. Es a partir de 1960 cuando se acentúa el ritmo de crecimiento al registrar una tasa promedio anual en los siguientes 10 años de 5.8%.

Al concretarse los proyectos turísticos de la zona norte (Cancún inicialmente y después Playa del Carmen), la población inicia un crecimiento acelerado al registrar una tasa promedio anual de 1970 a 1995 de 8.66% ocasionado por la migración de habitantes de otros estados hacia Quintana Roo (Navarro López et al. 1992). El análisis de la tasa promedio anual en cada uno de los censos, es decir décadas y un quinquenio al final, dicho indicador fue de 9.87%, 8.12% y 7.36% en los períodos 1970-1980, 1980-1990 y 1990-1995, respectivamente. (Tablas 6, 7).

<i>Crecimiento de la población que habita en la costa de Quintana Roo, 1970-2000.</i>			
<i>AÑO</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa/crecim-costa. %</i>	<i>Tasa/crecim-Inter. %</i>
1970	500		
1980	58655	11000	90.9
1990	183232	212.4	91.6
1995	334170	82.4	15.2
2000	395689	22	11.2

*Tabla: 6.Registro de crecimiento poblacional en todo el Estado registrando a una tasa promedio de 2.75 %, INEGI.*

<i>CENSOS DE POBLACIÓN POR SEXO EN QUINTANA ROO 1910-2000.</i>			
<i>Año</i>	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>
1910	6,087	3,022	9,109
1920	6,217	4,749	10,566
1930	5,936	4,684	10,620
1940	10,453	8,299	18,752
1950	14,200	12,767	26,967
1960	26,594	23,575	50,169
1970	45,714	42,436	88,150
1980	116,360	109,695	225,985
1990	254,908	238,369	493,277
1995	361,459	342,077	703,536
2000	448,308	426,655	874,963

*Tabla: 7. Fuente: INEGI. Estadísticas históricas de México. Censo de población y vivienda 2000. Resultados definitivos, tabulados básicos, XI censo general de población y vivienda.*

**COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA POBLACIÓN DE PLAYA DEL CARMEN.**

AÑO	HABITANTES	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL (%)
1960	90	
1970	232	9.57
1980	737	12.25
1990	3,098	15.44
1995	17,621	41.58

Fuente: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, Plan Director de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen. 29 de Marzo de 1996, INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995.

*Cuadro: 2. El crecimiento de población en el estado de Quintana Roo, se comenzó a concentrar en el Municipio de Solidaridad primordialmente en la cabecera Municipal Playa del Carmen.*

Lo anterior indica que si bien en la década de los 70's se inicia el desarrollo de polos turísticos y, que debido a la demanda de mano de obra, es cuando se registra la mayor tasa de crecimiento por año (Cuadro 2), también es cierto que en la siguiente década, una vez estabilizada la estructura productiva de la entidad en dichos polos, el ritmo de crecimiento es menor, reduciéndose aún más en el siguiente quinquenio.

### **Solidaridad, Un Municipio Joven.**

En este documento centra especial importancia el municipio de Solidaridad, creado el 27 de Julio de 1993 a través de los Decretos 18 y 19 (INEGI, 1997), es aquí precisamente donde se encuentra ubicada el área costera denominada X'cacel-X'cacelito decretada como Área Natural Protegida (Periódico Oficial, 1998), su cabecera municipal es la ciudad de Playa de Carmen que en el año de 1980 contaba apenas con 737 habitantes (INEGI, 1985), para 1990 dicha población ya era de 3,098 (INEGI 1990), lo que representa un índice de crecimiento promedio anual de 15.44% con respecto al censo anterior y en 1995 el censo registró a 17,621 habitantes (INEGI, 1996), esto es un 41.58% de crecimiento promedio anual, la mayor tasa de crecimiento registrada en todo el país (Fig. 41, 42 y Cuadro 3).



Año	No. De Habitantes
1996	32,818
1997	36,395
1998	40,362
1999	44,761
2000	49,640

**Tasa de Crecimiento: 10.9**

Figura: 41. División Municipal. Figura: 42. Municipio de Solidaridad. Cuadro: 3. Censo poblacional Municipal.

La población municipal de Solidaridad es joven, para 1995 (INEGI) el 37.5% del total de la población oscilaba entre 0 y 14 años de los cuales el 19.05% eran hombres y el 18.45% mujeres, mientras que el 35.6% de la población se encontraba en el rango de edad entre 15 y 29 años de edad, con el 18.8% hombres y 16.8% mujeres, es decir, más del 70% de la población en Solidaridad era menor a 30 años. Así que no sólo hablamos de un municipio joven por su reciente creación sino también por la estructura de su población (Tabla 8).

<i>Distribución de la población por municipios</i>					
<i>% de población estatal por décadas</i>					
<i>Municipios</i>	<i>1970</i>	<i>1980</i>	<i>1990</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>
<i>Othón.P. Blanco</i>	41.23	43.37	34.98	28.72	23.79
<i>Felipe Carrillo Puerto</i>	36.66				6.89
<i>José. Ma. Morelos</i>					3.54
<i>Lázaro Cárdenas</i>					2.33
<i>Isla Mujeres</i>					1.29
<i>Cozumel</i>					6.86
<i>Solidaridad</i>				37.5	7.28
<i>Benito Juárez</i>		16.46	35.83	44.3	47.98

Tabla: 8. Porcentaje de la Población en el Estado de Quintana Roo por Municipio, en el periodo de 1970-2000, la mayor población se concentra en Benito Juárez, Othón p. Blanco y Solidaridad, respectivamente. INEGI, Anuario estadístico del Estado.

## **Migración.**

Los altos índices de crecimiento que se han registrado principalmente en el municipio de Solidaridad se debe al fenómeno de migración hacia los polos turísticos tanto de la población residente de otros municipios de la entidad como de otros estados, en acuerdo a los datos del INEGI (1990) el origen de la población de Quintana Roo mostraba que sólo el 40.8% había nacido en el estado, mientras que el 55.5% había nacido en otra entidad o país, el resto se encuentra como no especificado; del 55.5% que se registraron que nacieron en otros estados o países, Yucatán ocupa el primer lugar (52.6%) como origen de la población quintanarroense esto por la cercanía a las zonas de alta demanda de mano de obra, le sigue el estado de Veracruz con el 9.7% y en tercer lugar se encontraba el Distrito Federal con el 7.5%, mientras que el 30.2% corresponde al resto de las entidades y otros países.(Tabla 9).

<i>Migración y origen de la población en Quintana Roo.(INEGI,2000)</i>			
<i>Estados</i>	<i>Migrantes %</i>	<i>Originarios</i>	<i>extranjeros</i>
<i>Yucatán</i>	52.6		
<i>Veracruz</i>	9.7		
<i>Distrito federal</i>	7.5		
<i>Otros Edo.</i>	30.2		
<i>% del total</i>	54.82	45.15	0.03
<i>total</i>	100		

*Tabla: 9. Porcentaje de población migrante de Quintana Roo y entidad de origen siendo los estados de Yucatán y Veracruz los mas importantes en este aspecto.*

### Chemuyil y otras comunidades cercanas a X'cacel.

Las comunidades que se encuentran más cerca al área natural protegida (X'cacel-X'cacelito) son tres; Tulum a una distancia aproximada de 16 kilómetros al sur, Ciudad Chemuyil a 2 kilómetros al oeste y Akumal pueblo a 6 kilómetros al norte (Fig. 43). Según el conteo de población y vivienda del INEGI, en 1995 Tulum contaba con una población de 3,603 habitantes (52.29% hombres y 47.71% mujeres), Ciudad Chemuyil tenía 920 habitantes (52.28% hombres y 47.72% mujeres) y el pueblo de Akumal contaba con 470 habitantes de los cuales el 52.98% es masculino y 47.02% femenino (Tabla 10), en conjunto, estas comunidades representan el 17.37% de la población total del municipio de Solidaridad.

<i>Comunidades cercanas a X'cacel-X'cacelito,(INEGI,2000)</i>					
<i>Localidad</i>	<i>Distancia</i>	<i>habitantes</i>	<i>%mujeres</i>	<i>%Hombres</i>	<i>% Municipal</i>
<i>Ciudad Chemuyil</i>	<i>2 Km. Al Oeste</i>	<i>1417</i>	<i>52.28</i>	<i>47.72</i>	<i>3.2</i>
<i>Pueblo Akumal</i>	<i>6 Km. Al Norte</i>	<i>1088</i>	<i>52.98</i>	<i>47.02</i>	<i>1.63</i>
<i>Tulum</i>	<i>16 Km. Al sur</i>	<i>6733</i>	<i>52.29</i>	<i>47.71</i>	<i>12.53</i>
<i>Total</i>		<i>9238</i>	<i>52.51</i>	<i>47.48</i>	<i>17.36</i>

Tabla: 10. Localidades que se ubican cercanas a X'cacel, las cuales representan el 17% de la población Total Municipal.

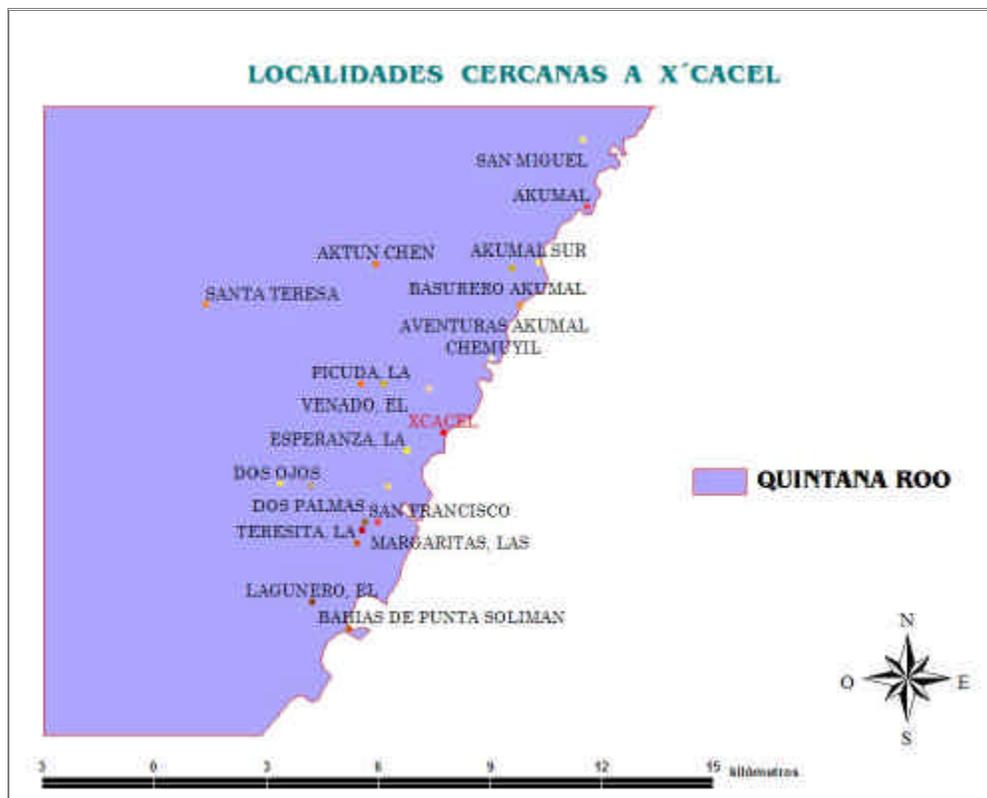


Figura: 43.localidades que se encuentran en un radio de 10 Km., considerado como zona de influencia para el área Natural protegida de X' Cachel. Fuente CONABIO. Cartografía digital en línea.

## Educación.

Para el año de 1995, en Quintana Roo, la población total que no sabía leer y escribir de 6 a 14 años y la población analfabeta mayor de 15 años representaban el 11.31% del total de la población. Este mismo indicador para el municipio de Solidaridad era de 16.72%, mientras que el municipio con el menor índice fue Benito Juárez con 6.99% y el de mayor índice fue José María Morelos con 23.37% (Cuadro 4 y Tabla 11).

NIVEL	ESCUELAS	ALUMNOS	PERSONAL DOCENTE
PREESCOLAR	24	1,366	49
PRIMARIA	26	5,438	163
SECUNDARIA	9	1,451	38
BACHILLERATO	1	345	12
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>8,600</b>	<b>262</b>

Cuadro: 4. Nivel educativo, Numero de alumnos y personal académico registrado en el Municipio de Solidaridad hasta el año 2000. INEGI.

Población Estatal, Municipal y comunidades que se encuentran cerca de X' Cachel-X' Cachelito con instrucción educativa, 1995.				
Municipio	Población 6-14 Años Que Sabe Leer Y Escribir	Población 6-14 Años Que No Sabe Leer Y Escribir	Población De 15 Años Y Mas Alfabeta	Población De 15 Años Y Mas Analfabeta
ESTADO	122,616	23,561	396,858	42,707
Solidaridad	4,436	1,147	15,100	2,776
Tulum	647	115	1,777	337
Ciudad Chemuyil	138	28	534	29
Akumal	52	24	249	40

Tabla: 11. Censo 95 de población y vivienda. Resultados definitivos y tabulados básicos de habitantes con instrucción educativa. Fuente: INEGI. Quintana Roo.

## Infraestructura y Servicios.

### Vivienda.

En lo que a infraestructura se refiere, la entidad está en una etapa de crecimiento en este aspecto, según INEGI (1997), en 1995, la entidad contaba con 1,713 comunidades, de las cuales 174 se ubicaban en el municipio de Solidaridad, en total estas comunidades

agrupaban a 163,894 viviendas, solo el 4.25% se encontraban en el municipio antes mencionado y el índice de hacinamiento fue de 4.1, a nivel estado dicho índice fue de 4.3, mientras que el nivel máximo registrado de este indicador fue para el municipio de Isla Mujeres con 5.5 habitantes por vivienda (Tabla 12).

<i>Viviendas habitadas por tipo, ocupantes e índice de hacinamiento en las comunidades que se encuentran cerca de X'cabel, 1995.</i>					
<i>Viviendas</i>	<i>Habitadas</i>		<i>Ocupantes</i>		<i>Promedio/ Ocupantes</i>
	<i>particulares</i>	<i>colectivas</i>	<i>particulares</i>	<i>colectivos</i>	
<i>Tulum</i>	805	1	3600	<i>n-d</i>	4.5
<i>Ciudad Chemuyil</i>	221	0	920	0	4.2
<i>Akumal</i>	107	6	449	<i>n-d</i>	4.2
<i>total municipal</i>	6937	29	28685	82	4.1
<i>Total-Estatal</i>	163742	152	701146	2390	4.3

*Tabla: 12. Numero de Viviendas registradas en las comunidades cercanas a X'cabel, uso e índice de hacinamiento, INEGI 1995.*

### **Servicios básicos comunitarios.**

Los servicios básicos, como agua potable, luz eléctrica y drenaje, son esenciales para un buen nivel de vida, en Quintana Roo en 1995 (INEGI, 1996), del total de casas-habitación de la entidad que se encontraban habitadas, sólo el 92.41% contaban con al menos servicio de energía eléctrica, 77.95% contaban con agua entubada y 79.36% contaba con drenaje. Estos mismos indicadores en el municipio de Solidaridad fueron de 64.39%, 59.12% y 61.34% para el caso de energía eléctrica, agua potable y drenaje. (Tabla 13 y Figura 44).

<i>Viviendas particulares habitadas y servicios básicos, en Quintana Roo, municipio de Solidaridad y comunidades que se encuentran cerca de X'cabel, 1995.</i>				
<i>Localidad</i>	<i>Viviendas particulares habitadas</i>			<i>Tot/viviendas part./ habitadas</i>
	<i>Con energía eléctrica</i>	<i>Con agua entubada</i>	<i>Con drenaje</i>	
<i>Estado</i>	150,885	127,228	129,579	163,274
<i>Solidaridad</i>	4,453	4,089	4,242	6,916
<i>Tulum</i>	711	632	487	805
<i>Ciudad Chemuyil</i>	220	220	220	221
<i>Akumal</i>	54	28	33	107

*Tabla: 13. Numero de viviendas en Tulum, Chemuyil y Akumal que cuentan con los servicios de Energía eléctrica, Drenaje y agua potable. Fuente: INEGI. Quintana Roo. Censo 95 de población y vivienda. Resultados definitivos y tabulados básicos.*



Figura: 44. Servicio de agua potable y red de suministro proporcionado por la Comisión de agua potable y alcantarillado del estado y FIDECARIBE en el Municipio de Solidaridad., Fuente CAPA y FIDECARIBE 2000.

### Infraestructura Turística.

Quintana Roo cuenta con un total de 4,913 kilómetros de red carretera, de los cuales 1,041 Km. son troncal federal pavimentada, 863 Km. de alimentadoras estatales pavimentadas, 242 alimentadoras estatales revestidas, 17 Km. de caminos rurales pavimentados y 2,750 kilómetros de caminos rurales revestidos.

El municipio de Solidaridad cuenta con un total de 354 Km. de red carretera, 101 Km. de troncal federal pavimentada, 100 Km. de alimentadoras estatales pavimentadas, 69 Km. de alimentadoras estatales revestidas y 84 Km. de caminos rurales revestidos (INEGI, 1997).

La infraestructura hotelera se ha desarrollado enormemente en los últimos años, ya que en 1993 se contabilizaron un total de 51 establecimientos de hospedaje e la Riviera maya con 1471 cuartos disponibles. El explosivo crecimiento en el número de cuartos se debe a la construcción de grandes hoteles que funcionan bajo el sistema todo incluido: 4733 habitaciones en la Riviera Maya (56.6 % del total) opera de esta forma, los cuales para el mes de Noviembre de 1998 recibieron al 68.2 % del total de visitantes y en general en 1998 el 53 % de los turistas recibidos vacacionaron bajo esta modalidad.

La mayoría de los hoteles se encuentran en el conjunto Playacar en la ciudad de Playa del Carmen; en Tulum se encuentran en operación 820 cuartos y en Akumal 646; se destaca la renta de villas y departamentos en Playacar y Akumal y la venta de tiempo compartido es poco relevante en la Riviera Maya (158 unidades por mes).

La Riviera Maya recibe aproximadamente 47 mil turistas al mes, equivalentes al 21 % del promedio mensual de visitantes que tiene Cancún; entre estos predominan los turistas estadounidenses (35%), alemanes (30%), holandeses (8%), italianos (7%) y británicos (5%). Fuente: Marketing Consultants, Enero de 1999 (Tabla 14).

Los 792,305 visitantes a las zonas arqueológicas del municipio, durante el periodo enero-diciembre 1998, constituyen el 79% del total que ha acudido a nivel estatal (1,001,120).

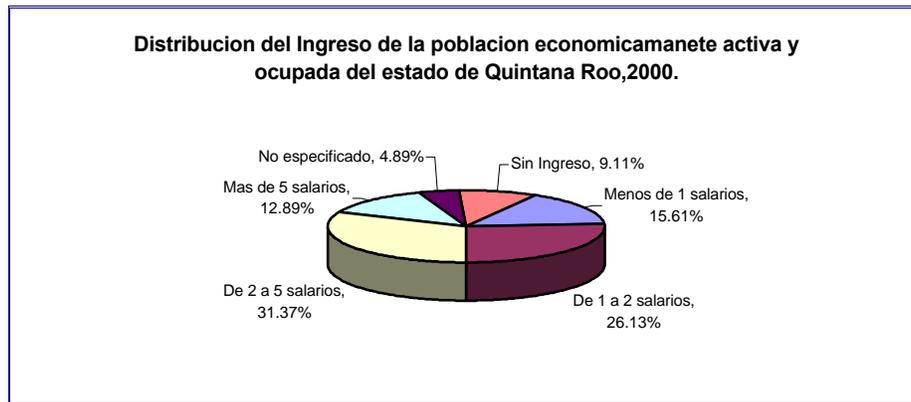
<b>Afluencia De Turistas Y Visitantes En 1997, Enero-Junio 1998.</b>						
Localidad	afluencia durante enero- diciembre 1997			Afluencia durante enero-junio 1998		
	Nacionales	Extranjeros	Total	Nacionales	Extranjeros	Total
Cancún	526637	2200218	2726855	322938	1316672	1639610
Cozumel	211646	1246876	1458522	118704	719071	837775
Chetumal	68984	483007	551991	453501	232511	27786
Isla Mujeres	20508	25152	45660	46878	51376	98254
Riviera Maya	213882	555349	769231	145631	289608	435239
Total	1041657	4510602	5552259	679501	2609238	3288739

Tabla: 14. El numero de visitantes a las costas de Quintana Roo es de suma importancia para el desarrollo económico de la Zona, Fuente: Marketing Consultants, Enero de 1999.

### **Actividad Económica.**

Los datos del INEGI (2000), muestran que para 2000, el 40.23 % de la población de la entidad mayor a 12 años se encontraba económicamente activa y el índice de desocupación era de 2.18%, mientras que el 29.52 % era económicamente inactiva, de éstos el 34.25% eran estudiantes y mas de la mitad (55.22%) se dedicaban a quehaceres del hogar. De la población económicamente activa y que se encontró ocupada el 9.11% no recibió ingresos, el 73.11% recibió de menos de uno hasta 5 salarios mínimos y sólo el 12.89% recibió más de cinco salarios mínimos (Fig.45).

De acuerdo a las cifras registradas del PIB, se da una gran división de actividad económica, comparativo de 1970 a 1993, para quintana roo, lo correspondiente a hoteles, restaurantes, comercio y transportes, actividad terciaria, sustituyó a partir de 1975 a la agrupación de sectores agropecuario, selvicultura y pesca, actividad primaria, como principal actividad económica. Indiscutiblemente, la actividad económica preponderante del estado es el turismo y los servicios que lo rodean, manteniendo un crecimiento sostenido a lo largo de los años.



*Figura: 45. La principal actividad económica para el estado de Quintana Roo se encuentra consolidado dentro del turismo, del cual la población obtiene su mayor ingreso.*

### **Tenencia de la tierra en X'cacel-X'cacelito.**

La tenencia de la tierra en el área de X'cacel-X'cacelito tiene sus orígenes en el 25 de mayo de 1972 en donde a través de un decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el seis de octubre de 1972, se ponen a disposición de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), un total de 2,045.6849 hectáreas comprendidas en 4 predios:

- a) Predio Innominado con una extensión de 1,881.69 has.
- b) Predio denominado "Caleta Xel-Há" con una extensión de 83.6313 has.
- c) Predio denominado X'cacel con una extensión de 33.626 has.
- d) Predio denominado Yalku con una extensión de 46.7526 has (la suma de estos parciales da un total de 2,044.6999 has)

Para la constitución del Fideicomiso Caleta Xel-Há y del Caribe (FIDECARIBE) y que a través de un acta de entrega de fecha 7 de noviembre de 1978 se pasan a dominio de la SHCP con la constitución de dicho Fideicomiso (FIDECARIBE, 1998). Este fideicomiso ha administrado los predios anteriormente citados para realizar las operaciones de compra-venta con inversionistas interesados en desarrollos turísticos en la zona.

Actualmente, FIDECARIBE ha puesto en venta varios predios, de los cuales hay cuatro que se encuentran ubicados frente al área natural protegida y que están en promesa de compra-venta, el predio No. 9 del club Tulum de grupo González Angulo, el predio No. 10 del grupo Meliá de grupo González Angulo, el predio No. 11 de Galapazos S.A. de C.V. y el predio No. 12 de Mogan Promociones S.A. de C.V.

**Estatus del predio en la política ecológica del Ordenamiento Ecológico de la región Cancún-Tulum.**

Las unidades territoriales de Gestión Ambiental acordadas para la región Xcacel-Xcacelito son la T-8A y la T-9. A continuación se enumeran los criterios de Ordenamiento Ecológico (DOF, 26 de octubre 1994) correspondientes a cada una de estas Unidades Territoriales de Gestión Ambiental (Tabla 15, Fig. 46).

Unidades Territoriales de Gestión Ambiental	Política Ecológica	Vocación del Uso de Suelo	Criterios de Ordenamiento Ecológico
T-8A	Protección	Apta para la protección ecológica	A1, A2, A3, A5, A6, E5
T-9	Conservación	Apta para turismo de densidad baja hasta de 10 cuartos/ha.	A5-A, D1, D2, D3, D4, D5, E1-A, E2, E3-A, E4, E5, E6, E7, E8, E9-A, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E17; E18, E19, E20, E24, E30, E32, F2, F3, F4

Tabla: 15. Criterios del Ordenamiento Ecológico de las Unidades Territoriales de Gestión Ambiental para el rea de Xcacel-Xcacelito, Quintana Roo.(P.O.1994).

Los criterios correspondientes a la Unidad Territorial de Gestión Ambiental T-8A se refieren a la protección de los recursos naturales y de la diversidad ecológica de esta región y que se aplican al **Área de Conservación, con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario de la Tortuga Marina** (Fig. 47). En tanto que la T-9 contempla la conservación de los recursos bajo un contexto de uso, evitando los impactos biológicos severos. En la (Tabla 16) se mencionan en extenso los criterios de la unidad T-8A y T-9 que deben ser considerados en principio para poder llevar a cabo cualquier modificación de los sistemas naturales en el predio.

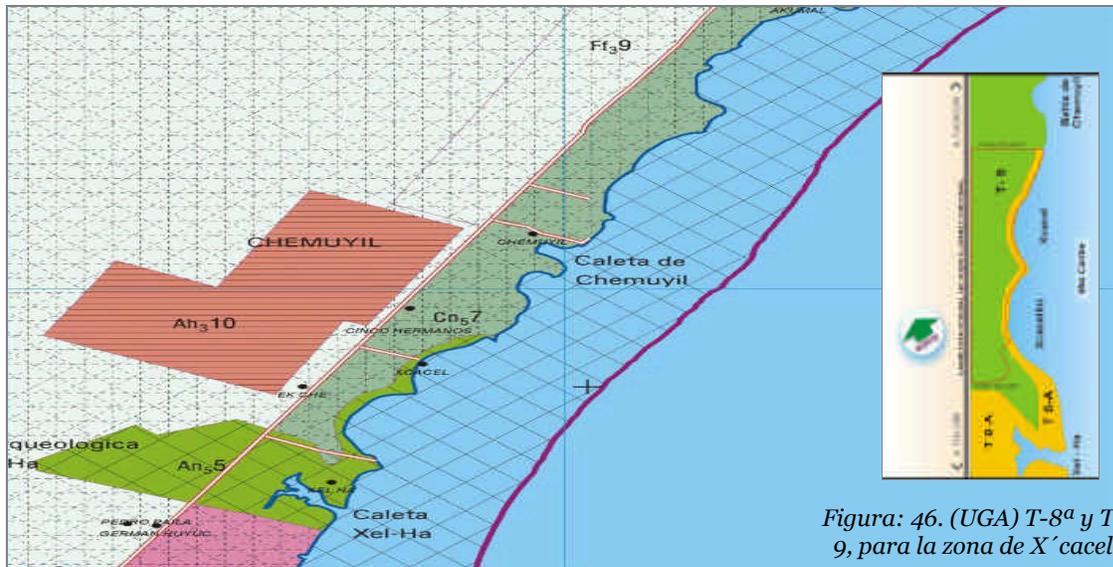


Figura: 46. (UGA) T-8ª y T-9, para la zona de X'cacel

*Figura: 47. Ubicación del predio de acuerdo a los criterios correspondientes de la Unidad Territorial de Gestión ambiental (UGA) T-8ª y T-9 del Ordenamiento Ecológico de la región. Corredor Cancún-Tulum. Fuente Semarnat.*

*Tabla: 16. Criterios de conservación de la unidad territorial de gestión ambiental T-8ª y T-9 para la región de Xcacel-Xcacelito, Quintana Roo.*

<b>Criterio</b>	<b>Texto</b>
<b>A1</b>	En las unidades aptas para la protección ecológica, únicamente se permitirá llevar a cabo las actividades recreativas, científicas o ecológicas, que contemple el programa de manejo que se diseñe para tal efecto.
<b>A2</b>	Se impedirá la construcción de obras en tierras federales, estatales o municipales dedicadas a la protección de flora, fauna o con características naturales, históricas o arqueológicas únicas.
<b>A3</b>	Se prohibirán las descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos.
<b>A5</b>	En las zonas de protección de desove de tortuga marina, se deberán elaborar estudios ecológicos específicos que definan la zona de protección y el plan de manejo integral de dichas zonas, cuya ejecución garantice la permanencia de la tortuga marina y sus áreas de desove.
<b>A5-A</b>	En las playas arenosas del corredor se deberán realizar estudios ecológicos que permitan instrumentar acciones que garanticen la permanencia de la tortuga marina y su habitat.
<b>A6</b>	En la unidad T-8A se prohíbe la construcción o permanencia de ningún tipo de infraestructura (turística, de servicios, etc.).
<b>D1</b>	No se permitirá la desecación de los cuerpos de agua en general y la obstrucción de escurrimientos pluviales.
<b>D2</b>	Todas las zonas turísticas deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y el agua tratada deberá emplearse en el riego de áreas verdes.
<b>D3</b>	Deberá estar separado el drenaje pluvial y sanitario, no se permitirá que el efluente del drenaje pluvial sea canalizado directamente a cuerpos de agua o áreas verdes, con objeto de evitar el arrastre de residuos.
<b>D4</b>	Deberán mantenerse y protegerse las áreas de vegetación que permitan la recarga de acuíferos.
<b>D5</b>	El aprovechamiento de los acuíferos deberá estar sustentado en estudios que garanticen la explotación sostenida del recurso.
<b>E1-A</b>	En el desarrollo de proyectos turísticos se deberán mantener los ecosistemas excepcionales tales como arrecifes, selvas perennifolias, manglares, cenotes y caletas. Así como las especies de flora y fauna endémicas, amenazadas o en peligro de extinción que se localizan dentro del área de proyectos turísticos.
<b>E2</b>	No deberá permitirse el uso o alteración de dolinas, cenotes, caletas, cavernas y corrientes subterráneas que sean el soporte de comunidades perennes o promotoras de comunidades estacionales.
<b>E3-A</b>	En los casos en que las zonas aptas para el turismo colinden con algún Área de Conservación deberán establecerse zonas de amortiguamiento entre ambas a partir del límite del Área de Conservación hacia la zona de aprovechamiento.
<b>E4</b>	En las áreas urbanas no construidas, se deberá mantener la cubierta vegetal original y en los espacios abiertos construidos la correspondiente a los estratos arbóreo y arbustivo.
<b>E-5</b>	No se permitirá la ubicación de bancos de prestamos de materiales en aquellas unidades localizadas entre la línea de costa y la carretera federal 307, así como en sitios aledaños al poniente de esta vía de comunicación.
<b>E6</b>	En la realización de cualquier obra o actividad, deberá evitarse la obstrucción de los accesos actuales a la zona federal marítimo terrestre, asimismo los proyectos localizados en la zona costera, deberán crear nuevos accesos a dicha zona federal en el caso de que carezcan de ellos o bien sustituir accesos existentes, cuando los proyectos autorizados así lo justifiquen.

Tabla: 16. Criterios de conservación de la unidad territorial de gestión ambiental T-8ª y T-9 para la región de Xcabel-Xcabelito, Quintana Roo.(continuación).

<b>E7</b>	Las edificaciones nuevas no deberán rebasar la altura máxima promedio de la vegetación boscosa del corredor.
<b>E8</b>	Deberán evitarse construcciones sobre pantanos y esteros, los humedales no deberán ser desecados y deberán ser integrados al paisaje del área.
<b>E9-A</b>	La reforestación en áreas urbanas y turísticas deberán realizarse con flora nativa, o aquella tropical que no afecte a esta misma vegetación, que no perjudique el desarrollo urbano y que sea acorde al paisaje caribeño.
<b>E10</b>	En la pavimentación deberán utilizarse materiales permeables, que permitan la filtración del agua al subsuelo.
<b>E11</b>	No deberán permitirse obras ni instalaciones en la zona de dunas costeras, a lo largo del litoral.
<b>E12</b>	Solo podrán desmontarse las áreas necesarias para las construcciones y caminos de acceso y conforme al avance del proyecto.
<b>E13</b>	En las acciones del desmonte, excavaciones y formación de terraplenes para la construcción de caminos, se deberá evitar al máximo la remoción de vegetación y el movimiento de grandes volúmenes de tierra.
<b>E14</b>	No deberá permitirse la instalación de infraestructura de comunicación (postes, torres, estructuras, equipamiento, edificios, líneas y antenas) en ecosistemas vulnerables y sitios de alto valor escénico, cultural o histórico que se localicen en las áreas destinadas al desarrollo urbano y turístico.
<b>E16</b>	Los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, etc.), aceites, aguas industriales, desechos tóxicos, fertilizantes, aguas de lavado, bloques, losetas, ventaneria, etc., deberán disponerse fuera del área federal marítima, dentro de la parte continental del corredor.
<b>E17</b>	En los desarrollos que posean áreas inundables o parcialmente inundables, los proyectos que propongan la utilización de dichas áreas, deberán estar sujetos a estudios ecológicos especiales que fundamenten su aprovechamiento sustentable.
<b>E18</b>	Toda construcción turística deberá garantizar la permanencia del 50% de áreas verdes del total de la superficie del terreno donde se lleve a cabo el proyecto.
<b>E19</b>	Se deberán obstruir los escurrimientos que generen el acarreo de sedimentos a las costas.
<b>E20</b>	En las actividades de desmonte deberá evitarse el uso de fuego.
<b>E24</b>	En la unidad deberán llevarse a cabo estudios ecológicos específicos, para determinar la viabilidad, modalidad y densidades de uso urbano, turístico y demás actividades productivas.
<b>E30</b>	Las unidades con vocación para el turismo de densidad baja (T-6, T-9, T-11, T-13, T-17, T-20, T-21, T-27, T-28, T-32, T-33, T-34, T-37, T-37-A) podrán aceptar desarrollos turísticos hasta 10 cuartos/Ha.
<b>E32</b>	La resolución de impactos ambientales y las recomendaciones derivadas de estudios ecológicos específicos, determinaran las modalidades y temporalidad en el ritmo de desarrollo de cada proyecto.
<b>F2</b>	En las áreas colindantes a zonas de protección de tortuga marina se deberán elaborar estudios ecológicos específicos que determinen los umbrales y gradientes para las intensidades de ocupación y utilización del suelo. Se debe evitar el impacto negativo sobre dichas unidades de protección garantizando la permanencia de las áreas de desove.
<b>F3</b>	Deberá prohibirse la utilización de lanchas con propelas en las caletas donde se haya registrado la presencia de Manatis.
<b>F4</b>	Deberá prohibirse el uso de explosivos en zonas de anidación, refugio, reproducción y cualquier otra actividad del ciclo de vida de fauna silvestre.

## **RESULTADOS.**

### ***PRESIÓN.***

#### **Problemática ambiental.**

Con base en el estudio del área en X'Cacel-X'Cacelito, es posible identificar algunas de las problemáticas que existen.

La preocupación más notoria es la de garantizar el funcionamiento del hábitat para que las tortugas continúen con sus procesos naturales de anidación en X'Cacel-X'Cacelito, esta inquietud se centra en el posible impacto que tendrán los desarrollos que se ubican en las colindancias del Santuario, los impactos puede ser de diferente naturaleza, directo o indirecto (SEMARNAP, 1998b).

Por daño directo se considera al resultado de aquella actividad que ocasiona daño mecánico, mutilación, intoxicación, y cualquier otro efecto adverso inmediato, o a corto plazo, sobre los organismos y su hábitat. Se incluyen colisiones, arrastre de equipo de buceo, fijación de instrumentos y equipo sobre los corales, ya sea para fotografía, video o investigación, anclaje de embarcaciones, derrame de sustancias tóxicas (incluyendo derivados del petróleo), modificaciones de la línea de costa, remoción de dunas costeras, extracción de arena, tala, dragado, relleno de zonas inundables y humedales y vertimiento de desechos sólidos (llantas, latas, botellas, bolsas, empaques, etc.). En el caso de las tortugas, se debe añadir a esta lista la iluminación.

Por daño indirecto se considera al resultado de aquellas actividades generadoras de efectos continuos (crónicos) provenientes de los desarrollos urbanos y turísticos, que se traducen en el envenenamiento de los organismos o el progresivo deterioro de la calidad ambiental a mediano y/o largo plazo. Incluye descargas de aguas residuales, suspensión de sedimentos, ruido, modificación del paisaje natural y contaminación atmosférica, derrames y vertimientos de sustancias tóxicas tales como aceites, combustibles y desechos de todo tipo con permanencia en el medio, no biodegradables en el corto plazo.

Con base en lo anterior y con los resultados de las investigaciones, los siguientes puntos son los que se han manifestado como preocupación en diferentes sectores interesados en el Santuario y que pueden tener un efecto en el.

El incremento de personas que paulatinamente están usando la playa en el día y noche, especialmente en temporada de anidación.

El número de personas que tienen acceso a los arrecifes y corales. Que no cuentan con la información adecuada para visitar este tipo de ecosistemas.

Los daños al arrecife y los corales (los daños que presentan actualmente no han sido cuantificados, aparentemente son muy pocos).

Las posibles construcciones sobre las dunas o sobre la playa de anidación. Sean pertrechos de madera o algún otro material, son residuos sólidos acumulables El tráfico de embarcaciones y por la pesca y técnica que se use. Cercano hacia los arrecifes provoca que los sedimentos en suspensión dañen a los corales.

La ausencia de información, es uno de los aspectos más importante que dañan a la zona, se debe de concientizar a los visitantes de la importancia que el santuario tiene en los procesos ecológicos.

La falta de educación ambiental, para las comunidades que rodean X´Cacel Así como para los visitantes

El manejo administrativo del Santuario, no solo desde un escritorio, que exista presencia dentro del santuario de personas con los conocimientos necesarios par solucionar eventualidades que pudieran influir negativamente en el santuario.

El respaldo científico en las decisiones de manejo, por su consenso con los actores y por la necesidad de generar información científica sobre el área como hábitat y sobre la tortuga marina y su divulgación.

La necesidad de tener programas y técnicas de monitoreo ambiental científicamente respaldados.

El buen cuidado de los Cenotes que aparentemente están conectados entre sí y con los afloramientos de agua dulce en el ambiente marino del Santuario debe de tener un especial cuidado ya que forman parte integral de los procesos ecológicos de la zona.

La construcción de los caminos, calles vías de acceso que parten de la carretera federal hacia el Santuario o entre las edificaciones de los diferentes desarrollos deben cuidar de no interrumpir los flujos naturales y movimiento de agua superficial entre los humedales del área.

Las problemáticas antes mencionadas, fueron corroboradas por el estudio y son plantean en el programa manejo elaborado por la Universidad de Quintana Roo en 1999 las acciones y estrategias que se deben seguir para atenderlas. (Fig.48).



Figura: 48. Señalización de ubicación en la carretera federal de X´cachel. STD 2003.

## **ESTADO.**

### **Aspecto Urbano.**

En esta área juega un papel importante la Ciudad Chemuyil, debido a que se construyó especialmente para casas-habitación de los trabajadores de la zona turística desde Xel-Há hasta Akumal.

El 7 de noviembre de 1988 FIDECARIBE "transmite a título oneroso 20 hectáreas a favor del Gobierno del Estado" con la finalidad de establecer el área urbana y la preparación de venta de lotes a terceras personas, posteriormente el 28 de noviembre de 1988 se levanta un acta de entrega de los predios donde FIDECARIBE entrega a Catastro las 20 hectáreas, en marzo de 1990 se realiza un convenio entre FIDECARIBE y el Gobierno del estado para la creación del Fideicomiso Chemuyil sobre una superficie de 39,558.67m<sup>2</sup> que constaba de 136 lotes con una superficie en conjunto de 29,600.17 m<sup>2</sup> y tres manzanas no lotificadas con una superficie en conjunto de 9,958.50 m<sup>2</sup>.

El 5 de octubre de 1990 se levanta un acta de ejecución del acuerdo del 7 de noviembre de 1988 donde se menciona la cesión de derechos al INVIQROO sobre la reserva territorial de Chemuyil por la extensión de 42,024 m<sup>2</sup>; en esta misma fecha se subdivide el predio innominado de FIDECARIBE donde se menciona que el predio 2 tiene una superficie de 10-01-38 hectáreas urbanizadas, de las cuales se subdividía en 151 lotes con una superficie de 33,971 m<sup>2</sup>, 4 lotes de donación con una superficie de 10,458 m<sup>2</sup> y una superficie de 55,709 m<sup>2</sup> para infraestructura de servicios básicos a la ciudad (FIDECARIBE, 1998).

Con estos antecedentes, la ciudad de Chemuyil ha servido de alojamiento a los trabajadores de la rama turística del área, proporcionando servicios de restaurante y abastecimiento de víveres, entre otros, a los turistas nacionales y extranjeros que visitan el área de X'Cacel-X'Cacelito (Fig. 49).



*Figura: 49. La inversión en vivienda es evidente en la zona.; Fraccionamiento Chemuyil a 2 Km. de Xcacerel. STD 2003.*

## **Educación.**

Los índices de analfabetismo que se registraron en las comunidades cercanas al área de X'cacel-X'cacelito fueron: Tulum, 115 personas entre los 6 y 14 años de edad no sabían leer y escribir y 337 personas mayores a 15 años eran analfabetas, decir el 15.72% de la población mayor a 6 años no sabía leer ni escribir en 1995, en ciudad Chemuyil el índice de analfabetismo fue del 7.82% y por último en Akumal dicho indicador fue de 17.53% el más alto del área (Fig. 50). En lo que a infraestructura educativa se refiere, ciudad Chemuyil cuenta con un Jardín de niños "Chemuyil" que atendió a 63 alumnos en el ciclo escolar 1997-1998, una escuela primaria "Nueva Creación" que en el ciclo escolar 1997-1998 atendió a un total de 180 niños en los seis diferentes grados y una escuela telesecundaria que inició sus operaciones en el ciclo 1997-1998 atendiendo a un total de 30 alumnos y que actualmente se están ampliando sus instalaciones (información proporcionada por los presidentes de padres de familia del Jardín de Niños y de la Primaria).

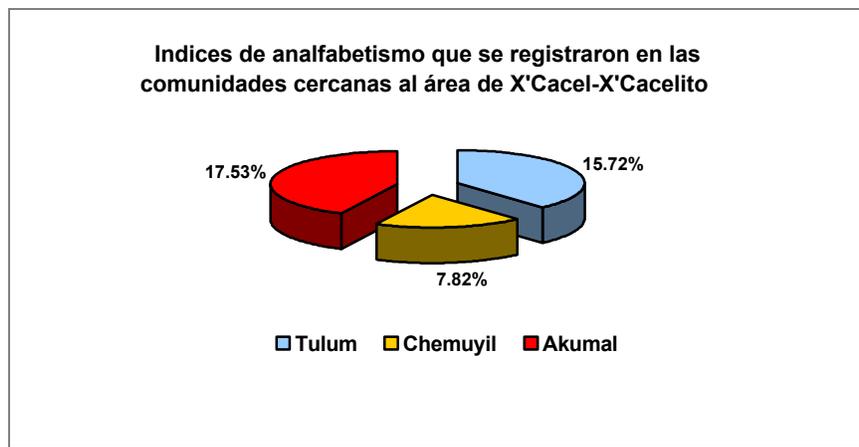


Figura: 50. El acceso a la educación por parte de los habitantes de comunidades rurales se incrementa continuamente. Anuario Estadístico Estatal, Quintana Roo, Méx.

## **Vivienda.**

Las características encontradas con relación a los indicadores anteriores, para las comunidades que se encuentran distribuidas alrededor del área de X'cacel-X'cacelito fueron las siguientes; la comunidad de Tulum registró un total de 806 viviendas habitadas, de las cuales el 99.88% eran particulares, el índice de hacinamiento fue de 4.5; en el caso de ciudad Chemuyil no se registraron viviendas colectivas, por lo que el 100% de la población habita en viviendas particulares con índice de hacinamiento del 4.2% una décima de punto por encima del mismo indicador a nivel municipio y una décima por debajo del indicador estatal; en Akumal se registraron 113 viviendas habitadas de las

cuales 107 eran particulares y sólo seis colectivas con un total de 449 ocupantes en las viviendas particulares con un índice de promedio de 4.2 habitantes por vivienda (Fig. 51).

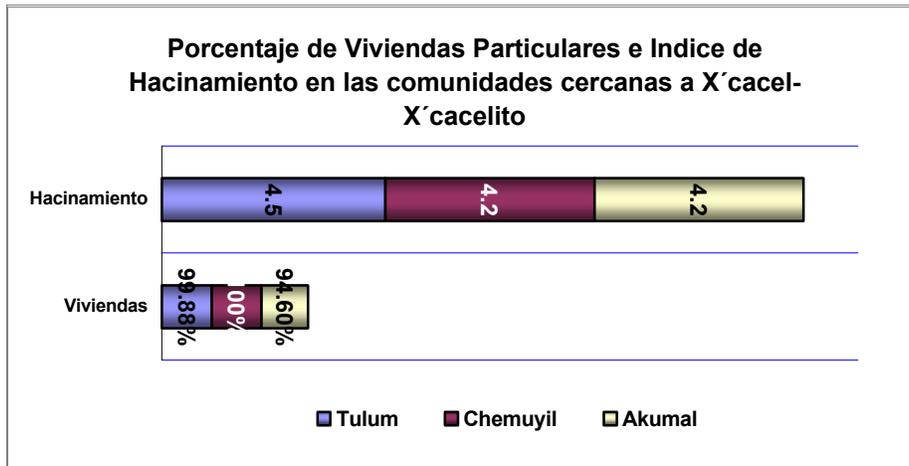


Figura: 51. Dos Indicadores Ambientales utilizados en el aspecto social son; la disponibilidad de vivienda y el índice de hacinamiento que una comunidad registre.

### Calidad de Agua.

La Comisión Nacional del Agua para poder conocer la potabilidad en la región de Quintana Roo, H realizado Entre Otros un sin Numero de pruebas de sólidos totales disueltos en sus diversos aprovechamientos. Los valores obtenidos se comparan con la tabla. (CNA, 1990) (Cuadro 8). El servicio y la disponibilidad de este recurso se encuentran en buena calidad, aunque no hay que descuidar los elementos potenciales de contaminantes, principalmente por descargas directa de las zonas urbanas, hoteleras.

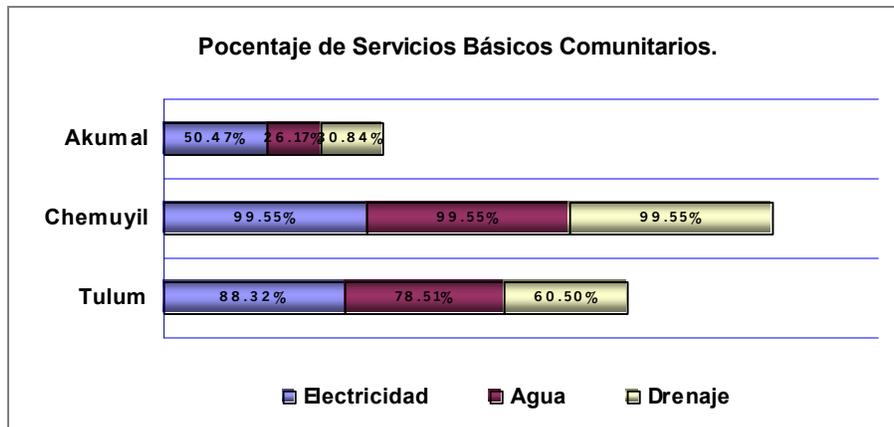
Calidad	Sólidos Totales Disueltos (partes por millón)
Muy buena	menos de 600
Buena	De 600 hasta 1,000
Regular	De 1,000 a 1,500
No Potable	Más de 1,500

Calidad del agua en función de su contenido de SDT.

Cuadro: 5. Valores de concentración de sólidos disueltos totales para determinar la calidad de agua, Fuente CNA.

### **Servicios Básicos Comunitarios.**

Las comunidades más cercanas al área de X'Cacel presentaron los siguientes porcentajes en cuanto a servicios básicos se refiere; en Tulum el 88.32% de las casas particulares habitadas contaba con el servicio de energía eléctrica, el 78.51% tenía agua entubada y el 60.5% contaba con drenaje; Akumal fue la comunidad que presentó los peores índices de servicios ya que sólo el 50.47% de las casas particulares habitadas contaban con servicio de energía eléctrica, 26.17% con agua entubada y 30.84% contaban con drenaje, mientras que las mejores condiciones con relación a estos servicios lo presentó la pequeña ciudad Chemuyil al registrar que el 99.55% de las casas particulares habitadas contaban con los tres servicios básicos (Fig. 52).



*Figura: 52. Los servicios básicos incrementan el nivel de vida una población un ejemplo es la ciudad de Chemuyil.*

### **Salud.**

La salud de los habitantes del área de X'Cacel juega un papel importante de ahí que se cuente con una clínica ubicada en un lugar estratégico para atender a todos los trabajadores del turismo de esa zona a escasos 800 metros de la playa X'Cacel y casi enfrente de la entrada que comunica a la ciudad Chemuyil (Fig. 53). Esta clínica es una Unidad de Medicina Familiar IMSS, que atiende 1,515 derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social adscritos a este consultorio. La clínica inicia sus operaciones desde hace más de 20 años como IMSS-Coplamar (1978) y en 1986 deja de pertenecer a Coplamar para trabajar sólo a través del régimen ordinario del IMSS, actualmente trabajan dos personas, un médico y una enfermera, en horario de 8 a 16 horas de lunes a viernes, atendiendo únicamente medicina preventiva y canalizando a los enfermos a la ciudad de Playa del Carmen en los casos que así lo requieran (Fig. 54).



Figura: 53. Unidad de medicina familiar IMSS # 10, Chemuyil, ubicada a 800 mts de Xcacel. STD 2003.



Figura: 54. Distribución de diferentes dependencias que ofrecen servicio de Salud a los habitantes del Municipio de Solidaridad, Q. Roo.

### **Vialidades.**

Frente a la zona de X'cabel-X'cabelito aproximadamente a 500 m atraviesa la carretera federal Chetumal-Cancún y que se reconstruyó a un tipo de concreto llamado de "Ferrocemento", de esta carretera existe un acceso principal de terracería hacia X'cabel. (Fig.55). Las principales zonas de atractivo turístico y localidades de la Riviera maya, que se comunican mediante esta vía son: Cancún, Puerto Aventuras, Puerto Morenos, Playa del Carmen, X'caret, Akumal, Chemuyil, X'cabel, Xel-Ha, Tulum. Existen caminos de acceso desde la carretera hasta las playas o desarrollos turísticos, que en algunos casos delimitan los predios privados.



Figura: 55. Carretera federal Chetumal-Cancún Construida con Ferrocemento, es el principal acceso a las zonas turísticas en la Riviera Maya. STD 2003.

### **Actividad Económica.**

El área de X'cacel-X'cacelito se ha caracterizado por tener un uso eminentemente turístico, aprovechando la vía de comunicación entre Cancún y Tulum. Al decretarse X'cacel-X'cacelito como área natural protegida, las instalaciones existentes dejan de funcionar como restaurante sirviendo en la actualidad como campamento tortuguero y caseta de vigilancia, aun cuenta con los servicios básicos de agua potable, drenaje y energía eléctrica. Dadas las nuevas condiciones, se tiene una afluencia de turistas y visitantes en un promedio de 33 personas por día en toda el área que vienen desde las comunidades que se encuentran cerca, como Chemuyil, hasta países de Europa (Tabla 17). La parte más visitada por los extranjeros es X'cacel donde se tiene la playa arenosa más extensa y limpia, realizando actividades de contemplación de la naturaleza y descanso en la playa (snorkel y turismo de playa), mientras que en X'cacelito es visitada en su mayoría por habitantes de la región para practicar la pesca de autoconsumo y actividades de recreación.

Fecha	X'cacel			X'cacelito			Total
	No. Per.	Origen	Act.	No. Per.	Origen	ACT.	
Junio 09-11	20	Chemuyil	Recreación	15	Tulum	Pesca	-
	10	USA	Turismo	20	Chemuyil	Pesca	-
	15	Italia	Turismo	5	Playa C.	Pesca	-
Junio 18-20	5	Francia	Turismo	25	Tulum	Pesca y rec.	-
	15	Chemuyil	Recreación	38	Chemuyil	Pesca y rec.	-
	14	USA	Turismo	-	-	-	-
	1	Suecia	Turismo	-	-	-	-
	8	Italia	Turismo	-	-	-	-
Junio 25-27	10	USA	Turismo	30 T	Tulum	Pesca y rec.	-
	15	Italia	Turismo	20	Chemuyil	Pesca	-
	5	Francia	Turismo	-	-	-	-
	15	Chemuyil	Recreación	-	-	-	-
Julio 1-4	45	Europa	Turismo	45	Tulum	Pesca	-
	5	DF.	Turismo	25	Chemuyil	Pesca	-
	35	Chemuyil	Recreación	-	-	-	-

	2	Cobá	Recreación	-	-	-	-
	5	Cancún	Turismo	-	-	-	-
Julio 09-11	27	Europa	Turismo	37	Tulum	Pesca	-
	8	USA	Turismo	18	Chemuyil	Pesca	-
	15	Chemuyil	Recreación	-	-	-	-
	2	Xel-Há	Recreación	-	-	-	-
Agosto 7-9	32	Europa	Turismo	15	Tulum	Pesca	-
	5	USA	Turismo	20	Chemuyil	Pesca	-
	20	Chemuyil	Recreación	-	-	-	-
Ago. 14-16	17	Europa	Turismo	28	Tulum	Pesca	-
	15	Chemuyil	Recreación	17	Chemuyil	Pesca	-
	5	Cancún	Recreación	-	-	-	-
	5	Playa C.	Recreación	-	-	-	-
Ago. 21-23	22	Europa	Turismo	30	Tulum	Pesca	-
	18	Chemuyil	Recreación	20	Chemuyil	Pesca	-
	2	Cobá	Recreación	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>418</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>408</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>826</b>

Tabla: 17. Turistas y visitantes del área X'Caclel-X'Caclito; Fuente: Información levantada por el Dr. Francisco J. Rosado May durante trabajos de campo en el área de X'Caclel-X'Caclito para la elaboración del Programa de Manejo.

## Aspectos Físicos

### Hidrología.

#### Karts.

Resulta claro al observar los datos geológicos regionales y locales, que el área de estudio esta fuertemente influenciada por la formación y evolución del KARTS. En función de las formas carsticas reconocidas, y tomando en cuenta las condiciones hidrodinámicas que imperan en el subsuelo, es claro que el área esta definida como un HOLOKARTS. lo anterior debido a que es posible identificar zonas de absorción, aireación, fluctuación estacional, saturación completa, emergencia (Fig. 56) y circulación profunda (Espinasa, op.cit.)Una vez evaluados los aspectos específicos del sitio, se identificaron formas cársticas variadas, enumeradas y descritas a continuación:

- Labias.
- Dolinas De Disolución Y Colapso.
- Aguadas.
- Dyalas.
- Cenotes.
- Ojos De Agua.
- Cuevas, Cavernas Y Cavidades De Conducción De Agua.

Son cuatro los factores que influyen en el desarrollo de estas formas. El primero y mas importante podría ser el litológico, es decir la presencia de coquinas y de estratos de calizas muy pura que facilitaron la creación de cualquiera de dichas formas. el segundo seria la evolución estructural de la zona, que ah permitido se generen fallas y fracturas en las rocas calcáreas (Fig. 57) tierra adentro, ah tan solo 6 Km. del área, se tiene un cenote (Chemuyil) con una profundidad de mas de 120 mts (Arcila,G.I.,com., per., octubre de 1998), con cavernas horizontales inexploradas. La presencia de estos fenómenos tan profundos han sido explicados por medio de las fluctuaciones del nivel del mar durante las ultimas glaciaciones (Lugo Hubp et al., 1992) estas fluctuaciones son consideradas

como el tercer factor de desarrollo. Como último factor (más reciente), se tendría la fuerte precipitación y el actual clima cálido subhúmedo.



Figura: 56. Es fácil observar las fracturas que se localizan en la punta que divide ambas playas en X' Cacel, Al igual que los borbotones de agua dulce provocados por el flujo hidráulico a través del Karts. Ecored 1998.

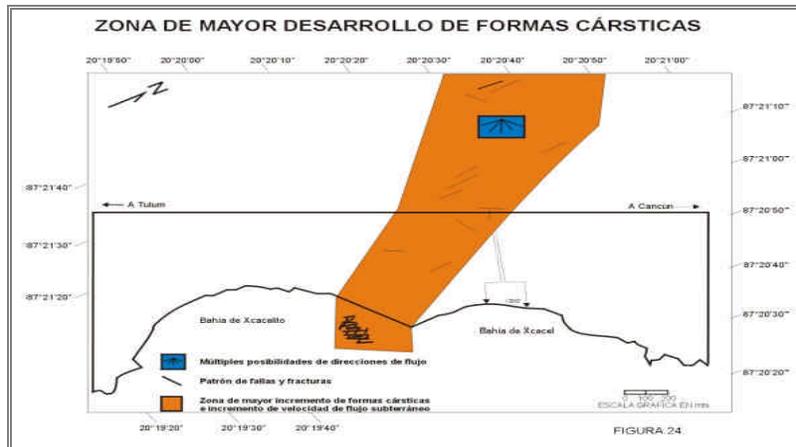


Figura: 57. La zona de Karts se localiza en la parte central de X' Cacel, en este sitio el flujo hidráulico provoca la formación de estructuras Complejas (Cenotes, Agudas, cavernas) de estrato calcáreo. Ecored 1998, Estudio especial de Geohidrología.

## Cenotes.

En el área de X' Cacel, de la carretera a la costa, se presenta una zona inundable entre la carretera federal y la zona de dunas desarrollándose una comunidad de manglar, la cual permanece inundada la mayor parte del año presentando corrientes subterráneas que alimentan a cuatro Cenotes (Fig. 58), el mayor llamado X' Cacel, (Fig. 59) tiene una dimensión de 30 X 15 m y una profundidad máxima de 5 m. De la misma manera, en la parte marina, dentro de la laguna arrecifal se pueden apreciar muchos afloramientos de agua dulce producto de las corrientes subterráneas. Al oeste de la carretera existen otros 3 Cenotes aparentemente conectados entre sí (Fig. 60). Las características químicas del agua de los Cenotes Sa'-Ya-Bil (ojo de agua), X' Cacel, Chemuyil, Caverna, Xunaan-Há,

fue hecho a través de 2 muestreos a una profundidad de 1 m., los valores de conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, disminuyen a medida que se alejan del mar. Los valores de coliformes totales son mas altos en los Cenotes más grandes, no se detectaron coliformes fecales. El valor de fósforo y fosfato es más alto en el cenote caverna. Con base en la concentración de salinidad, todos los Cenotes estudiados son considerados como oligohalinos principalmente por la intrusión salina del agua marina. La salinidad aumenta cuando el cuerpo de agua esta más cercano a la costa. Estos datos de salinidad son similares a los estudiados por Navarro López (1998) en los Cenotes cercanos a la zona de Tulum y Xel-Há, los cuales se encuentran comprendidos en un rango de salinidad de 1.5 a 7 ‰, dependiendo de la cercanía con la línea costera.

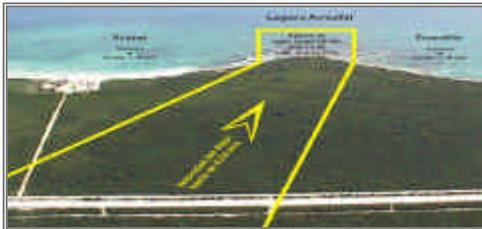


Figura: 58. Flujo hidráulico. Ecored 1998.



Figura: 59. Cenote X'Cacl. STD 2003.

En cuanto al contenido de nutrientes, la concentración es similar en casi todos los Cenotes, a excepción del cenote caverna ubicado a 300 metros del pueblo de Chemuyil en donde se observó una mayor concentración de estos, debido quizás al excremento (huano) de murciélagos y aves que habitan dentro de la caverna donde se ubica el cenote (Tabla 18). La forma característica de cada formación se ilustra en un esquema y a su vez se incluye un grupo de fotografías del aspecto particular de cada uno (Fig. 61). Los datos nuevamente refuerzan la hipótesis que la dinámica del movimiento de agua subterránea es muy importante en el santuario. También refuerza la idea de la conectividad entre los Cenotes del área.

El afloramiento de agua dulce estudiado, correspondiente al muestreo de los 15 m del transecto 4, al norte de X'Caclito (UQROO 1998), contiene agua oligohalina, que mezclada con el agua de mar alcanza concentraciones mesohalinas en un radio cercano al afloramiento. Estos desembocan en las playas de X'Cacl y X'Caclito y aportan un flujo de nutrientes importante proveniente de las aguas subterráneas, a la vez que se presenta una mezcla de salinidad que beneficia la presencia de juveniles de peces en la zona. Estas corrientes subterráneas colectan los nutrientes lixiviados y los transportan al mar donde permiten el crecimiento de algas que sirven de alimento a los peces.

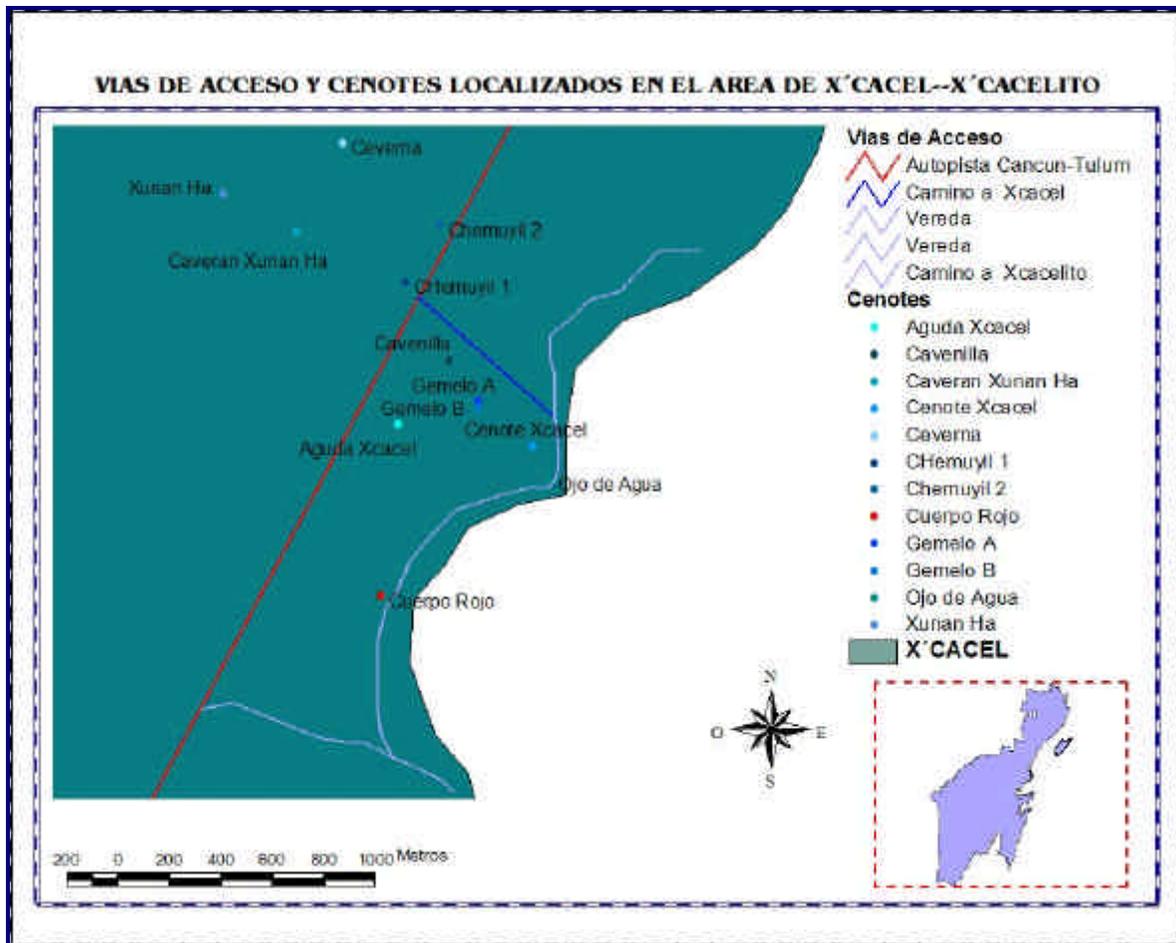


Figura: 60. Ubicación de cuerpos de agua dulce que se localizan en el predio de X'cachel así como vías de acceso. STD 2003.

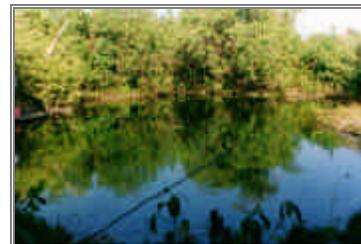
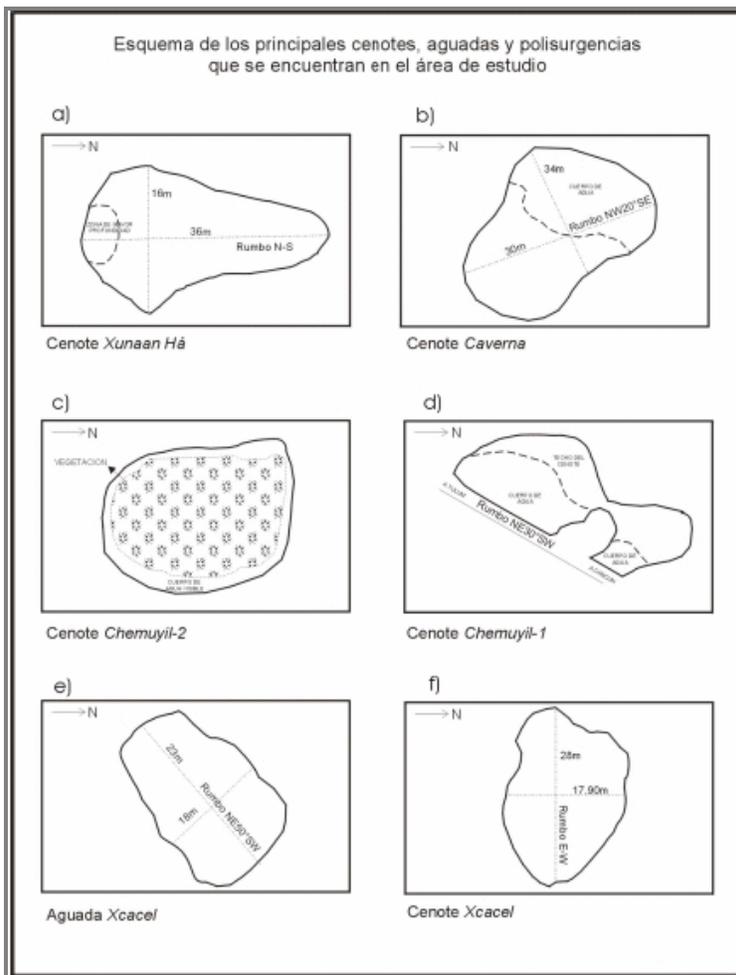


Figura: 61. Representación esquemática, Ecored 1998. Estudio de Geohidrología y registro fotográfico de arriba abajo e izquierda derecha; (STD 2003 y Ecored 1998), de cada cenote presente en X'caceel.

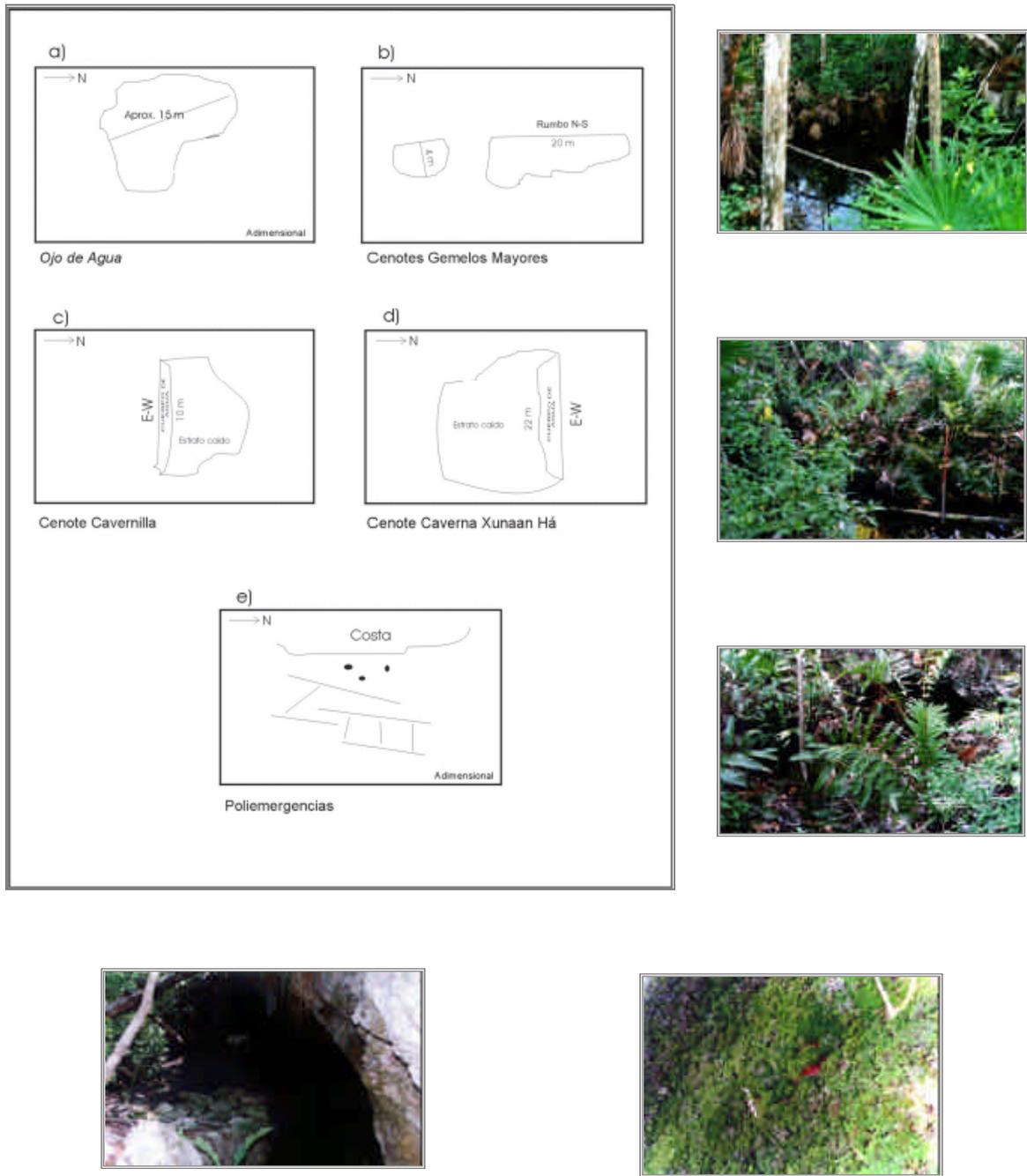


Figura: 61. Representación esquemática, Ecored 1998. Estudio de Geohidrología y registro fotográfico de arriba abajo e izquierda derecha; (STD 2003 y Ecored 1998), de cada cenote presente en X'cabel., (Continuación).

CENOTES UBICADOS EN X'CACEL-X'CACELITO							
Nombre	Sa'Ya-Bil	X'Caçel	Chemuyil	Caverna	Xunnan-Há	gemelo (a)	gemelo (b)
Ubicación UTM Norte	2,248,469.162	2,248,624.092	2249058.903	2249640.402	2249429.320	2,248,723.689	22,48,738.178
Ubicación UTM Este	463,550.35	463,461.62	462991.267	462796.068	462278.801	463,346.88	463,347.20
Temperatura °C	25.5	26.0	26.0	25	26.0	27	26.5
pH.	7.04	6.9	6.95	7.12	7.02	7	6.9
Sólidos tot disueltos (mg/l)	3610	3690	3370	2210	1920	2950	3280
Salinidad (%)	3.7	3.76	3.5	2.3	2.0	2.9	2.6
Oxígeno disuelto (mg/l)	2.65	3.2	5.6	4.5	4.75	4.2	4.1
Acidez total (mg/l)	388	225	510	137	314	330	325
Dureza total	1232	1171	1070	782	858	958	925
Coliformes tot. (nmp/ml)	2	240	23	33	130	85	62

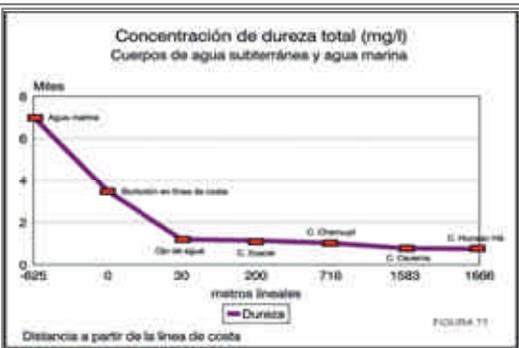
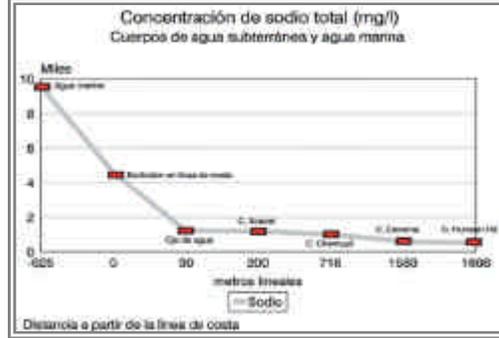
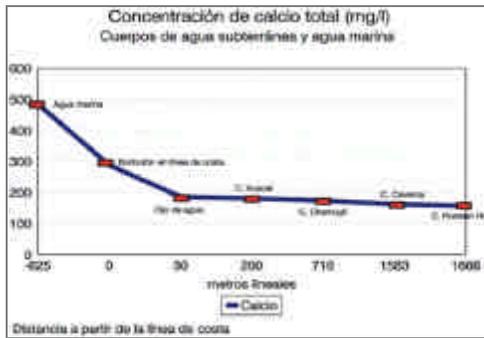
Tabla: 18. Valores obtenidos de diferentes indicadores, físicos y químicos de los Cenotes en X'caçel., Agosto 2000.

Los resultados destacan que los grupos de calidad en la zona no siguen patrones o tendencias definidas, de hecho, algunas zonas con excelente calidad de agua se localizan en la franja costera. Explican, además, que en el área costera incluido Akumal, Hay concentraciones de sólidos disueltos entre 2,000 y 4,858 mg/l. esto es reforzado por el estudio presentado por la universidad de quintana roo durante la elaboración del plan de manejo para el santuario, además se coteja datos con otro estudio presentado por Ecored en 1999., (Cuadro 5). Un indicador muy importante en la potabilidad del agua es el contenido bacteriológico, siendo los asentamientos humanos la principal fuente de contaminación bacteriológica de la región, con lo cual se recurre a dar un tratamiento bacteriológico, que generalmente consiste en la adición de cloro.

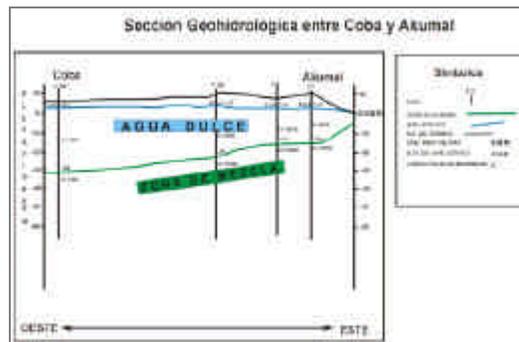
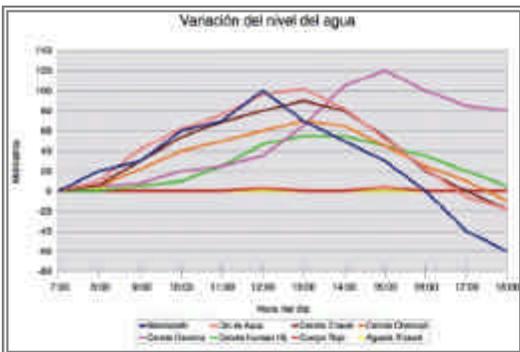
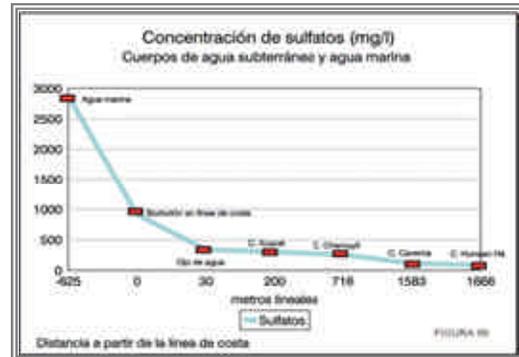
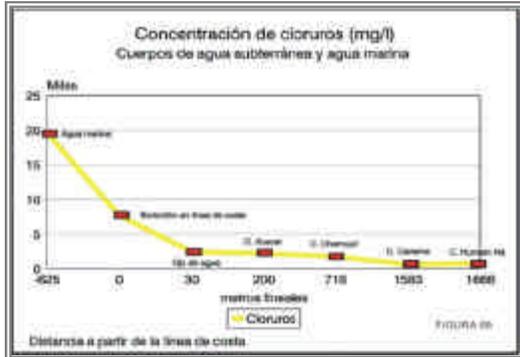
Una medición en campo efectiva para saber la calidad de agua en la región es la conductividad eléctrica. Reportando valores de 1500 y 10000 microsiemens/cm., con la característica de que en la línea de costa se presentan variaciones dependiendo del grado de disolución de las calizas, lo cual genera la entrada de agua de mar a tierra (CNA, 1990).

Para conocer si el agua subterránea tiene alguna utilidad para el ser humano, por su calidad, se compararon sus concentraciones de sólidos disueltos totales con los valores marcados por la CNA. De tal manera, se puede aseverar que el agua no es potable y puede ser clasificada como salobre. La tendencia observable es que, conforme los cuerpos se alejan de la zona de costa disminuye paulatinamente su concentración de sólidos, la misma tendencia se observa en la dureza total.

Los nutrientes fluyen de una manera muy homogénea hacia el mar, en donde son dramáticamente diluidos o asimilados por el ambiente marino.



Cuadro: 5. Comportamiento de Nutrientes en los cuerpos de agua localizados en X'Caclé así como el flujo Hidrológico entre Akumal y Coba., Fuente Estudio de Geohidrología Ecored 1999.



Cuadro: 5. Comportamiento de Nutrientes en los cuerpos de agua localizados en X' Cael así como el flujo Hidrológico entre Akumal y Coba., Fuente Estudio de Geohidrología Ecored 1999. (Continuación).

## **Edafología.**

El muestreo se hizo ubicando los puntos de cambio en los tipos de suelo en transectos aleatorios perpendiculares a la línea de costa y separados entre sí cada 40 metros. Esto permitió resultados exactos. Por observación visual y descripción de perfiles, se identificaron los siguientes tipos (Fig. 66).

Clasificados de acuerdo con la terminología maya como Huntunich, Tsek'el y Ak'alche'. Por la terminología de la FAO/UNESCO serían respectivamente, Regosoles cálcicos, Litosoles/Rendzinas y Gleysoles, (SARH, 1980; (Wright, 1967; INEGI, 1984d).

El término "Hun" es un patronímico maya y "Tunich" significa piedra en general, es decir los que provienen de la piedra (arenas), (Fig. 62).

El término Tsek'el significa laja pedregosa, es decir suelos someros con afloramientos de lajas. Estos suelos se relacionan con los Litosoles y Rendzinas (Wright, 1967), (Fig. 63).

El término "Ak'Al significa aguada y "Ché" árbol, es decir, bajos que se inundan durante una época del año. Estos suelos se correlacionan con los Gleysoles vérticos, cálcicos y eútricos (Wright, 1967), (Fig. 64, 65).

Se tomaron al menos cinco muestras de cada tipo de suelo a profundidad de 0-20 cm., y en el laboratorio se hicieron diversos análisis químicos (Tabla 18), señala la descripción de cada tipo de suelo a profundidad 0-20 cm. respecto al % total del predio, drenaje, textura, Pedregosidad y Veg típica con base en la metodología de Cuanalo de la Cerda (1979). El color del suelo de acuerdo con Munsell (1994) a profundidades de 0-20 y 20-40 cm. Finalmente, se muestran los resultados de los análisis químicos. Puede observarse que todos los valores de pH. son muy alcalinos, con una tendencia a disminuir a medida que se aleja de la playa. Los valores de materia orgánica son más altos de los esperados. El alto contenido en la arena de la playa, > 5 %, se explica por la acumulación de sargazo y las raíces de algunas dunas que crecen hacia la orilla del mar; esto explica la cantidad y especies de microorganismos encontradas en la arena de la playa.



*Figura: 62. Suelo Huntunich, STD 2000.*



*Figura: 63. Suelo Tsek el, STD 2000.*



*Figura: 64. Suelo Ak alche , STD 2000.*



*Figura: 65. palma Chit en Ak alche , STD 2003.*

<i>Edafología de X'cachel-X'cachelito</i>									
<i>Tipo</i>	<i>Hectáreas</i>	<i>% sup. Total.</i>	<i>Textura</i>	<i>Drenaje</i>	<i>Pedregosidad</i>	<i>Color</i>	<i>Veg. Típica</i>	<i>pH.</i>	<i>Mat.org %</i>
A	8.2	4.9	arenosa	muy bueno	sin piedras	blanco	Duna costera	8.9	5.8
AR	0.7	0.4	arenosa	muy bueno	sin piedras	blanco	Duna costera, muy escasa o poca	8.4	5
AR1	0.3	0.18	arenosa	muy bueno	grava de hasta 2cm 5-20%	grisáceo	Duna costera, muy escasa o poca	8.7	5.3
AMO	21.3	12.96	arenosa	muy bueno	grava de hasta 2cm 5-20%	grisáceo	Duna costera -cocal	8.3	9.4
AMOR1	1.6	0.97	arenosa	muy bueno	pedregoso 5-20%	blanco	Duna costera-cocal-matorral costero	8.6	6.3
AMOR2	13.2	8.3	arenosa	muy bueno	pedregoso 5-20%	blanco	Cocal- Matorral costero-Selva Baja	8.7	7.9
AKALCHÉ	25.3	15.3	arcillosa	pobre	ligeramente pedregoso,1-5%	Gris oscuro	Selva baja - Manglar	8	12.4
ROCA SUELTA	35.5	21.6	rocosa	superficial	piedras dominantes 75%	Gris oscuro	Selva baja (Chit) - Matorral costero	8.2	3
ROCA PARENTAL	12.6	7.6	rocosa	superficial	roca parental dominante> 75%	Café	Matorral costero	8.5	1.5
TSEK EL	45.6	27.7	rocoso	bueno	Pedregoso 40-60 %	Gris claro	Selva baja Subcaducifolia	8.8	11.2

*Tabla: 19. Parámetros registrados, composición de los tipos de suelo presentes en X'cachel tomados en agosto de 2000.*

**A:** arena, **AR:** arena con rocas (piedras grandes), **AR1:** arena con piedras pequeñas, **AMO:** arena con materia orgánica; **AMOR1:** arena con materia orgánica y rocas (mayor cantidad de arena); **AMOR2:** arena con materia orgánica y rocas (mayor cantidad de Mat. org.), **AKALCHÉ,** suelo negro inundado, **ROCA SUELTA,** piedras grandes sobre arena principalmente, I; **ROCA PARENTAL,** roca sólida tipo laja a flor de suelo, **TSEK ÉL,** lajas medianas, someras (Fig. 66).

El suelo akalché, negro destaca por tener el mas alto contenido de materia orgánica (12.4%), estos valores son semejantes a los reportados por Rosado May et al., para los mismos suelos en Costa Maya.

La composición del Karst, que se encuentra en la parte central del predio, justamente en la zona donde se localiza el flujo hidrodinámico de Cenotes y agudas.

Con todos estos datos se respalda la afirmación general que las condiciones del Santuario son muy buenas, existe poca o nula alteración y se confirma con la información general obtenida en la revisión de literatura. Las grandes diferencias entre los tipos de suelo están entre los contenidos de arena, roca y materia orgánica.

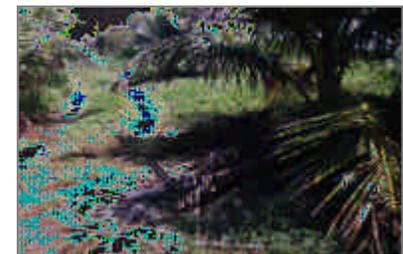
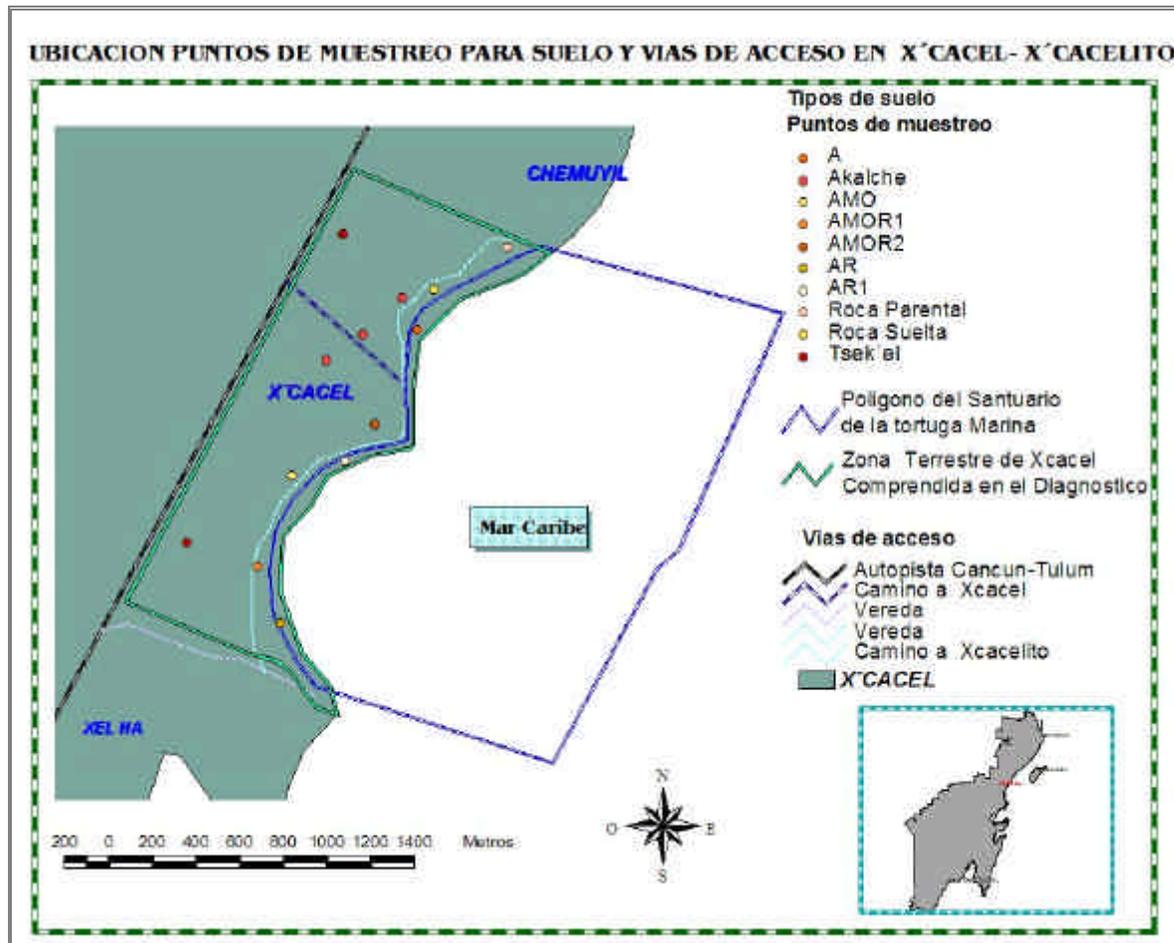


Figura: 66. Distribución de los puntos de Muestreo en el área de X'cachel así como el tipo de suelo registrado en cada punto. Procesados en Arc View 3.1., STD 2003. Fotografías; caminos y veredas en X'cachel STD 2003.

## Oceanografía.

### ***Características físico-químico-biológico del agua de mar.***

Usando el equipo HACH; La Universidad de Quintana Roo en 1998 realizó mediciones en 6 transectos perpendiculares a la línea de costa. En cada transecto se hicieron mediciones a 1 m de profundidad, el primer punto se estableció a los 15 m de la orilla del mar y el segundo punto fue variable, dependiendo de las condiciones del transecto. En el transecto 1, el segundo punto fue a los 200 m de la orilla, en el transecto 2 fue a 400 m y el tercero a 1,000 m, en los transectos 3 y 4 fue a los 800 m, en el transecto 5 fue a los 400 m y en el transecto 6 no hubo un segundo punto (Fig. 67). Para ubicar los transectos y analizar los resultados.

Los resultados de los análisis de agua se presentan para los transectos en la ensenada de X'cacel, y para los transectos en la ensenada de X'cacelito (Tabla 20). Puede observarse que la temperatura del mar, cerca de la orilla, es menor en X'cacelito que en X'cacel, esto puede explicarse por el efecto de los afloramientos de agua dulce. Otra diferencia es la conductividad, siendo mayor en X'cacel y los valores más bajos se observan en los transectos donde hay influencia de los afloramientos de agua. Los valores de coliformes totales más altos se registran en el transecto frente al restaurante y en el transecto donde están los afloramientos de agua. (Universidad de Quintana Roo, 1998.) Los datos nuevamente refuerzan la hipótesis que la dinámica del movimiento de agua subterránea es muy importante en el santuario. También refuerza la idea de la conectividad entre los Cenotes del área.

<i>Análisis físico-químico-biológicos del agua de mar en los transectos de la ensenada de X'cacel, Universidad de Q. roo. 1998.</i>					
<b>Transectos</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>
<i>Distancia (m)</i>	15 m	200 m	15 m	400 m	1000 m
<i>Conductividad (micro S)</i>	40.7	41.6	42.3	43.1	42.5
<i>Temperatura (oC)</i>	30.0	31.1	30	29.4	31.8
<i>Salinidad (%)</i>	29.0	30.2	30.3	30.8	30.6
<i>PH</i>	7.5		7.3		
<i>Pot. Óxido-reduc. (mV)</i>	-60.4		-56.2		
<i>Oxígeno disuelto (mg/l)</i>	6.9		6.0		
<i>N-NO3 (mg/l)</i>	1.0		1.15		
<i>NO3 (mg/l)</i>	4.6		5.15		
<i>N-NO2 (mg/l)</i>	0.0075		0.05		
<i>NO2 (mg/l)</i>	0.0235		0.043		
<i>NaNO2 (mg/l)</i>	0.036		0.065		
<i>Acidez total (mg/l)</i>	566		440		
<i>Alcalinidad total (mg/l)</i>	108.5		117.5		
<i>Alcalino. de bicarbonato</i>	108.5		117.5		
<i>Fosfatos (mg/l)</i>	0.205		0.27		
<i>Fósforo (mg/l)</i>	0.065		0.085		
<i>P2O5 (mg/l)</i>	0.16		0.2		
<i>CO2 (mg/l)</i>	170		84		
<i>Coliformes tot. (nmp/ml)</i>	8		49		

*Tabla: 20. Resultados presentados por la Universidad de Quintana Roo en 1998, en la elaboración del plan de Manejo del Santuario.*

Análisis físico-químico-biológicos del agua de mar en los transectos de la ensenada de X'cachelito. Universidad de Q. roo. 1998.					
Transecto	1		2		3
Distancia	15 m	800 m	15 m	400 m	15 m
Conductividad (micro S)	14.7	36.9	42.2 3	4.7	37.2
Temperatura (oC)	27.0	32.0	29.5	30.6	29.5
Salinidad (%)	9.5	27.5	30.3	30.1	26.3
PH	7.1		6.2		6.9
Pot. Óxido-reduc. (mV)	9.8		40.8		
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.95		4.2		6.6
N-NO3 (mg/l)	1.5		2.0		1.6
NO3 (mg/l)	6.65		9.2		7.15
N-NO2 (mg/l)	0.009		0.055		0.029
NO2 (mg/l)	0.029		0.18		0.095
NaNO2 (mg/l)	0.043		0.27		0.142
Acidez total (mg/l)	359		505		626
Alcalinidad total (mg/l)	256		177		112
Alcalin. de bicarbonato	256		177		112
Fosfatos (mg/l)	0.65		0.25		0.6
Fósforo (mg/l)	0.21		0.08		0.18
P2O5 (mg/l)	0.49		0.18		0.42
CO2 (mg/l)	148		138.5		290
Coliformes tot. (nmp/ml)	31		8		0

Tabla: 20. Resultados presentados por la Universidad de Quintana Roo en 1998, en la elaboración del plan de Manejo del Santuario (Continuación).

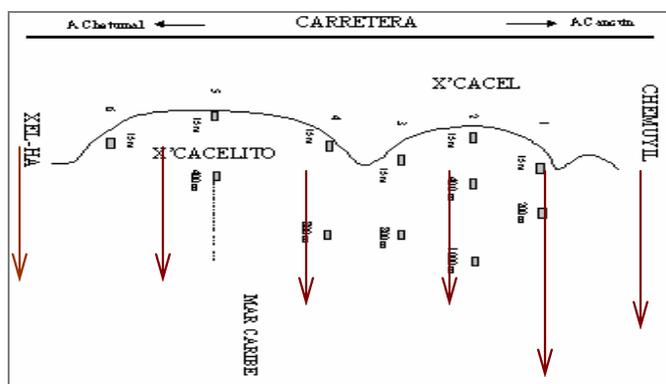


Figura: 67. Ubicación de transectos para el análisis de Valores Oceanográficos de la zona marina en X'cachelito, UQROO 1998.

### **Residuos Sólidos en la Playa.**

En las ensenadas de X'Cacel y X'Cacelito se detecta la acumulación de residuos sólidos. Los más abundantes son la orgánica, en forma de algas y pasto marino, y chapopote. En general la playa es mas limpia en X'Cacel que en X'Cacelito donde se pueden encontrar hasta 81 diferentes tipos de residuos sólidos (Tabla 21). De estos, 42 son productos de plástico (ej. Arillos de cerveza, latas o refrescos), 11 son de origen orgánico (ej. sargazo), 10 son clasificados como otros (ej. colillas de cigarro), 6 son productos de vidrio (ej. botellas), 6 son maderas (ej. palos de escoba), 4 son productos de lata (ej. aerosoles) y 2 son de papel (ej. embalaje) (Fig. 68).



*Figura: 68. Hoja de triplay; Red de arrastre transportadas por la marea., STD 2003.*

De estos residuos, los plásticos son los más peligrosos ya que la tortuga al ingerirlos o al quedar atrapadas puede morir. Balazs (1985) señala que estas son causas comunes de muerte de juveniles de tortuga blanca y caguama. Cabe mencionar que el efecto dañino de estos productos ocurre principalmente en el medio marino. Los datos oscilan entre 1 y 5 kilos por m<sup>2</sup>. Estos datos son semejantes a los reportados por Rosado May et al. (1998) para Costa Maya en Quintana Roo. La literatura consultada sobre el efecto de residuos sólidos en la anidación de tortugas no es abundante (Fig. 69).

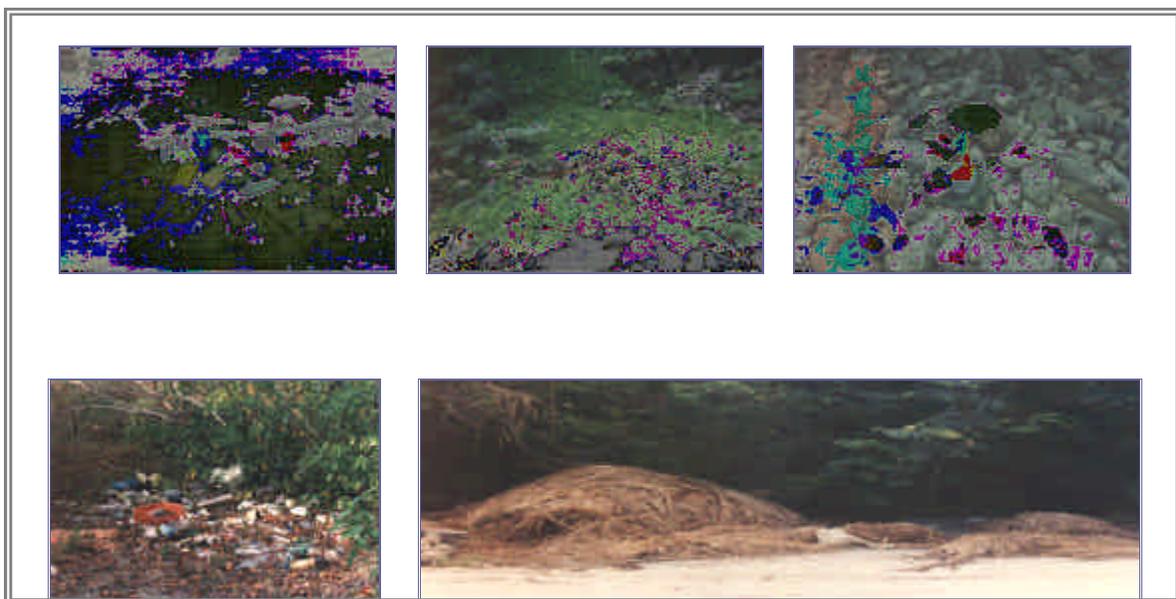


Figura: 69. Composición fotográfica de residuos observados en X' Cacel durante la elaboración del presente Trabajo, donde podemos observar desde latas, botellas, calzado , cuerdas, Unicel y residuos orgánicos derivados de la utilización de madera y palma., STD 2003.

### Residuos orgánicos.

El sargazo flotante en el mar, uno de los componentes de los residuos sólidos depositados en las playas, es usado por los juveniles de tortugas como su hábitat primario de desarrollo, usándolo incluso como medio para transportarse por flotación con las corrientes marinas (Caldwell, 1968; Carr and Meylan, 1980; Critchley, 1987). En las playas juega un papel importante en los ciclos biogeoquímicos que se llevan a cabo en la interfase mar-playa (Libes, 1992; Alongi, 1998). El sargazo depositado en la playa por la marea es abundante, relativamente, tanto en X' Cacel como en X' Cacelito. Se observa un peso seco promedio de 352.32 g/m<sup>2</sup>. La franja de ocupación normalmente se restringe a los primeros 2 a 4 de la orilla del mar. Una vez seco, el viento puede llevarlo mas adentro en la playa (Fig. 70). En la zona de X' Cacel se depositan en las playas hasta 12 especies de algas, 1 de coral y 1 de crustáceos (Tabla 22). El viento y las mareas se encargan de enterrarlo en la arena y entra a un proceso de descomposición. Para fines de manejo, es recomendable dejar el zargazo en las playas sin remover. De este modo, se permite la posibilidad de que funcione como hábitat de los juveniles de las tortugas y se permite el proceso natural de ciclo de nutrientes en la costa. No existe información para respaldar o rechazar la práctica del enterrado manual del zargazo, por lo que es importante investigarlo. Uno de los riesgos de enterrarlo es el crecimiento de poblaciones de microorganismos que afecten los huevos, especialmente si el enterrado se hace en los sitios que elige la tortuga para anidar.



Figura: 70. La presencia de residuos orgánicos como sargazo es característicos en X' cacel., STD 2003.

<i>Especies de algas depositadas en las playas en %.</i>			
<i>Especie</i>	<i>% máx.</i>	<i>% mín.</i>	<i>típico</i>
<i>Turbinaria tricosata</i>	80.0	20.0	40
<i>Thalasia testudinum</i>	35.0	5.0	19
<i>Sargassum fluitans</i>	35.0	2	6.0
<i>Sargassum sp.</i>	35.0	3.0	10
<i>Laurencia intricata</i>	25.0	1.0	5
<i>Gorgonia ventalina (coral)</i>	25.0	3.0	6
<i>Laurencia poitei</i>	20.0	5.0	12
<i>Dyctyopteris delicatula</i>	5.0	1.0	1
<i>Galaxaura sp.</i>	5.0	1.0	1

<i>Caulerpa paspaloides</i>	3.0	0.0	0
<i>Dyctyosphaeria cavernosa</i>	3.0	0.0	0
<i>Chaetomorpha sp (crustáceo)</i>	3.0	0.5	0
<i>Dictyota alternata</i>	2.0	0.0	0
<i>Stipopodium zonale</i>	2.0	0.0	0

Tabla: 22. Especies de algas depositadas en las playas de X'cabel, registros de la UQROO 1998.

Residuos sólidos encontrados en la playa de X'cacel-X'cacelito. Agosto 1998								Residuos sólidos localizados en playas de Xcacel-Xcacelito junio 2002								
Plástico		Orgánico	Otros	Vidrio	Madera	Latas/Metal	Papel	Tipo de residuo	plástico	metal	madera	nylon	Vidrio	Unicel	Cartón	Otros
embalaje anillos	Aspas	algas	asientos	botellas	balizas	aerosoles	cajas								Papel	
encendedores	Bandas	cocos	cinturones	foco/fluo	palo/esco	bebidas	embalajes	Botellas	36				16			
etiquetas	Bolsas	conchas	colillas	foco/inc	postes	conservas	sobres	Botes	14							
flejes	botellas	corales	cubiertas	frascos	ramas	tubos		Latas		15						
ganchos p/ro	Boyas	hojas	flotadores	platos	tablas			Bolsas				10			5	
huacales	cepillos	huallas	pañales des	vasos	vigas			Colillas								55
jeringas	cestos p/ba	limon	tetrapak					Vasos	25				3	16		
juguetes	cubetas	mango	vasos des					Cajas	8		3			4	4	3
lapiceros	cubiertos	pasto marino	zapatos ten					Tapones	26	5				2		
llantas	cuerdas	piña	chapotote					Tapaderas		15				6		
macetas	chancletas	sargazo						Sandalias	13		2					
pelotas	desodorantes							Redes	2			1				
platos	rollos p/fotos							Troncos			13					
poliductos	sellado p/visor							Popotes	12							
popotes	Sillas							Embases	17	16			8	15		
portafolios	suelas							Cuerdas	4			2				
recipientes	tacones															
redes	Tapas															
tubos/pvc	tubo p/pelo															
vasos	tubo /cremas															
zapatos																

Tabla: 21. La acumulación de todo tipo de residuos en las dos ensenada es evidente, registrándose una gran variedad.

### ***Derivados de petróleo.***

En X'Cacel, como en todo lo largo de la costa en Quintana Roo, la marea lleva chapopote y las deposita en las playas. También se ha observado chapopote en los arrecifes. La literatura consultada no proporciona información detallada sobre estos efectos.

En X'Cacel, se hicieron cuantificaciones de cobertura y peso del chapopote en las playas del Santuario. Señala que la cobertura, en la franja de asentamiento, puede llegar hasta el 51% / m<sup>2</sup>, con un promedio de 12.7% / m<sup>2</sup> para todo el santuario. Si se toma todo el ancho de la playa, el promedio baja a 5.32%. Estos datos se estimaron usando un m<sup>2</sup>, con subdivisiones de 10cm X 10cm, y contando el número de cuadros pequeños con presencia de chapopote. Se muestreó toda la costa del santuario, estableciendo al menos 46 puntos a lo largo y tomando 3 mediciones en cada punto. En cada medición se removió la arena hasta 20 cm. de profundidad para extraer todo el chapopote. Es importante mencionar que fue en el mes de julio cuando se observó la presencia del chapopote en el santuario.

En junio '98 se observó la presencia del chapopote, en dos semanas el movimiento de la arena enterró una buena parte, por lo que las muestras en playa arenosa se tomaron de 0-20 cm. de profundidad. En septiembre de 1998, con la llegada de la marea más alta del verano se observó disminución del chapopote en la playa (Fig. 71).



*Figura: 71. Residuo de petróleo acumulado en la playa.*

## ASPECTOS BIOTICOS.

### Vegetación.

Se usó una fotografía aérea de la zona, escala 1: 10,000, tomada en 1990, y se ubicaron los tipos de vegetación (Fig.72). De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de la fotointerpretación y datos en el campo, se observaron 5 tipos de vegetación con una distribución paralela a la costa (Fig. 75 mapa de vegetación). Comparando con la clasificación de las comunidades vegetales de la Península de Yucatán de Miranda y Hernández X. (1963), los grupos de vegetación presentes en X'cachel se encuentran representados (Cuadro 6) que señala las características de especies representativas por tipo de vegetación presente en el Santuario.

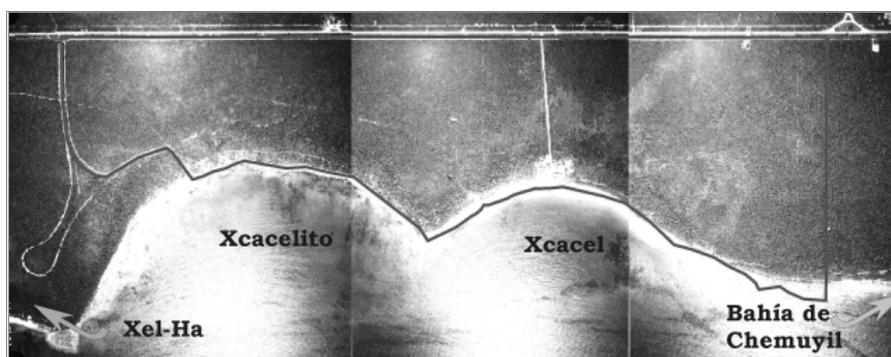


Figura: 72. Segmento de fotografía aérea escala 1:10000 utilizada para la identificación de vegetación de X'cachel, mediante la fotointerpretación y registros in situ.

ECOSISTEMAS	ASOCIACIONES TÍPICAS
Duna Costera o Vegetación Halófila	Litoral rocoso Vegetación de dunas costeras Palmar de coco Vegetación secundaria de dunas costeras
Manglar	Manglar chaparro de <i>Rhizophora mangle</i> Manglar mixto de <i>Conocarpus erectus</i> Manglar de <i>Avicennia germinans</i> Manglar de <i>Conocarpus erectus</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> Petenes
Selva	Selva baja costera con <i>Leucaena leucocephala</i> Selva baja costera de <i>Thrinax radiata</i> y <i>Ficus cotinifolia</i> Selva baja subcaducifolia con <i>Thrinax radiata</i> Selva baja subcaducifolia con <i>Pseudophoenix sargentii</i>

Cuadro: 6. Asociaciones y composición de vegetación en X'cachel., Fuente UQROO 1998.

### Vegetación bajo algún estatus.

La zona de X'cachel, integra un área ecológicamente importante, debido a que uno de los tipos de vegetación dominante, la selva baja caducifolia con palmas kukas (*Pseudophoenix sargentii*) se encuentra solo en algunos lugares de la zona norte del

estado de Quintana Roo, esta comunidad aun cuando no se encuentra dentro del santuario si se localiza en la selva que limita al oeste de éste, entre el santuario y la carretera federal.

Algunas de las especies vegetales observadas en X'cacel, consideradas como amenazadas o en peligro de extinción, según los listados de la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001 son: palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), chiit (*Thrinax radiata*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*) (Fig.73).



Figura: 73. La vegetación se encuentra ampliamente representada por individuos como; palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), chiit (*Thrinax radiata*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); de izquierda a derecha respectivamente., STD 2003.

### **Índices de diversidad.**

Para conocer la diversidad de especies primero se hizo un sondeo para determinar la longitud de la línea de Canfield así como los transectos, de los usados para obtener las curvas de nivel y con separación de 40 m entre cada uno, más representativos por cada tipo de vegetación. Así, se ubicaron 4 transectos de 60 m dentro de las áreas ocupadas

por selva, perpendiculares al mar; 3 Transectos de 60 m cada uno para la vegetación de matorral y 3 para la vegetación de duna también de 60 m, estos últimos paralelos a la costa. La modificación a la línea de Canfield fue que se hizo un censo de todos los individuos a lo largo de los 60 m y con un ancho de 5 m. Se tomaron datos del número de especies e individuos por especie en cada transecto. Los datos se analizaron con el programa ANACOM para calcular el índice de diversidad de Shannon-Weiner, la riqueza y equidad.

El número de especies encontradas en los transectos de selva censados presentaron 33 especies entre las que predominan: *Bravaisia tubiflora* el cual presentó individuos muy pequeños con una altura promedio de 1.6 m y una cobertura total máxima de 0.5 x 0.4 m. Entre las especies predominantes se encontraron individuos de las especies *Thrinax radiata*, *Bursera simaruba* y *Metopium brownei*. Los transectos de matorral costero que fueron censados presentaron una riqueza de 31 especies entre las que predominaron por el número de individuos no así por su cobertura *Sessuvium portulacastrum*, *Ambrosia hispida*, *Ipomoea pes-caprae* y *Crinum americanum* elementos que dominan el estrato herbáceo del matorral costero. En los transectos de duna se encontraron 28 especies entre las que predominaron las mismas que en los transectos de matorral. Algunas especies se encontraron en los tres tipos de vegetación (Fig. 74).

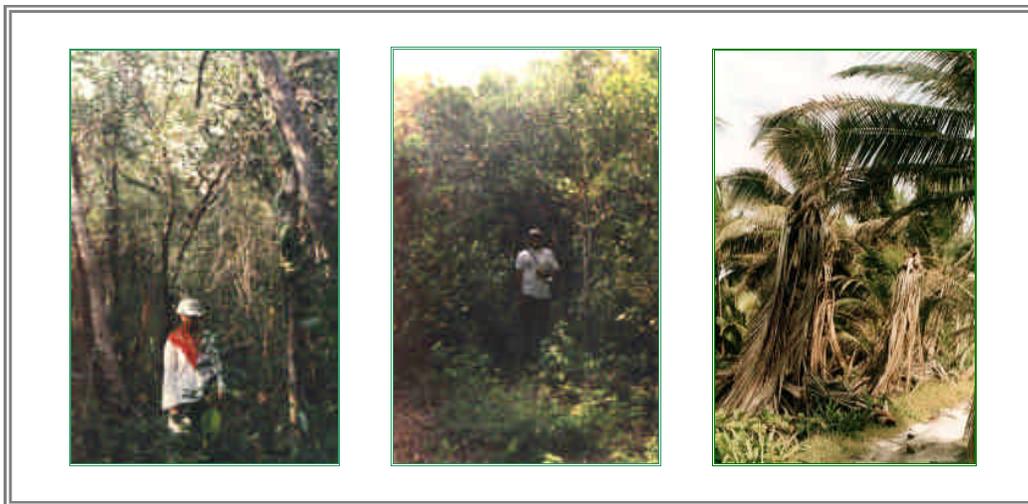


Figura: 74. Las veredas existentes permitieron un fácil acceso a la selva baja. De igual forma en la duna costera., STD 2003.

Los resultados obtenidos del programa ANACOM se presentan (Tabla 22). En general, el índice de diversidad observado para todo el Santuario respecto al ecosistema matorral costero fue de 2.273; con una riqueza de 31 y una equidad de 0.459. La duna costera presentó, un índice de diversidad de 2.330, con una riqueza de 28 y equidad de 0.485. La selva baja presentó, un índice de diversidad de 3.240, con una riqueza de 33 y una equidad de 0.642. X'Caclal es una zona muy importante debido no sólo a que es una zona de anidación de tortugas, sino que también es rica en vegetación (anexo1) y presenta individuos que están en peligro de extinción o con protección especial. La extensión es suficiente para algunas especies de animales y puede convertirse en refugio de otras.

<i>Tipo De Vegetación</i>	<i>No. Especies</i>	<i>Índice De Diversidad</i>	<i>Riqueza</i>	<i>Equidad</i>
<i>Selva baja</i>	33	2.27	33	0.642
<i>Duna costera</i>	28	3.24	28	0.485
<i>Matorral costero</i>	28	3.24	28	0.485

*Tabla: 23. ndices de diversidad (Shannon-Weiner), riqueza y equidad obtenidos en los principales tipos de vegetación del Santuario.*



75. Mapa de Vegetación para X'cachel, procesado y digitalizado n un sistema de Información Geográfica Arc View 3.1., STD 2003. Derecha fotografías de *Rhizophora mangle*, Selva Baja, Selva Mediana y Manglar de *Conocarpus Erecta*.

## Fauna.

Ejemplos de las especies registradas son el mapache (*Procyon lotor*), tejón, (*Nasua nasua*), sereque (*Dasyprocta punctata*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). La avifauna tuvo un mayor número de avistamientos, esto se debe a que tienen actividad durante todo el día. Las aves más comunes fueron aquellas con características costeras tales como: el pelícano café (*Pelicanus occidentalis*), Águila pescadora (*Pandion haeliaetus*),+ el aguililla negra (*Buteogallus anthracinus*) y la Fragata (*fragata magnificens*). Los trabajos de Tory y Chalif (1989) y Viveros-León et al. (1997), se usaron como apoyo para la identificación de las especies.



Figura: 76. Anfibios y reptil Observados en X' Cacel. STD 2002.

Los reptiles en mayoría lagartijas, tortugas marinas y serpiente nauyaca (*Bothrops asper*), su actividad es durante todo el día aunque tienen mucha actividad en las noches. Ejemplos de las especies observadas fueron: tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga blanca (*Chelonia mydas*), anfibios y reptiles (Fig. 76) que se reportan en el área, tanto por observación directa como por literatura, el número de especies de fauna terrestre reportados por hábitat en el Santuario de la Tortuga Marina, y la cantidad bajo algún estatus (Tabla 24).

Se observa que el mayor número de especies se encuentra asociado con la selva y el mangle, aunque una gran cantidad comparte diferentes hábitats. Las especies más abundantes son las aves (45) seguida por reptiles (24), mamíferos (18) y anfibios (11), (UQROO 1998). Existe una diversidad de insectos, típica de zona costera, donde las especies detectadas inicialmente son los mosquitos, chaquistes y tábanos, Posteriormente se aprecian hormigas, cucarachas, avispa, avispa esfécida, moscas y otros.

Grupo	No.	Estatus						Habitats					
		A	R	Pr	PE	E	C	SB	M	MC	DC	VS	PL
Mamíferos	18	3	1	-	3	1	9	17	7	5	4	5	4
Reptiles	24	5	4	1	3	2	-	13	6	9	3	8	4
Anfibios	11	-	-	-	-	-	-	7	4	-	1	1	-
Aves	45	6	5	-	-	1	3	28	20	9	7	12	5
SUMA	98	14	10	1	6	4	12	65	37	23	1	5	26

Tabla: 24. Número total de fauna por grupo taxonómico, número bajo algún estatus y número asociado a algún hábitat. A = amenazada, R = rara, Pr = protección especial, PE = peligro de extinción, E = endémica, C = cinegética. SB = selva baja, M = manglar, MC = matorral costero, DC = duna costera, VS = vegetación secundaria, PL = playa.

## AMBIENTE MARINO.

### Fauna.

Se registran un total de 102 especies de peces arrecifales pertenecientes a 53 géneros y 33 familias, principalmente de las familias *Pomacentridae*, *Labridae* y *Acanthuridae*, por lo que es importante el área como una zona de crianza, protección y alimentación de peces. Además de funcionar como bioindicadores de la condición de un arrecife se registran tres especies de la familia *Chaetodontidae*: *Chaetodon capistratus*, *Ch. Ocellatus* y *Ch. Striatus*. En el Santuario, por su abundancia, predominan las familias *Acanthuridae*, *Scaridae* y *Labridae*.

En X'cacel destacan las familias *Pomacentridae*, *Chaetodontidae*, y algunas especies de *Scianidae*, que aparte de su colorido y conspicuidad se señalan como especies arrecifales de amplio espectro alimentario, omnívoros y carnívoros primarios de notable talla, los cuales merodean el arrecife, al parecer sin refugio fijo y consumen esponjas, tunicados, zoantarios, algas, zooplancton (Shulman et al. 1983). De acuerdo a Itzkowitz (1977), Robertson y Lassing (1980), y Loreto V. (1991), los *Pomacentridae* son indicadores de heterogeneidad ambiental del arrecife dada algunas características de selección del hábitat que las especies muestran.

### Características de los ecosistemas marinos de X'cacel-X'cacelito.

De acuerdo a los criterios geomorfológicos usados por Tunnell et al. (1993), Gutiérrez Carbonell et al. (1995) y Medina Escalante (1991), los arrecifes del área de estudio son de tipo bordeante, con tres zonas principales: laguna arrecifal, cresta arrecifal y arrecife frontal (Fig.77, 78, 83).

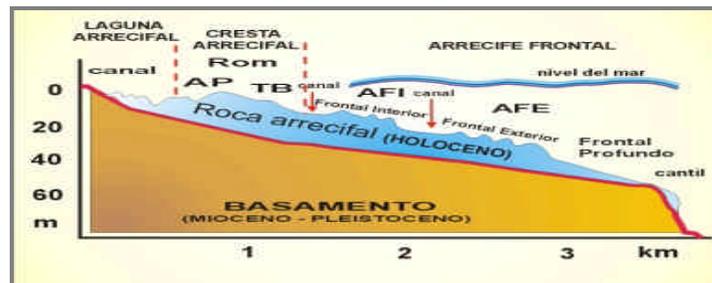


Figura: 77. Patrón de zonación arrecifal presente en el Santuario.

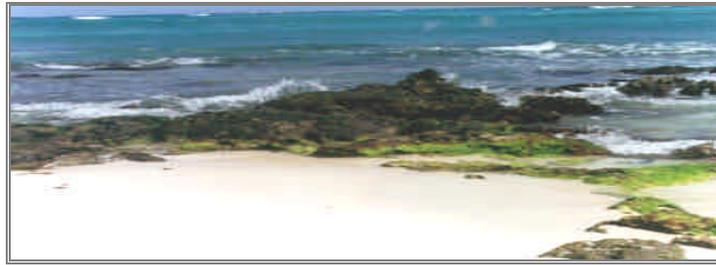


Figura: 78. El arrecife es de gran importancia en X´Cacel. STD 2003.

### **Laguna arrecifal.**

La zona comprendida como la laguna arrecifal abarca la línea de costa y hasta la cresta arrecifal propiamente dicha, siendo en las puntas tanto de X´Cacel como de X´Cacelito no mayor a 300 m. El canal donde se forma esta zona no es muy amplio, pero presenta crecimiento importante de coral en la parte norte y sur de X´Cacel, con una anchura que llega a ser mayor a los 200 m; su profundidad va de cero a ocho metros. La parte central, tanto de X´Cacel como de X´Cacelito, se caracteriza por la ausencia de formaciones coralinas importantes debido a lo cual el canal no está bien formado y no hay una laguna arrecifal bien conformada. A un kilómetro de distancia, mar adentro, y a nueve metros de profundidad se presentan unas pequeñas estructuras arrecifales (180 x 50 m), que conforman una pequeña cadena coralina que no llega a emerger y que se encuentra aislada de otras formaciones cercanas. En todas las áreas presentan un fondo arenoso y rocoso por lo cual es abundante la cobertura de algas, que se alternan con zonas de blanquiales (áreas de arena fina) y cabezos de corales o parches de corales (Fig.79).



Figura: 79. Laguna Arrecifal X´Cacel, STD 2000.

### **Cresta arrecifal.**

Es una zona en donde se recibe la intensidad del oleaje denominada, en algunos casos, zona de turbulencia. Con la bajamar en X´Cacel estas zonas son expuestas. La sub-zona del arrecife posterior es la que presenta la menor energía de oleaje y tiene poca profundidad (2-5 m), siendo el sustrato principal arena con pequeños cabezos y padecería de coral, además de algunas colonias de corales como *Acropora palmata*, *Diploria clivosa* y *Agaricia tenuifolia*. Los crecimientos son principalmente exoesqueletos de pié y algunos de tejido vivo, por lo que la cobertura de algas sobre ellos es alta.





Figura: 80. Barlovento coral blando abanico (*Gorgonia*); Esponja incrustante (*Mycale laevis*); Segmento de cresta arrecifal punta norte Chemuyil., Ecored 1998, STD 2003.

La subzona de rompiente arrecifal, donde se recibe una gran energía de oleaje, están mejor representadas las especies pétreas como *Millepora sp*, *Acropora palmata*, *Montastrea anularis* etc. Por otra parte, en el centro de X'cacel están ausentes tanto la subzona de arrecife posterior como la de rompiente, por lo que la energía de las olas llega con mayor fuerza hasta la playa y ocasionan la erosión de la misma (Fig. 81).



Figura: 81. El oleaje continuo se presenta en X'cacel y X'cacelito con la misma intensidad frente a la zona donde no se presentan formaciones arrecifales., STD 2003.

### **Arrecife frontal.**

Esta estructura está poco desarrollada en el área. En algunas zonas la pendiente es suave y se encuentra la presencia de un gran número de corales gorgonáceos, de talla pequeña. Por esta razón se puede considerar como zona de reclutamiento y es característico de la parte sur de X'cacel y la parte norte de X'cacelito. La subzona de cantil comprende desde el borde de la plataforma hasta los 60 m de profundidad (Fig. 81).





Figura: 81. El arrecife frontal presenta especies de Corales Gorgonáceos; Coral duro (*Montastrea annularis*); Coral de fuego (*Millepora complanata*). Ecored 1999.

## Corales.

El crecimiento coralino modifica tanto la topografía del sustrato como la estructura geológica, creando hábitats que son refugios y zonas de crianza a otros organismos. Tienen, además, una gran importancia económica como atractivo turístico. Los corales gorgonáceos o blandos tienen una gran importancia comercial y turística. También son usados unos para ornato y otros en joyerías (Gutiérrez Carbonell et al. 1995). Los corales de los arrecifes de la región del Caribe forman parte de la fauna más conspicua así como espectacular para los buceadores, debido a su colorido, forma y tamaño. Se registran 64 especies de corales, 42 pertenecen al grupo de escleractinios y 22 al grupo de los gorgonáceos (Tabla 25); estos datos están desglosados (Anexos 3). De las 64 especies de corales encontradas en X'cacel y X'cacelito, 3 tiene un estatus de protección especial. Ellos son: *Plexaura homomalla*, *Acrophora palmata* y *A. cervicornis*.

En cuanto al número de especies, comparando los datos obtenida con otros trabajos tales como de los arrecifes de la Reserva de Sian Ka'an (42 especies de corales Escleractinios y 33 especies de Gorgonáceos), y del corredor Cancún-Tulum (45 especies de corales Escleractinios y 41 especies de Gorgonáceos), se puede decir que la diversidad coralina en X'cacel-X'cacelito es importante (Fig. 82). Lo anterior se establece considerando que las dimensiones tanto del área del corredor Cancún-Tulum (que incluye al Santuario de la Tortuga Marina) y de la Reserva de Sian Ka'an, son superiores. La diversidad de especies en el Santuario puede ser explicada en gran medida a que actividades, como el buceo autónomo y la pesca, son de baja intensidad. Los efectos más dañinos son causados por huracanes.

<i>Escleractinios</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Gorgonáceos</i>	<i>Abundancia</i>
<i>Familias</i>	14	<i>Familias</i>	5
<i>Géneros</i>	23	<i>Géneros</i>	12
<i>Especies</i>	42	<i>Especies</i>	22

Tabla: 25. Corales registrados en los muestreos realizados en X'cacel-X'cacelito. Por la Universidad de Quintana Roo. 1998

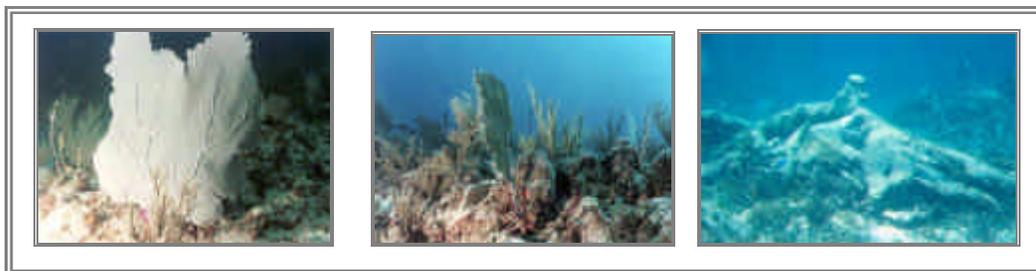


Figura: 82. El arrecife de X'cachel presenta una gran belleza para la practica del buceo libre donde podemos observar especies como; Corales Gorgonáceos el limite con Xel-Ha, Jardines de Coral blando, y especies bajo protección especial como Acropora Palmata. Ecored 1999, STD 2003.

**Bentos.**

El estudio de este importante grupo debe considerarse como un análisis preliminar de la composición del bentos en el Santuario de la Tortuga Marina de X'cachel -X'cachelito. Su importancia radica principalmente en que son organismos sensibles a cambios en el medio y pueden ser usados como bioindicadores. Se realizó una campaña de muestreo en julio de 1998 por la Universidad de Quintana Roo, El análisis taxonómico del bentos del Santuario, registró un total de 14 grupos. El más abundante, Poliquetos que constituyó el 46.3%, el segundo grupo los Sipunculidos, que representan el 14.5%, los Gasterópodos con 13.6%, los Branchyura e Isópodos representando el 9.4 y el 4.8% respectivamente del total del bentos de X'cachel y X'cachelito. Otros grupos presentes, pero de menor frecuencia son los Anomura, Ophiuroidea, Stomatopoda, y Anfípodos.

**Riqueza Específica del área.**

El análisis mostró que las poblaciones del bentos tienen alta riqueza ya que se recolectaron 14 grupos taxonómicos, siendo los más abundantes y los de mayor diversidad de especies en la zona arrecifal de X'cachel y X'cachelito: los Poliquetos, Sipunculida, Gasterópodos, Branchyura e Isópodos (Cuadro 6).

COMUNIDADES	XCACEL						XCACELITO						TOTAL			
	**AFI		CRESTA ARRECIFAL				**AFI		CRESTA ARRECIFAL							
			*AP	*Rom	*TB				*AP	*Rom	*TB					
	C	N	N	C	N	N	C	S	C	N	S	C		N	S	S
<b>BENTONICAS</b>																
•Vegetación																
Algas	11	13	22	17	22	14	15	14	11	28	24	40	17	21	17	64
Pastos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<b>•Corales</b>																
Escleractinios	9	12	11	8	8	10	10	9	4	1	3	9	8	6	11	25
Gorgonáceos	-	6	7	4	4	4	3	5	1	-	-	6	2	2	6	14
•Esponjas	3	8	2	2	-	5	5	7	-	1	-	-	3	2	4	17
•Macrofauna	2	1	10	2	4	4	-	-	7	2	5	7	7	6	1	19
<b>NECTONICAS</b>																
•Peces	11	16	19	7	10	16	14	15	13	5	7	11	12	12	19	55

\* AP = Arrecife Posterior, Rom = Rompiente Arrecifal, TB =Transición Barlovento.  
 \*\* AFI = Arrecife Frontal Interior. C = Centro, N = Norte, S = Sur.

Cuadro: 6. Numero de especies por grupo y sitio, en el área Marina de X'cachel-X'cachelito. A lo largo de la estructura arrecifal UQROO 1998. Ecored 1999.

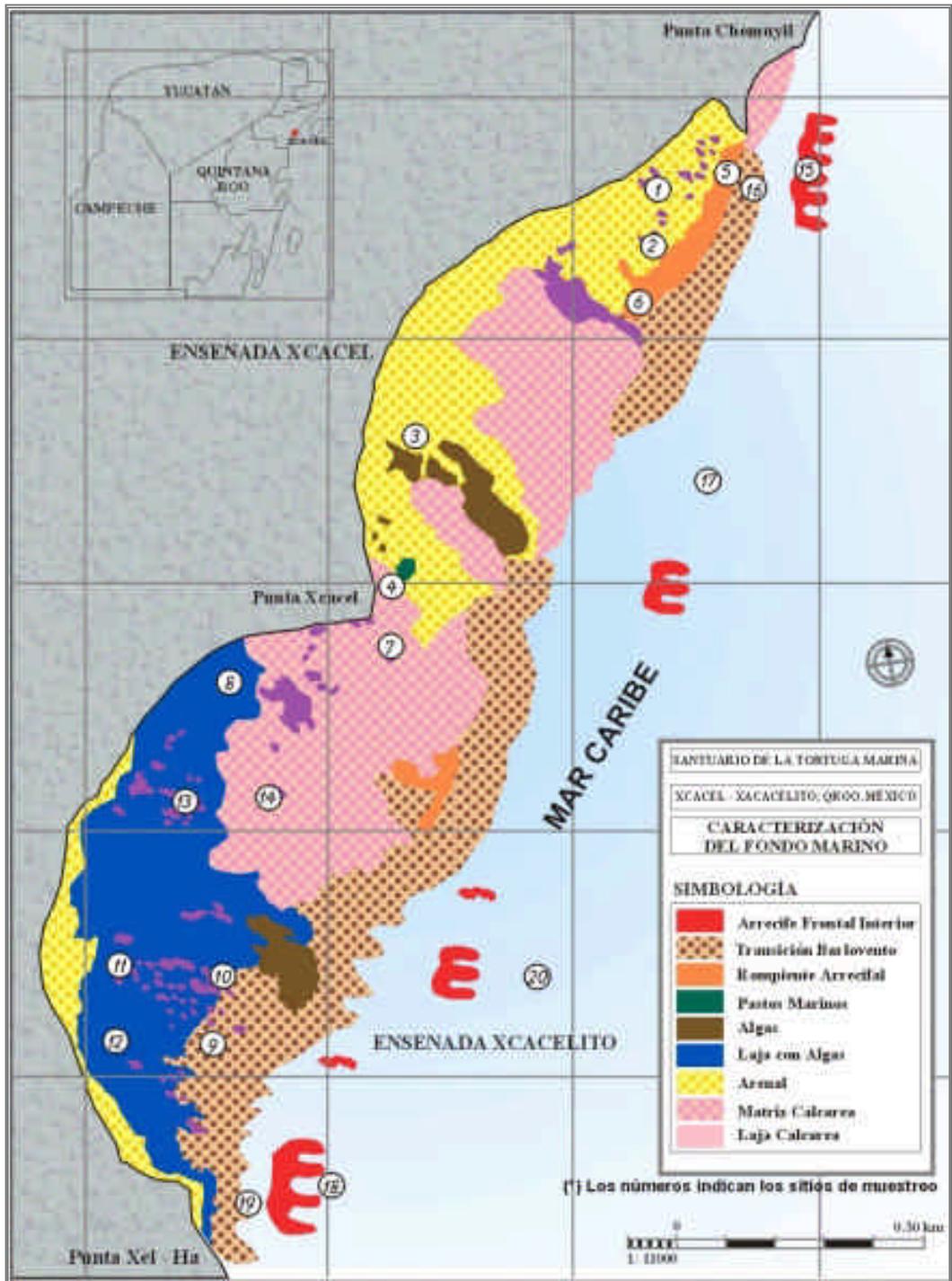


Figura: 83. Caracterización del Fondo marino presente en El Santuario de la Tortuga Marina X'cachel-X'cachelito, Universidad de Quintana Roo 1998.

## **Tortugas Marinas.**

En México anidan siete de las ocho especies de tortugas marinas del mundo. Por años estos reptiles han sido alimento de los pobladores de las comunidades ribereñas, durante la década de los 60's alcanza su máxima explotación. La explotación intensiva, la extracción de huevos en las playas de anidación, la pesca incidental y la pérdida del hábitat son los principales factores que han ocasionado la declinación de algunas poblaciones al grado de ser consideradas en peligro de extinción (NOM-059-Ecol, 1994).

En México se realizan labores de protección e investigación de tortugas marinas desde hace más de 30 años, siendo el estado de Quintana Roo pionero en este programa, iniciándose en el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Isla Mujeres (CRIP); Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) inició en 1982 los estudios de Biología y Conservación de las poblaciones de tortugas marinas que anidan en el Estado y desde entonces ha generado información que sirve para conocer los aspectos reproductivos de estos reptiles. El CIQRO mantuvo actividad en esta área hasta 1995, con la excepción de 1986. La primera fase de este esfuerzo consistió en hacer un reconocimiento de las playas donde arriban las tortugas. A partir de 1996, es el Parque X'caret quien dedica recursos y obtiene la concesión para actividades de cuidado, protección y conservación de la tortuga marina en diferentes playas incluyendo X'cacel-X'cacelito.

Año	Playa Del Carmen-Punta Allen			X'cacel		X'cacelito
	Marcadas	Reanidantes	Remigrantes	Marcadas	Reanidantes	Remigrantes
1987	295	102	30	37	9	9
1989	354	68	58	85	29	-
1990	230	74	64	71	32	-
1992	265	114	66	95	-	-

Tabla: 26. Comparación del número de tortugas caguama marcadas, reanidantes y remigrantes entre el corredor Playa del Carmen-Punta Allen y el área de X'cacel-X'cacelito.

Con base a los resultados obtenidos por el CIQRO, se establece que tres playas son de extrema importancia para la anidación de estos Quelonios: Aventuras DIF, X'cacel-X'cacelito y Ojo de Agua, la última se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, las 2 primeras se encuentran dentro del corredor turístico Cancún-Tulum, siendo estas playas de especial importancia por la constante presión que ejercen los desarrollos turísticos.

Año	Playa Del Carmen-Punta Allen			X'cacel		X'cacelito
	Marcadas	Reanidantes	Remigrantes	Marcadas	Reanidantes	Remigrantes
1987	98	17	6	21	6	3
1984	116	11	1	21	5	-
1990	168	52	19	81	41	-
1992	196	112	40	66	-	-

Tabla: 27. Comparación del número de tortugas blancas marcadas, reanidantes y remigrantes entre el corredor Playa del Carmen-Punta Allen y el área de X'cacel-X'cacelito.

Después de nueve años de investigación se observa que la playa de X'cacel es la más importante para la anidación de estos reptiles, tanto para las caguamas como para las blancas. En éste lugar se han realizado actividades de marcado de las hembras anidantes, sus posteriores recapturas en las playas de anidación y remigraciones observadas en años posteriores, observándose que existe una marcada fidelidad al sitio de anidación( Tablas 26, 27).

Así mismo los estudios científicos efectuados por décadas sobre las poblaciones de tortugas marinas y del ecosistema en su conjunto, fundamentan la conservación y el manejo de las especies caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*), sobre todo en aquellos sitios con mayor densidad de anidación a nivel nacional, como es el caso de las playas Xcacel-Xcacelito (Xcaret, 1997; PO, 21 de febrero de 1998) (Fig. 84, Cuadro 7).

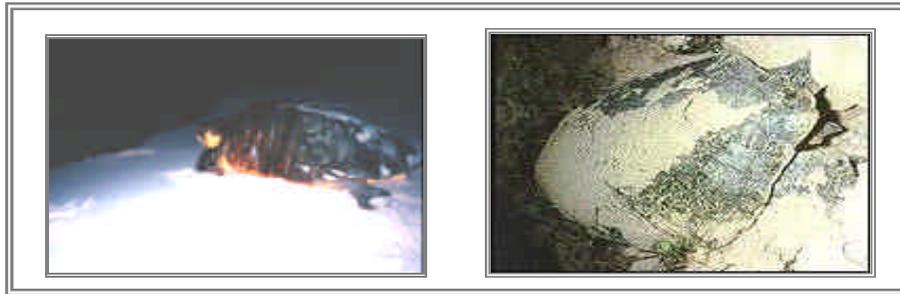
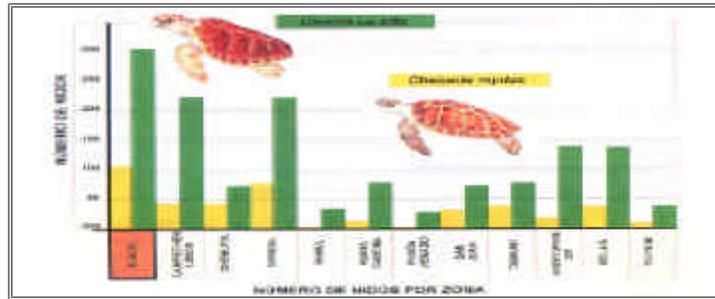


Figura: 84. Tortugas marinas que llegan a anidar en las playas de X'cacel; caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*). STD 2000.

Cabe destacar los estudios de dinámica de poblaciones mediante análisis genéticos (Encalada et al., 1998) realizados con tortugas Blancas *Chelonia mydas*, que establecen que estos animales constituyen poblaciones genéticamente aisladas e independientes de otras, lo que refuerza la hipótesis de que las tortugas que anidan en las playas de Quintana Roo constituyen poblaciones aisladas e independientes de otras poblaciones, por lo que se recomienda, tomar las medidas necesarias para proteger las playas más importantes para la anidación de estas tortugas y continuar con las labores de protección e investigación, necesarios para recuperar las poblaciones de estos quelonios. Cabe mencionar que las muestras que se tomaron para la investigación de Encalada et al. (1998) fueron tomadas de tortugas anidando en X'cacel.



Cuadro: 7. Numero de Tortuga anidantes en las playas de la costa de Quintana Roo, Xcaret, 1997; PO, 21 de febrero de 1998.

Es indispensable la continuidad a largo plazo del programa de conservación de las tortugas marinas en el estado de Quintana Roo. Dando énfasis a la protección de las hembras anidantes, huevos y crías, a la evaluación y preservación de los sitios de anidación, a las investigaciones científicas que permitan lograr el objetivo de protección de la especie y su hábitat, y campañas de educación ambiental eficientes. De otro modo, la tendencia de la reducción de poblaciones de tortugas marinas y sus hábitats, en el caribe mexicano puede conducir a la extinción de la especie.



Figura: 85. Corrales de anidacion presentes en X'cacel a cargo del parque Xcaret, STD 2003.

### Uso de los recursos del área.

El área de X'cacel-X'cacelito se ha caracterizado por tener un uso eminentemente turístico, aprovechando la vía de comunicación entre Cancún y Tulum, según Prezas H. (1996) y el Sr. Máximo Carbajal Yupit (entrevista personal) aquí existía un restaurante donde trabajaban 21 empleados y que recibían en promedio entre 100 y 200 turistas por día, la mayoría se quedaba a acampar en un espacio junto al restaurante por un promedio de entre 3 y 4 días (Fig. 86).





*Figura: 86. Construcción del antiguo restaurante que se utiliza actualmente como base del campamento tortuguero, STD 2003.*

Dada la importancia para la protección e investigación de las tortugas marinas que arriban a las playas de X'cacel-X'cacelito en el periodo de mayo a septiembre, también se ha utilizado el área acondicionado como campamento tortuguero para realizar actividades protección, investigación y de educación ambiental donde participan grupos de alumnos de los diferentes centros educativos y promovidos por organizaciones ambientalistas (Fig. 87).



*Figura: 87. Durante el mes de agosto del año 2000, un grupo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, acampo en el área con fines educativos, STD 2000.*

### ***Interés social del área natural protegida.***

Se llevaron a cabo entrevistas con autoridades, habitantes, cooperativa de pescadores en Tulum y personas que han trabajado en el área de las comunidades de Chemuyil, Akumal y Tulum, en promedio se realizaron 10 en cada una, las cuales se basaron en formato abierto. Las preguntas claves de estas entrevistas fueron:

- a. ¿Qué usos se le han dado al área de X'cacel-X'cacelito?,
- b. ¿Cuáles son sus impresiones de establecer un área natural protegida? Y
- c. ¿Qué espera de X'cacel-X'cacelito en un futuro inmediato?

En estas pláticas surgió una preocupación general, el hecho de contar con playas de uso público que les permita disfrutar de los recursos con que cuenta el estado, lugar

donde viven y tiene su fuente de trabajo, sin embargo, esto no quiere decir que no estén preocupados por la conservación de algunas especies de animales que se encuentren en peligro de extinción, sino que buscan es una armonía entre ser humano-naturaleza.

La educación ambiental sentará las bases para una mejor convivencia entre los humanos y la vida silvestre, este aspecto está claro entre los habitantes, pero lo que les preocupa es que a pesar de contar con playas muy preciadas a nivel internacional, a los habitantes del lugar se les impida el acceso a las mismas, al existir una tendencia actual de conecionar las playas para uso turístico y que prácticamente aísla a la comunidad residente a la parte de atrás de la playa (Fig. 88).



*Figura: 88. Grupo de la Facultad de Estudio Superiores Iztacala, UNAM. Del modulo de metodología IV y Diversidad animal I, en X' Cacel, STD 2000.*

Indudablemente, el Santuario X'Cacel-X'Cacelito tiene un valor y uso potencial importante no solo desde el punto de vista de la conservación de las especies de tortuga marina, motivo del decreto de creación, como ANP; sino por los ecosistemas que engloba y donde se pueden, y se debe, llevar a cabo investigaciones científicas, cursos de diferentes temas y niveles, y hacer un aprovechamiento sustentable del área. Todo esto enfocado hacia el logro del objetivo principal: conservación y protección del Santuario (Fig. 89).



*Figura: 89. Vista panorámica del Santuario de la Tortuga Marina X'cacel- X'cacelito, STD 2003.*

## MATRICES PARA IDENTIFICAR IMPACTOS AMBIENTALES.

En la **Matriz Tipo Leopold** (Tabla 28) se representan las relaciones entre las acciones generadoras de impacto, que este caso son tres principalmente, El Turismo, la urbanización y las actividades humanas; por otro lado están los elementos impactables, estos son los físicos, biológicos, socioeconómicos y estético-culturales.

Al interrelacionar dichas acciones con los elementos que afectan se les asignaron los tipos de impactos que se describen en el (cuadro 8).

<i>Tipos de impactos utilizados para elaborar la Matriz tipo Leopold</i>		
<i>Tipo de Impacto</i>	<i>Descripción</i>	<i>Símbolo</i>
Nulo	No existe impacto aunque las acciones generadoras de impacto y el componente del ambiente están presentes en un mismo espacio y tiempo	
Adverso	El impacto provocado a los componentes del ambiente es negativo afectando alguna o algunas de sus características	
No significativo	El impacto es apenas perceptible en el ambiente siendo puntual, momentáneo y observándose a corto plazo, con una intensidad reducida	<b>a</b>
Moderadamente Significativo	El impacto al ambiente se presenta a nivel local, siendo sus efectos a corto o mediano plazo y solo se manifiesta de manera temporal y con una intensidad moderada	<b>N</b>
Significativo	El impacto al ambiente trasciende a nivel local, observándose sus efectos en el terreno regional, manteniéndose el impacto por un tiempo mas largo que el anterior (a mediano o largo plazo). Además, el impacto se presenta de una manera compleja, afectando no solo a un componente del ambiente, sino a varios y con una intensidad importante	<b>A</b>
Benéfico	El impacto provocado por las acciones realizadas es positivo hacia los componentes del ambiente	
No Significativo	El impacto positivo al ambiente solo se presenta a nivel puntual, siendo sus efectos momentáneos, observándose en un periodo de tiempo definido (impacto temporal). La intensidad es reducida.	<b>b</b>
Modedaramente significativo	El impacto al ambiente se presenta a nivel local, siendo sus efectos a corto y mediano plazo y solo se manifiesta de manera temporal, con una intensidad moderada.	<b>P</b>
Significativo	La magnitud del impacto es mayor que la anterior condición, al ser los beneficios no solamente locales si no regionales y se observa el impacto en varios elementos del ambiente, con una intensidad importante	<b>B</b>
Desconocido	Se observa una relación entre una acción y un componente del ambiente, pero se desconoce el sentido del impacto (adverso o benéfico) así como su magnitud (significativa o no significativa).	<b>?</b>

Cuadro: 8. Descripción de los tipos de impacto que se consideraron en la construcción de la **Matriz Tipo Leopold**.

<b>Matriz Tipo Leopold Ad hoc Identificación de Impactos</b>													
<b>Simbología</b>		<b>Acciones Generadoras De Impactos</b>											
<b>Nulo</b> <b>Adverso</b> <b>(-)</b> <b>No Significativo</b> <b>(A)</b> <b>Moderadamente</b> <b>Significativo</b> <b>(N)</b> <b>Significativo</b> <b>(A)</b>	<b>Benéfico</b> <b>No Significativo</b> <b>(B)</b> <b>Moderadamente</b> <b>Significativo</b> <b>(P)</b> <b>Significativo</b> <b>(B)</b> <b>Desconocido</b> <b>(?)</b>	<b>Industria</b>			<b>Urbanización</b>				<b>Act. Humanas</b>				
		<b>Emissiones Atmosféricas</b>	<b>Residuos Sólidos</b>	<b>Residuos Orgánicos</b>	<b>Desmonte Y Despalme</b>	<b>Infraestructura</b>	<b>Servicios Públicos</b>	<b>Vialidades Y Caminos</b>	<b>Actividades Turísticas</b>	<b>Pesca</b>	<b>Caza</b>	<b>Extracción De Madera</b>	<b>Introducción De Cocotero</b>
<b>Clima</b>	Temperatura				<b>A</b>			<b>A</b>				<b>N</b>	
	Humedad											<b>N</b>	
<b>Geoformas</b>	Compactación				<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>					
	Relieve				<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>A</b>					
<b>Suelo</b>	Carcts fisicoquímicas		<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>					
	Susceptibilidad de Erosión				<b>A</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>A</b>	<b>N</b>				
	Uso actual								<b>B</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
	Uso potencial					<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>B</b>	<b>P</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
<b>Agua Superficial</b>	Calidad del agua		<b>A-</b>	<b>A-</b>			<b>A</b>		<b>A</b>				
	Uso del agua					<b>B</b>	<b>B</b>		<b>B</b>				
	Drenaje superficial		<b>N</b>	<b>N</b>		<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>				
<b>Agua Subterránea</b>	Calidad del agua			<b>A</b>		<b>A</b>	<b>N</b>	<b>A</b>	<b>N</b>				
	Uso del agua					<b>B</b>	<b>B</b>		<b>B</b>				
	Flujo					<b>N</b>	<b>A</b>	<b>A</b>					
	Recarga de acuífero												
	Nivel freático					<b>A</b>		<b>A</b>					
<b>Vegetación</b>	Características			<b>A</b>		<b>N</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>A</b>				<b>A</b>
	Especies de valor comercial					<b>A</b>			<b>A</b>			<b>N</b>	
	Especies en protección					<b>A</b>			<b>A</b>			<b>N</b>	<b>A</b>
<b>Fauna</b>	Características			<b>A</b>	<b>N</b>	<b>A</b>		<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
	Especies de valor comercial								<b>B</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>B</b>	
	Especies de interés cinegético										<b>P</b>		
	Especies en protección					<b>N</b>	<b>N</b>			<b>N</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	

Tabla: 28. Matriz de Leopold donde se representan las relaciones entre las acciones generadoras de impacto y los elementos impactables

<b>Ecosistemas Acuáticos</b>	Hábitat								A	N	N		
	Especies de valor comercial								B	P	B		
	Especies en protección					A			A-	A	A		
	Ecosistemas frágiles (arrecifes)					A-			A	A-			
<b>Población</b>	Asentamientos humanos		N	N	N	B	B	B	B	B	B	N	N
	Demografía de la población		A	A		N	N	N					
	Empleo y mano de obra					B	B	B	B				
	Salud ocupacional						P		P				
	Calidad y estilo de vida				?	B	B	P	B	?	?		
	Patrones culturales					N-	A	N	N				
<b>Servicios Públicos</b>	Agua potable					P	P	B	B	B			
	Drenaje					P	P		B				
	Energía eléctrica					B	B		B				
	Medios de comunicación					B	P		B				
	Medios de transporte					B	B	B	B				
	Asistencia médica					P	P	P					
	Educación					P	P	B	B				
	Vivienda				A	B	B	B	B				N
	Zonas de recreo		A	A	N	B	B	B	B				
<b>Actividades Económicas</b>	Comercio		A	A		P	B	B	B	P	P	P	?
	Industria	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	P	
	Servicios					B	B	B	B				
	Agricultura y ganadería				P	B	B		B				
	Pesca					B		P	B				
Forestal		A	A	N	B	B	P	B			P	A	
<b>Legislación Ambiental</b>	Santuario de la tortuga marina		N	A	N	-	B	N	P	-	-	-	-
	Ordenamiento ecológico				N	B	B	B	B				

Tabla: 28. Matriz de Leopold donde se representan las relaciones entre las acciones generadoras de impacto y los elementos impactables (Continuación).

Una vez terminada la matriz de Leopold, se realizó un conteo de los impactos Nulos, Benéficos (*positivos*), Adversos (*negativos*), y el total de impactos que se presentan en la matriz formulada para dicho estudios, como se muestra en la (Tabla 29).

<i>Impactos</i>	<i>Industrias</i>	<i>Urbanización</i>	<i>Actividades Humanas</i>	<i>Totales</i>
<i>Adverso</i>	2	3	6	9
<i>No Significativo</i>	19	19	6	46
<i>Moderadamente Significativo</i>	5	33	15	54
<i>Significativo</i>		15	18	32
<i>No Significativo</i>		3	10	16
<i>Moderadamente Significativo</i>		19	14	33
<i>Significativo</i>		38	23	60
<i>Desconocido</i>		1	4	5
<b><i>Impactos Presentes</i></b>				<b>255</b>
<b><i>Positivos</i></b>				<b>114</b>
<b><i>Nulos</i></b>				<b>393</b>
<b><i>Negativos</i></b>				<b>141</b>

Tabla: 29. Resumen de impactos obtenidos del conteo realizado a partir de la matriz de Lepold

Los datos obtenidos del resumen, nos indica la presencia primordialmente de impactos por causa de actividades humanas que se engloban en gran medida dentro del turismo presente en la zona. Aunado a esto se agregan los que realizan las comunidades cercanas por el uso del recurso natural un ejemplo de esto es la extracción de palma *Chit* para construcción de palapas, una especie incluida dentro de la NOM-059.

Otro impacto se presenta debido a la introducción del palmar de cocotero este fue introducido por los lugareños, el cual se propago rápidamente ocupando espacios de importancia para otras especies de tipo herbáceo característico de duna costera.

Cabe destacar que existen varios impactos que se han generado por condiciones propiamente de carácter natural como cuales, bueno, el paso de huracanes que han golpeado directamente a la zona el mas reciente y que causo la mayor cantidad de daño fue el huracán Mitch en octubre de 1998.

Existen impactos que se general por continuidad, ocasionados por la construcción de caminos y veredas, uno muy importante se observa en los extremos del acceso principal hacia la playa, en donde el flujo hidráulico que debería existir entre la zona inundable donde se concentra el manglar mosaico se ve interrumpido, esto ha provocado que las condiciones en ambos extremos sean diferentes.

La **Matriz de Mc Harg** (Tabla 30) se construyó tomando en cuenta, por un lado, las acciones generadoras de impacto, y por el otro, el grado de resistencia, que va desde obstrucción, donde se encuentran aquellas especies vegetales o animales incluidas en la NOM-059, es decir, aquellas en peligro de extinción, amenazadas o en riesgo; hasta el grado de muy débil, en el cual el impacto es muy poco significativo.





Vegetación Terrestre. Los resultados obtenidos de la caracterización ambiental, permitieron conocer su distribución y el grado de conservación, así como la riqueza de especies para cada tipo de vegetación, localizando aquellas que se encuentran catalogadas dentro de la norma Ecol-059-2001. Los impactos observados para este elemento son por actividades humanas (deforestación, despalme, utilización del recurso) y en menor grado por la urbanización (generación de desechos, construcción de infraestructura), que se localiza dentro del área de influencia para la zona. El grado de resistencia que presenta el elemento se considera Débil, su perturbación es Media de índole regional, de Característica Reversible y con una importancia Media. Cabe destacar que se consideran los estatus de protección que rigen a varias especies vegetales como son *Thrinax Radiata*, (palma chit) y las 4 especies de mangle existentes en el estado: botoncillo, negro, rojo y blanco. Y la importancia que tienen para la estabilidad del ecosistema presente en X'cachel.

Fauna. Los resultados del estudio permitieron conocer las características de la fauna que se asocia al predio, así como la identificación de las especies sujetas a régimen de protección. Las actividades que impactan directamente a este elemento son; la Urbanización (Vivienda, Vialidades), generación de desechos sólidos, deforestación, recreación, uso del recurso. Se determina que el grado de resistencia que presenta el elemento es de nivel Medio, con un estado de perturbación Bajo, de índole Regional, Reversible y con una importancia Mayor para lo cual se consideran primordialmente las especies de tortugas: tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y caguama (*Caretta caretta*), Aves migratorias que llegan a la zona para su reproducción y que se encuentran catalogadas bajo régimen de protección. Siendo las primeras de gran importancia debido al decreto por el cual se estableció el Santuario de la Tortuga Marina.

Suelo. Las características así como el tipo de suelo que se identificaron en este estudio, permitieron catalogar al elemento suelo principalmente tomando en consideración las formaciones de Karts que se presentan en la zona, esto provoca que el elemento sea muy susceptible a derrumbes y compactación provocado en primer lugar por el flujo hidrológico subterráneo, y en segundo lugar por la construcción de la autopista federal la cual a traviesa la zona de Karts longitudinalmente. Se considera que el grado de resistencia para este elemento es Débil, una perturbación Alta, Local, Irreversible por sus propias características exclusivas, De importancia Alta este elemento es vital para la Geohidrología de X'cachel.

En general englobando los datos que nos presenta la matriz de Mc Harg, existen elementos que presentan un grado de resistencia débil, una perturbación del propio elemento generalmente alto, con una magnitud del impacto local, con característica de reversible en la mayoría de los casos y con una importancia del impacto de media a menor. Es factible la utilización de recurso en el ámbito local y puntual.

La zona presenta en general una baja perturbación de sus elementos con un grado Medio de resistencia con características de revertir la mayoría de actividades generadoras de impactos.

### ***Redes de Sorensen.***

Es un método de análisis que considera las afectaciones producidas por algún proyecto y los efectos que estos puedan representar en el medio.

Este método amplía los alcances de las matrices al introducir una relación, Causa-Condición-Efecto, que permite identificar efectos acumulativos o indirectos. Considera la elaboración de una red o árbol de relevancias donde se expresan los mayores impactos adicionando efectos de tipo secundario, terciario o cuaternario.

Estimar.

La probabilidad de que el evento considerado en una rama ocurra, se asigna un valor de 0 a 1,

Donde:

0= El evento no es probable que ocurra., 1= El evento es cien por ciento probable que ocurra.

Se asigna una Magnitud que oscila entre, -10 a +10.

Donde:

-10= Un impacto negativo significativo, +10= Un impacto positivo significativo.

Se incorpora un criterio de importancia de 0 a 10

Donde:

0= La importancia del impacto es irrelevante o la acción que provoca el impacto no es significativa.

10= La importancia del impacto es alta o la acción que provoca el impacto es altamente significativa.

La construcción de las ramas que se tomaron en consideración para el presente Diagnostico Ambiental se desglosa a continuación (Cuadro 9). Se indica la clave de la rama así como los valores que fueron asignados a; probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia (Tabla 31).

Cuadro: 9. Descripción de ramas planteadas para el Método de Sorensen.

REDES DE SORENSEN							
PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO	CUATERNARIO				
TURISMO (I)	Empleo	1	Migración	A	Competitividad	A	
			Calidad de vida	B	Servicios	B	
	Inversiones	2	Construcción infraestructura	C	Calidad de servicios	C	
			Desarrollo	D	Daño al ecosistema	D	
	Generación de residuos sólidos y biológicos	3	Daño al hábitat	E	Perdida de valor estético	E	
			Acumulación en playas	F	Afectación a la fauna	F	
	Observancia de vocación natural	4	Educación ambiental	G	Valoración del recurso	G	
			Reglas y normas	H	Regulación de actividades	H	
			Programas de manejo	I	Implementación y vigilancia	I	
	URBANIZACIÓN (II)	Flora	5	Pérdida en cobertura	J	Perdida de especies	J
Erosión				K	Deterioro del paisaje	K	
Fauna		6	Desplazamiento de especies	L	Cambio en estructura poblacional	L	
					Plagas		
Vivienda		7	Servicios públicos	M	Mayor calidad de vida	M	
			Migración	N		Demografía	N
						Competencia laboral	
						Afectación de patrones culturales	
			Generación de basura	Ñ	Rellenos sanitarios	Ñ	
			Afectación a la salud				
ACTIVIDADES HUMANAS (III)	Recursos naturales	8	Explotación	O	Empleos	O	
					Generación de inversiones		
					Regulación		
			Sobreexplotación	P	Perdida del recurso		P
					Observancia de Inst. Jurídicas		
					Perdida de especies		
	Deforestación	9	Especies en riesgo	Q	Endémicas	Q	
					Construcción		R
						Compactación del suelo	
			Agricultura	S	Introducción de especies	S	
					Erosión genética		
					Variabilidad genética		
			Ganadería	T	Modificación del suelo	T	
					Competencia entre especies de flora		
					Introducción de forrajes		
			Recreación	10	Fortalecimiento de la familia	U	Salud emocional
	Convivencia						
	Educación	V			Integración de lazos culturales	V	
Bienestar cultural							
Generación de residuos	W	Deterioro al paisaje	W				

IMPACTO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA
<b><u>TURISMO</u></b>	1	7	9
Empleo	0.8	8	7
Migración	0.7	2	7
Competitividad	0.5	3	6
Calidad de vida	0.3	4	5
Servicios	0.5	3	6
Inversiones	0.7	8	8
Construcción de infraestructura	0.5	7	9
Calidad de servicios	0.5	5	7
Desarrollo	0.7	8	10
Daño al ecosistema	0.6	-6	6
Generación de residuos sólidos y biológicos	0.6	-4	6
Daño al hábitat	0.8	-6	5
Perdida de valor estético	0.7	-5	4
Acumulación en playas	0.6	-7	6
Afectación a fauna marina	0.8	-4	8
Observancia de vocación natural	1	10	10
Educación ambiental	0.8	5	9
Valoración del recurso	0.4	3	7
Reglas y normas	0.9	9	9
Regulación de actividades	0.7	8	6
Programas de manejo	1	10	10
Implementación y vigilancia	0.5	2	9
<b><u>URBANIZACIÓN</u></b>	1	-3	4
Flora	0.6	-3	7
Perdida en cobertura	0.8	-4	6
Perdida de especies	0.4	-6	5
Erosión	0.7	-3	8
Deterioro del paisaje	0.9	-5	5
Fauna	0.8	-3	6
Desplazamiento de especies	0.7	-5	8
Cambio en estructura poblacional	0.5	-6	7
Plagas	0.3	-1	3
Vivienda	1	5	7
Servicios públicos	0.4	4	8
Mayor calidad de vida	0.5	3	6
Migración	0.4	6	3
Demografía	0.3	6	2
Competencia laboral	0.6	7	4
Afectación de patrones culturales	0.8	-8	8
Generación de basura	0.7	-5	5
Rellenos sanitarios	0.4	2	3
Afectación a la salud	0.3	-2	2

Tabla: 31. Valores asignados a los elementos propios que componen una rama (proviene de Cuadro 9), probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia.

IMPACTO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA
<b>ACTIVIDADES HUMANAS</b>	1	-6	7
Recursos naturales	0.8	-2	8
Explotación	0.7	-4	5
Empleos	0.6	2	4
Generación de inversiones	1	4	6
Regulación	0.8	-6	4
Sobreexplotación	0.6	-4	4
Perdida del recurso	0.4	-8	7
Observancia de instancias jurídicas	0.6	-3	8
Perdida de especies	0.4	-6	7
Cambio en el ecosistema	0.5	-3	6
Variabilidad genética	0.3	-1	2
Deforestación	0.7	-9	8
Especies en riesgo	0.9	-8	9
Endémicas	1	-9	10
Construcción de infraestructura	1	3	6
Modificación del suelo	0.8	-6	7
Compactación del suelo	1	-10	10
Agricultura	0.3	-1	3
Introducción de especies	0.2	-2	4
Erosión genética	0.3	-1	2
Variabilidad genética	0.4	-1	3
Ganadería	0.6	-2	4
Modificación del suelo	0.6	-1	6
Introducción de forrajes	0.7	-4	7
Competencia entre especies de flora	0.4	-2	6
Recreación	1	10	10
Fortalecimiento de la familia	0.8	6	10
Salud emocional	0.3	8	10
Convivencia	1	6	8
Educación	0.7	5	10
Integración de lazos culturales	0.6	7	9
Bienestar social	0.8	6	8
Generación de residuos	1	-3	6
Deterioro del paisaje	0.8	-6	7

Tabla: 31. Valores asignados a los elementos propios que componen una rama (proviene de Cuadro 9), probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia.(Continuación).

CLAVE DE LA RAMA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	IMPACTO TOTAL DE LA RAMA	IMPACTO PESADO
I1Aa	0.28	151	42.28
I1Bb	0.12	157	18.84
I2Cc	0.175	225	39.375
I2Dd	0.294	171	50.274
I3Ee	0.336	-11	-3.696
I3Ff	0.288	-35	-10.08
I4Gg	0.32	229	73.28
I4Hh	0.63	292	183.96
I4Ii	0.5	281	140.5
II5Jj	0.192	-87	-16.704
II5Kk	0.378	-82	-30.996
II6Ll	0.28	-112	-31.36
II6Ll*	0.168	-73	-12.264
II7Mm	0.2	73	14.6
II7Nn	0.12	53	6.36
II7Nn*	0.24	69	16.56
II7Nn°	0.32	-23	-7.36
II7Ññ	0.28	4	1.12
II7Ññ*	0.21	-6	-1.26
III8Oo	0.336	-70	-23.52
III8Oo*	0.56	-54	-30.24
III8Oo°	0.448	-102	-45.696
III8Pp	0.192	-130	-24.96
III8Pp*	0.288	-98	-28.224
III8Pp°	0.192	-116	-22.272
III8Pp+	0.24	-92	-22.08
III8Ppª	0.144	-77	-11.088
III9Qq	0.63	-276	-173.88
III9Rr	0.56	-138	-77.28
III9Rr*	0.7	-340	-238
III9Ss	0.042	-125	-5.25
III9Ss*	0.063	-119	-7.497
III9Ss°	0.084	-120	-10.08
III9Tt	0.252	-128	-32.256
III9Tt*	0.294	-150	-44.1
III9Tt°	0.168	-134	-22.512
III10Uu	0.24	198	47.52
III10Uu*	0.8	166	132.8
III10Vv	0.42	171	71.82
III10Vv*	0.56	156	87.36
III10Ww	0.8	-2	-1.6
<b>IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO</b>			<b>-7.606</b>

Tabla: 32. Resumen de impacto pesado y neto por rama calculado por el método de Sorensen así como el Impacto ambiental esperado. (Los datos y clave por rama provienen de la tabla 31).

Los valores obtenidos permitieron determinar la probabilidad de ocurrencia por rama, el registro total del impacto por rama así como el impacto pesado de la rama. Al integrar los resultados obtenidos de todas las ramas (Tabla 32), se obtuvo el **Impacto Ambiental Esperado** con un valor de **-7.606**.

Que es lo que nos indica este valor, bueno, considerando principalmente que las actividades generadoras de impacto se engloban en actividades humanas propiamente de carácter Turístico, otras de índole cultural en donde se integran actividades de pesca artesanal de autoconsumo y actividades de recreación, extracción de insumos principalmente de palma para construcción, Las especies de peces y mariscos que son capturados en el área para el autoconsumo de las familias de la región destacan los pargos (*Lutjanus spp*), mojarra (*Gerres cinereus*), langosta (*Panulirus argus*), chac-chí (*Haemulon sciurus*) entre otros, para ello utilizan artes de pesca como caña de pescar, tarralla, ganchos, pistola y anzuelos. Si bien estas actividades son factores que permiten la presencia de impactos, estos no se consideran de gran magnitud ya que el área aun presenta un alto grado de resistencia en sus elementos.

Se puede considerar un mayor grado de afectación, el cual sería provocado principalmente por actividades turísticas, lo que conllevará una disminución en el grado de resistencia provocado por un incremento en la presencia de visitantes. Otro factor a considerar es el desarrollo Habitacional que se localiza a escasos 500 mts. Al incrementarse la presencia de asentamientos humanos en un área provoca una presión inmediata hacia esta.

## RESPUESTA.

La respuesta incluye todas aquellas acciones realizadas para la atención de la problemática. En la (Tabla 33) se desglosados los principales problemas ambientales que el área presenta, los instrumentos políticos que la regulan y las posibles medidas de mitigación.

<i>IMPACTO</i>	<i>INSTRUMENTO QUE REGULA</i>	<i>ACCIONES PROPUESTAS (MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN, CONTROL Y VIGILANCIA)</i>
TURISMO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley De Turismo Del Estado De Quintana Roo</li><li>• <a href="#">Ley Federal de Turismo</a></li><li>• <a href="#">Reglamento de la Ley Federal</a></li><li>• <a href="#">Reglamento Interior de la SECTUR</a></li><li>• Programa Nacional de Turismo 2001-2006</li><li>• <a href="#">NOM-01-TUR-2002</a></li><li>• <a href="#">NOM-05-TUR-1998</a></li><li>• <a href="#">NOM-06-TUR-2000</a></li><li>• <a href="#">NOM-07-TUR-2002</a></li><li>• <a href="#">NOM-08-TUR-2002</a></li><li>• <a href="#">NOM-09-TUR-1997</a></li><li>• <a href="#">NOM-10-TUR-2001</a></li><li>• <a href="#">NOM-011-TUR-2001</a></li><li>• Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 4o. párrafo cuarto, párrafo sexto del artículo 25</li><li>• Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006</li><li>• Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, artículo 20 Bis 1,2.</li><li>• Artículo 17 de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las Acciones Propuestas Para El Control Y Vigilancia Del Área Que Se Encuentra Dentro Del Programa De Ordenamiento Ecológico Denominado Corredor Turístico Cancún-Tulum, Se Encuentran Descrietas En Este Mismo.</li><li>• La Observancia De Los Lineamientos Propios Para la zona Se Encuentran Establecidos Dentro Del Programa De Manejo Del Santuario De La Tortuga Marina X'Caclé-X'Caclé</li></ul>
TALA Y DEFORESTACIÓN.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 27, 73, 115</li><li>• LEGEEPA, Título II, Art. 4º, 8º, Fracciones de la I a la XVI</li><li>• Ley forestal, capítulo III, Art. 7, fracciones de la I a la V, 11, 13, 19 Bis y Art. 32 Bis</li><li>• Ordenamiento ecológico del corredor Cancún- Tulum</li><li>• Ley de Conservación de Aguas y suelo</li><li>• NOM-061-ECOL/1994</li><li>• Programa De Manejo De La Zona Sujeta A Conservación Ecológica Santuario De La Tortuga Marina X'Caclé Y X'Caclé.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En forma general, para el buen funcionamiento del Programa de Manejo del Santuario, se recomienda que las concesiones y permisos de competencia de la federación, estado o municipio, sean otorgadas a la Dirección del organismo responsable del mismo. Con base en el Programa de Manejo,</li><li>• la Dirección del Santuario establecerá los mecanismos de colaboración con otros sectores interesados en el área.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sociedad de productores forestales ejidales de Quintana Roo, S.C.</li> <li>• Organización de ejidos forestales de la Zona Maya de Quintana Roo, S.C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las sanciones serán impuestas por la instancia correspondiente al tipo de falta, pudiendo concurrir en dicha aplicación, la Dirección del Santuario, la autoridad municipal, estatal o la federal..</li> </ul>
CONTAMINACIÓN POR DESECHOS SÓLIDOS Y DESCARGAS DOMESTICAS EN AGUA Y SUELO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución política de los estados unidos mexicanos, art. 27, 73, 115</li> <li>• LEGEEPA, título ii, art. 8º, fracciones de la i a la xvi</li> <li>• Ley de aguas nacionales</li> <li>• Código sanitario</li> <li>• Ley de conservación de agua y suelo</li> <li>• Reglamento municipal</li> <li>• Nom-001-ecol/1999</li> <li>• Nom-002-ecol/1999</li> <li>• Nom-031-ecol/1993</li> <li>• Ordenamiento ecológico del corredor cancún- Tulum.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro del programa de ordenamiento ecológico se contemplan las acciones dispuestas en este rubro, cabe mencionar que es parte del gobierno municipal de realizar las actividades de recolección de acuerdo a lo estipulado en su programa de manejo de residuos y generación de basura.</li> <li>• El programa de manejo del santuario contempla la colocación de recipientes donde se realice la deposición de basura generada por la actividad turística, incluyendo señalamientos.</li> <li>• Es importante que el financiamiento se active para iniciar con el funcionamiento del programa de manejo.</li> </ul>
GENERACIÓN DE BASURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución política de los estados unidos mexicanos, art. 27, 73, 115</li> <li>• LEGEEPA, título ii, art. 4º, 8º, fracciones de la i a la xvi</li> <li>• Código sanitario</li> <li>• Reglamento para la prestación del servicio público de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el municipio de solidaridad en el estado de quintana roo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se plantea en el programa de manejo realizado para el santuario de la tortuga marina</li> </ul>
ASENTAMIENTOS HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución política de los estados unidos mexicanos, art. 27, 73, 115</li> <li>• LEGEEPA, título ii, art. 4º, 8º, fracciones de la i a la xvi</li> <li>• Ley forestal, capítulo iii, art. 7; fracciones de la i a la v y art. 8</li> <li>• Ley general de asentamientos humanos, art. 6, 8, 9 y 12</li> <li>• Programa de ordenamiento ecológico corredor turístico Cancún-Tulum.</li> <li>• Nom-062-ecol/1994</li> <li>• Plan nacional de desarrollo 2001-06</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro de la zona no se contemplan el establecimiento de asentamientos las propias características estipuladas en el decreto excluyen esta actividad.</li> </ul>

Tabla: 33. La composición de las actividades generadoras de impacto es atendida por observancia en los instrumentos regulatorios como son programas de ordenamiento ecológico, leyes, normas y reglamentos que se encuentre en vigencia.

## INTEGRACION DEL MODELO PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA.

<u>PRESIÓN</u>	<u>ESTADO</u>	<u>RESPUESTA</u>
TURISMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al encontrarse dentro de la zona conocida como Riviera maya, se incrementan la posibilidad de impactos.</li> <li>Debido a que es una playa de uso público la entrada de turismo provoca la demanda de servicios, los cuales no existen en la reserva.</li> <li>Se ha incrementado paulatinamente el número de visitantes en la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una campaña por la cual se informe a los usuarios de la existencia del Programa de Manejo de la zona, lo cual permitirá dar el valor que esta área tiene y por la cual fue decretada como Santuario de la tortuga.</li> </ul>
GENERACIÓN DE BASURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se observa claramente un aumento debido al incremento en visitantes a la zona, se localizan todo tipo de residuos, como cartón, papel, plásticos etc...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regular de acuerdo al ordenamiento ecológico de la zona las actividades de limpia y recolección.</li> <li>Regulando la cantidad de insumos que se puedan introducir en el área, los cuales se describen en el programa de manejo.</li> </ul>
TALA DE ÁRBOLES	<ul style="list-style-type: none"> <li>El aprovechamiento por parte de la comunidad para uso doméstico se ha reducido en la zona.</li> <li>Aun se utiliza la palma chit en construcción de palpas por los lugareños.</li> <li>Se descarto el aprovechamiento del palmar de cocotero, quedando este en práctica desaparición para la zona, beneficiando a la comunidad de duna costera la cual competía directamente con el palmar de cocotero por ser una especie introducida por los lugareños.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al incluir especies de vegetación en la NOM-059-ECOL. Se regulara la utilización de especies amenazadas.</li> <li>Debe de existir un patrón de vigilancia si no continuo si esporádico en la zona.</li> <li>El cambio en la actividad económica de ser característico de patrones culturales, con el incremento en la afluencia de turistas, la actividad económica a sido modificada paulatinamente.</li> <li>Por parte de la regulación dentro del ordenamiento ecológico se encuentra definido las características de uso de suelo y aprovechamiento que la zona tiene estipulada</li> </ul>
AGRICULTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro del Área de Duna costera, se comenzaba ha utilizar como sembradío de Cocotero, lo cual provoco una fuerte competencia con la Vegetación Nativa, favoreciendo el establecimiento de vegetación secundaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A partir de que se considero como reserva, dicha actividad disminuyo de forma considerable.</li> <li>Al decretarse área natural protegida e incluirla en el programa de ordenamiento ecológico del corredor Cancún-Tulum, estas actividades</li> </ul>

		<i>prácticamente han desaparecido.</i>
CONSTRUCCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Se construyo un restaurante en la zona con los servicios básicos para el turismo ocasional</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fue suspendido el permiso de operación de dichas instalaciones, quedando estas para el servicio del campamento tortuguero como centro de operaciones, y vigilancia de la zona en la temporada de anidacion.</i></li> </ul>
ASENTAMIENTOS HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Uno de los problemas Los asentamientos humanos avanzan cada vez más hacia la zona del área natural protegida.</i></li> <li>• <i>Se encuentra en desarrollo un fraccionamiento a escasos 500 mts.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Existe un decreto de 1997 que considera a la zona como área natural protegían. Es Necesario vigilar que se cumpla correctamente.</i></li> <li>• <i>Considerar que la zona en temporalidad incrementará la captación de turistas y a su vez propiamente de los asentamientos humanos que se localicen en una área de influencia de 2 Km. A la redonda.</i></li> <li>• <i>Se debe de estimar por la autoridades, que la zona será afectada por esta situación, por lo cual tendrá que poner mayor énfasis en la activación del programa de manejo de la zona.</i></li> </ul>
CONTAMINACIÓN DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dentro de la zona la utilización de agua para el abastecimiento del poblado de Chemuyil proviene del Cenote del mismo nombre que se encuentra dentro de la zona de Xcel. Esto ha alterado los factores fisicoquímicos del mismo.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>El plan de manejo que propuso la Universidad de Quintana Roo, contempla el aprovechamiento del agua proveniente de la zona para consumo Humano.</i></li> </ul>

*Tabla. 34. Descripción del modelo PRESION-ESTADO-RESPUESTA, correspondiente al Diagnostico Ambiental de X´Cacel- X´Cacelito.*

La interpretación del resultado descrito por la construcción de las diferentes matrices, Leopold, Mc Harg, Redes de Sorensen y la integración del modelo Presión-Estado-Respuesta. Permitieron identificar las acciones que afectan e intervienen directamente al Área de X´CACEL- X´CACELITO.

El modelo del P-E-R. Evalúa considerando, estructurar el análisis de la sustentabilidad en tales categorías o subsistemas se busca identificar no sólo los posibles ámbitos de causa-efecto para un fenómeno ambiental dado, sino también los factores o aristas

esenciales que pueden orientar las líneas de acción a seguir en torno a dichos fenómenos.

Los indicadores así construidos tratan de reflejar y medir las interrelaciones entre el desarrollo socioeconómico y los fenómenos ecológico-ambientales y constituir un punto de referencia para la evaluación del bienestar y de la sustentabilidad. Así la importancia de integrar los resultados del diagnóstico ambiental con las diferentes metodologías para permitir generar ideas, actividades y acciones que se implementen para un desarrollo propio de la zona donde se integren los aspectos sociales como punto de partida en los intereses de un desarrollo continuo.

Por su parte, la sociedad civil ha fomentado, como alternativa para el desarrollo participativo, la construcción de enfoques y métodos para la participación social y evaluación en el ámbito comunitario y regional. Entre otros destacan la Evaluación rural participativa (ERP), el Diagnóstico rural rápido, la Evaluación participativa y la Investigación acción participativa, con lo cual la participación en la planeación ha sido ampliamente aceptada. Aunque muchos de los métodos de participación social para la planeación pueden ser útiles a varias escalas, es en el plano local donde más se han aplicado. Este nivel resulta importante porque es allí donde se aplican las políticas de uso del territorio; por lo tanto, es en la comunidad donde se deben articular las políticas públicas con las propuestas comunitarias para modificar y normar las formas de uso del suelo.

El Anexo 2 incluye las reglas de manejo que se describen para el santuario de la tortuga marina, realizado por la Universidad de Quintana Roo en el Año de 1998. Donde se presentan las acciones a seguir para un aprovechamiento y conservación del área natural protegida decretada en el diario oficial del estado el 28 de febrero de 1998.

## **DISCUSION.**

Indudablemente, el Santuario X'cacel-X'cacelito tiene un valor y uso potencial importante no solo desde el punto de vista de la conservación de las especies de tortuga marina, motivo del decreto de creación, como ANP; sino por los ecosistemas que engloba y donde se pueden, y se debe, llevar a cabo investigaciones científicas, cursos de diferentes temas y niveles, y hacer un aprovechamiento sustentable del área. Todo esto enfocado hacia el logro del objetivo principal: conservación y protección del Santuario

El área de X'cacel-X'cacelito se ha caracterizado por tener un uso eminentemente turístico, aprovechando la vía de comunicación entre Cancún y Tulum, según Prezas H. (1996).

Las actividades generadoras de impacto se engloban en actividades humanas propiamente de carácter Turístico, otras de índole cultural en donde se integran actividades de pesca artesanal de autoconsumo y actividades de recreación, extracción de insumos principalmente de palma para construcción.

Cabe destacar que existen varios impactos que se han generado por condiciones propiamente de carácter natural como, el paso de huracanes que han golpeado directamente a la zona el mas reciente y que causo la mayor cantidad de daño fue el huracán Mitch en octubre de 1998.

Los efectos negativos de actividades pueden ser muy severos para el mantenimiento de la diversidad. Por ejemplo la deforestación incide en forma determinante en la conservación de los arrecifes por un lado, y de la flora y fauna terrestres por otro. La deforestación propicia erosión, lo que aumenta el arrastre y depositacion de materiales y nutrientes en el arrecife, cambios que tiende a provocar su desaparición (e.g Meffe y Carroll, 1997).

Por otro lado la deforestación causa la destrucción y fragmentación de la vegetacion.De hecho uno de los factores más severos de la perdida de la diversidad biológica es la destrucción directa y fragmentación de los ecosistemas naturales (Cevallos, 1993; Wilcox y Murphy, 1985).

Los impactos y las consecuencias de la fragmentación varían como resultado del periodo de aislamiento, de la distancia entre los parches de vegetación remanente y el grado de conexión entre parches. Además el tamaño, la forma y la posición de los remanentes tiene relación con el efecto de la fragmentación; por ejemplo, entre mas extensos son los remanentes menores son las consecuencias negativas de la fragmentación (Robinsón et al., 1995; Saunders, et al., 1990; Wilcove et al., 1986).

A nivel de poblaciones y especies, la fragmentación puede tener impactos severos en la variabilidad genética y la dinámica poblacional, que a su vez puede influir en las posibilidades de sobrevivencia a largo plazo ya que incrementan las posibilidades de extinciones estocásticas y antropogénicas (Wilcox y Murphy, 1985).

Por ejemplo, en áreas fragmentadas las poblaciones de especies de plantas y animales pueden pasar de una dinámica de poblaciones continuas a una de meta poblaciones. En este sentido, su probabilidad de sobrevivir a largo plazo depende del

balance entré la extinción y recolonización de parches, en donde los parches mas extensos sirven de donadores y los mas pequeños de receptores (McCullogh, 1996).

En resumen, la evaluación de las condiciones del predio permiten concluir que el predio presenta problemas de conservación, sé debe contemplar claramente el mantenimiento de los factores físicos y biológicos básicos por un lado, y la eliminación de las actividades antropicas que están incidiendo negativamente en el predio.

### **Relevancia Ecológica.**

En X'cacel-X'cacelito, se integran las siguientes comunidades de vegetación: duna costera, matorral costero, vegetación secundaria, selva baja subcaducifolia, algunos reductos de la antigua plantación de coco y manglar. Esta parte contiene algunas especies bajo estatus como el Chit (*Thrinax radiata*) y las 4 especies de mangle existentes en el estado: botoncillo, negro, rojo y blanco. Tanto la selva como el manglar están conectados a la vegetación. A pesar de lo pequeño del área, existe una diversidad relativamente alta, 137 especies potenciales con respecto al total del área.

Con respecto a la fauna, se localizan un total de 98 especies divididas en: 45 de aves, 18 de mamíferos, 11 de anfibios y 24 de reptiles. De las especies con status destacan las tortugas blanca (*Chelonia mydas*) y caguama (*Caretta caretta*), que son la razón del establecimiento del santuario. También se encuentran el zorrillo (*Conepatus semistriatus*), la serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*), y la aguililla negra (*Buteogallus anthracinus*).

De artrópodos y no artrópodos se desprende una lista de 30 órdenes y 64 familias. Especial atención se pone a aquellos que tienen el potencial de atacar los huevos de los nidos de las tortugas. Entre ellos están las hormigas del género *Dorylus* y *Labidus* y la mosca del género *Trox*.

Además de las tortugas como especie más importante y razón de la creación del santuario, también el área es importante para entender los procesos ecológicos de la dinámica de playas. El proceso de erosión y recuperación de la playa de X'cacel es muy impresionante, prácticamente desaparecen unos 30 m de playa en menos de un mes, y en un tiempo semejante se puede observar una recuperación del 30 %.

El ecosistema marino, se caracteriza por tener 42 especies de macroalgas, 26 pertenecen a la División *Chlorophyta* (algas pardas), 8 a las algas cafés y 7 a las algas rojas.

El registro de peces mostró un total de 102 especies arrecifales, pertenecientes a 53 géneros y 33 familias; siempre predominaron los juveniles. Los resultados de corales indican 64 especies de los cuales 42 pertenecen al grupo de escleractinios y 22 al grupo de gorgonáceos. Solamente se detectaron 3 especies de corales bajo algún estatus, en este caso de protección especial: *Plexaura homomalla*, *Acrophora palmata* y *A. cervicornis*.

Los registros para bentos indican especies correspondientes a un total de 14 grupos. El más abundante fue el de los *Poliquetos*, el 46.3% del total, seguido por los *Sipunculidos*

con el 14.5 %. Los otros grupos fueron los Gasterópodos con 13.6%, *Branchyura* e Isópodos con el 9.4 y 4.8 % respectivamente.

El zooplancton, los integran 10 grupos. El más abundante es el de los *Copepodos* con el 45.4 % del total, seguido por las *Zoeas* con el 18.1%.

Un aspecto importante de mencionar es que las ensenadas del Santuario presentan varios sitios de afloramiento de agua dulce, la mayor concentración de ellos se encuentra en el punto que marca la división de las ensenadas. Estos afloramientos permiten la formación de hábitats marinos donde se encuentran especies adaptadas a condiciones oligohalinas.

### ***Relevancia Científica.***

Las características del Santuario, hacen del lugar un sitio altamente atractivo para investigación científica. Desde el punto de vista de la biología de las tortugas, se tiene bastante información sobre el número de tortugas anidantes, reanidantes, marcación, morfometría, número de huevos por anidación, porcentaje de nacimiento, porcentaje de avivamiento, y período de incubación.

Sin embargo, falta investigación en mayor detalle sobre la biología y ecología de las poblaciones que anidan en el Santuario. Como ejemplo de los trabajos que hacen falta está el que reporta Encalada et al. (1998) que hizo una caracterización genética de varias poblaciones de tortuga caguama, concluyendo que las que anidan en X'Cacel pertenecen a una población genéticamente diferente a las demás que se muestrearon en otras partes del mundo. Por otro lado, Bolten et al., (1998) reportan que juveniles de tortugas caguama provenientes de la misma población de X'Cacel, se han encontrado en las corrientes del Atlántico norte.

### ***Relevancia Educativa y Recreacional***

X'Cacel-X'Cacelito tiene la particularidad de contar con la presencia de 2 especies de tortuga marina que anidan entre mayo y octubre de cada año. Además de ser considerada como especie en peligro de extinción, es muy atractiva para personas de diferentes edades. desde el avistamiento en el mar, el arribo a la playa, la selección del sitio para anidar, la construcción del nido, el desove, el entierro de los huevos y el regreso al mar, se puede observar la eclosión y el avivamiento de las crías, su marcado y su liberación al mar. Todos estos procesos pueden ser aprovechados tanto desde el punto de vista recreacional como educativo. Considerando aspectos de procedimiento para no entorpecer la actividad natural de los quelonios. En si el santuario ofrece, la oportunidad de disfrutar no solo de la playa en sí, sino de los procesos de dinámica que explica la erosión y formación de playa. Donde se forman espectaculares bermas y acumulación de arena de un punto a otro.

El mar tranquilo, azul turquesa transparente, los corales y arrecifes, peces de diferentes formas, colores y tamaños, son otro atractivo. En algunos puntos del área se observan afloramientos de agua dulce, los superficiales se aprecian a simple vista desde la playa pero los que se encuentran buceando son muy atractivos al observar como una columna de aceite surgiendo del fondo y mezclándose con el agua de mar.

Existen especies terrestres consideradas como exóticas en otras latitudes, los garrobos o lagartijas de costa (*Ctenosaura similis*) son un buen ejemplo que atraen a los visitantes. La vegetación de selva se encuentra bien conservada y se pueden hacer senderos interpretativos de flora y fauna de la región. A pesar de que X'cacel- X'cacelito es un área muy pequeña, su protección integral será determinante para que continúe siendo lo que es. En los últimos años varios investigadores han discutido la importancia de proteger pequeñas áreas fragmentadas de sistemas costeros. Señalan que el alto grado de heterogeneidad ambiental de estos sitios permite mantener una diversidad equiparable a la que se tendría en áreas mayores. Asimismo, para preservar condiciones tales como la calidad del medio marino y la supervivencia de la flora y fauna terrestres, también es vital crear corredores biológicos que contemplen áreas de vegetación en terrenos colindantes exentos de cualquier tipo de perturbación. (Gallardo y Rincón., 1999).

### **Acciones y Actividades a Realizar.**

Marcar los sitios propuestos en las zonificaciones del ambiente marino, terrestre. Señalando el estatus ecológico al que pertenece la zona. Llevar a cabo acciones de patrullaje y vigilancia de la zona, sobre todo en lugares prioritarios y ambientes críticos.

Continuar con los programas de protección y conservación de las tortugas marinas. Efectuar estudios, en coordinación con otras instituciones, de tipo ecológico, biológico, genético, sociológico, con énfasis sobre las especies conspicuas y bajo algún estatus.

Es importante que el camino costero sea acondicionado, quitar el alambrado que divide los predios dentro del área protegida, esto permitirá el libre acceso de la fauna.

Establecer un programa de control y erradicación de especies vegetales que afectan el funcionamiento natural de los ecosistemas, especialmente los que no contribuyen en la formación y retención del sustrato de las dunas. Diseñar programas de restauración en áreas que hallan sido afectadas por causas naturales o antropogénicas; Establecer programas de manejo de desechos sólidos y líquidos.

Hacer el monitoreo de indicadores tales como compactación del suelo, flujo de corrientes subterráneas, intrusión salina, concentración de nutrientes especialmente fosfatos y nitratos, poblaciones de microorganismos como amibas, coliformes, etc., cadenas tróficas, fluctuación de poblaciones de especies indicadoras, demanda social de visita al Santuario y otras que se establezcan con base en los resultados de investigaciones futuras

Proponer al Gobierno del Estado la ampliación del área del santuario, en su parte sur, que incorpore los manglares, la vegetación que contiene a la palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), hasta el límite con la carretera federal. Mantener reuniones con los propietarios de los predios colindantes con el fin de establecer convenios de manejo.

Con los representantes adecuados de los inversionistas propietarios, del gobierno federal, estatal y municipal deben establecerse convenios que le otorguen a la administración del Santuario los permisos y concesiones para que se logren los objetivos de conservación y protección. GEMA. 1990.

Realizar una evaluación de las diferentes zonas del Santuario y determinar el grado de deterioro de los mismos. Las zonas que requieren atención prioritaria en X'cachel son: La zona utilizada actualmente como estacionamiento y campismo, el área de playa frente a lo que fue el restaurante, que incluye la duna y su vegetación, ubicada entre el antiguo restaurante y el cenote X'cachel.

Otra de las áreas que requieren restauración y mantenimiento son los caminos de acceso al santuario como el que se ubica por la línea costera.

## **CONCLUSIONES.**

El área de estudio esta fuertemente influenciada por la formación y evolución del Karts. Esto favorece la formación de cuerpos de agua como son Cenotes, Dolinas, Agudas, Uvalas, Ojos de Agua, Cavernas. Lo cual indica la fragilidad en su geología.

Los datos fisicoquímicos registran que los valores de conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, disminuyen a medida que se alejan del mar.

Los valores en el indicador para coliformes totales son mas altos en los Cenotes más grandes, no se detectaron coliformes fecales.

Con base en la concentración de salinidad, todos los Cenotes estudiados son considerados como oligohalinos principalmente por la intrusión salina del agua marina, por lo cual no se considera de uso potable.

La dinámica del movimiento de agua subterránea es muy importante en el santuario. También refuerza la idea de la conectividad entre los Cenotes del área.

Se identificaron los siguientes tipos de suelo. Clasificados de acuerdo con la terminología maya como Huntunich, Tsek'el y Ak'alche'. Por la terminología de la FAO/UNESCO serían respectivamente, Regosoles cálcicos, Litosoles/Rendzinas y Gleysoles, (SARH, 1980; (Wright, 1967; INEGI, 1984d).

El predio presenta en su parte costera dos bahías llamadas Xcachel y Xcachelito, cada una conformada por playas arenosas con una longitud de 1.8 Km. y 1.9 Km., respectivamente. En general las playas de estas bahías varían entre 5 a 40 m de amplitud.

En las ensenadas de X'Cacel y X'Cacelito se detecta la acumulación de residuos sólidos. Los más abundantes son la orgánica, en forma de algas, pasto marino, y chapopote. En general la playa es mas limpia en X'Cacel que en X'Cacelito donde se pueden encontrar hasta 81 diferentes tipos de residuos sólidos. Los datos oscilan entre 1 y 5 kilos por m2.

El ambiente marino de Xcachel-Xcachelito ha sido descrito como una laguna arrecifal circunscrita hacia mar adentro por una barrera coralina, la cual forma parte del segundo sistema arrecifal más largo del mundo.

Para las bahías de Xcachel y Xcachelito en algunos sitios de la laguna arrecifal de Xcachel, el afloramiento de agua dulce producto de estas corrientes subterráneas es evidente (Prezas 1996).

En el predio se desarrollan cuatro de los doce tipos de tipos de vegetación que se registran para la reserva de Sian ka'an (Olmsted, 1983), con superficies variables que presentan un buen grado de conservación. Estas comunidades vegetales corresponden a las selvas bajas, a los manglares, a la vegetación de dunas, y a la vegetación secundaria.

Hasta el momento se tiene una lista florística con 213 especies de plantas, esencialmente de angiospermas y helechos (UQROO 1998).

Los resultados obtenidos del índice de diversidad observado para todo el Santuario respecto al ecosistema matorral costero fue de 2.273; con una riqueza de 31 y una equidad de 0.459; la duna costera presentó, un índice de diversidad de 2.330, con una riqueza de 28 y equidad de 0.485; la selva baja presentó, un índice de diversidad de 3.240, con una riqueza de 33 y una equidad de 0.642 (UQROO 1998).

La región del corredor turístico Cancún-Tulum, presenta una fauna terrestre de afinidades netamente tropicales compuesta por aproximadamente 446 especies, las cuales la mayoría son aves seguidas de mamíferos, reptiles y anfibios.

La biodiversidad del área de estudio es relativamente alta, en especial por que estos predios están conectados con una extensión considerable de selva baja.

Se registran un total de 102 especies de peces arrecifales pertenecientes a 53 géneros y 33 familias, principalmente de las familias Pomacentridae, Labridae y Acanthuridae, por lo que es importante el área como una zona de crianza, protección y alimentación de peces (UQROO 1998).

Del los arrecifes se registran 64 especies de corales, 42 pertenecen al grupo de escleractinios y 22 al grupo de los gorgonáceos. De las 64 especies de corales encontradas en X'cacel y X'cacelito, 3 tiene un estatus de protección especial. Ellos son: Plexaura homomalla, Acrophora palmata y A. cervicornis (UQROO 1998).

Con base a los resultados obtenidos por el CIQRO, se establece que tres playas son de extrema importancia para la anidación de estos Quelonios: Aventuras DIF, X'cacel-X'cacelito y Ojo de Agua,

La zonificación fue hecha, basándonos en criterios biológicos y, en algunos casos, socioeconómicos. Recabando la información necesaria apoyándose en instancias educativas como la Universidad de Quintana Roo, el Colegio de la Frontera Sur. Y en el programa de manejo propuesto para el santuario

El ***Impacto Ambiental Esperado*** para la zona fue de con un valor de **-7.606**. Considerando principalmente que las actividades generadoras de impacto se engloban en actividades humanas propiamente de carácter Turístico, otras de índole cultural

Los indicadores ambientales planteados en el modelo de Presión-Estado-Respuesta, para la elaboración del diagnostico ambiental indican un avance en planeación, implementación de programas e instrumentos que poco a poco mejoran la situación de dichos indicadores dentro del ámbito; Económico, Social, Estético Cultural y Ambiental.

Los sitios descritos deben tener un manejo apropiado para mantener los procesos ecológicos en el Santuario. Para lograrlo y para aprovecharlos desde el punto de vista educativo, se pueden llevar a cabo cursos, talleres, seminarios, conferencias, días de campo, demostraciones de campo, etc. a diferentes niveles, desde niños hasta cursos especializados de postgrado.

Algunos ejemplos de cursos son: manejo de fauna silvestre, manejo de áreas naturales protegidas, planeación ambiental, manejo de recursos costeros, educación ambiental, turismo sostenible, biología y ecología de la tortuga marina y de otras especies presentes en el santuario, manejo de residuos, monitoreo ambiental, bioindicadores, geología y dinámica de playas, etc. Esto incluye investigación, concertación, educación ambiental, un organigrama ágil y flexible, un sistema de operación ágil y flexible

Respecto al financiamiento, vinculación estrecha con una institución de educación superior e investigación, vinculación con otras ANP dentro y fuera del país, formación de recursos humanos, capacitación del personal, señalización, jornadas de concientización ambiental con los diferentes sectores de la sociedad.

Debe de existir en el área un sistema de monitoreo y vigilancia adecuado y científicamente confiable, un respaldo jurídico que otorgue seguridad y confianza tanto a la administración del Santuario como a los visitantes, población aledaña, inversionistas, ONG's, y otros puntos desglosados en el programa de Manejo.

La normatividad aplicada a cada zona fue revisada ampliamente para cotejar concordancia con la legislación vigente y se abre la posibilidad de actualización del Programa de Manejo con base en los resultados de las investigaciones científicas que se desarrollen en el área o en los campos de conocimientos aplicables al área.

La conclusión que se deriva de los estudios hechos en el Santuario es que los ecosistemas se encuentran, en general, en muy buen estado desde el punto de vista ecológico. Las actividades humanas no han impactado significativamente los procesos ecológicos.

Se puede considerar un mayor grado de afectación, el cual sería provocado principalmente por actividades turísticas, lo que conllevará una disminución en el grado de resistencia provocado por un incremento en la presencia de visitantes

Es importante insistir en la necesidad de que las autoridades ambientales exijan y promuevan el cumplimiento de las restricciones ecológicas ya establecidas en el ordenamiento para el corredor Cancún-Tulum. De igual manera, incluir estudios detallados que establezcan los límites y evalúen las consecuencias del aprovechamiento de los recursos. Porque para hacer el análisis del deterioro ambiental, no basta con evaluarlos en cada sitio en particular, sino hacerlo con una visión regional, que contemple todos los "desarrollos" turísticos y urbanos del corredor. De lo contrario, irremediablemente se perderán muchos de los atractivos naturales que distinguen y dan carácter al Caribe mexicano.

## **LITERATURA CITADA.**

- Alongi, D.M. 1998. *Coastal ecosystem processes*. CRC Press, Boca Ratón, 419 pp.
- Anderson, G.R.V., A.H. Ehrlich, P.R. Ehrlich, J.D. Roughgarden, B.C. Russell, and F.H. Talbot. 1981. The community structure of coral reef fishes. *American Naturalist*, 117:476-495.
- Arita, H.T, Ceballos, 1988, Los Mamíferos de México, Distribución y estado de conservación, Revista Mexicana de Mastozoología , 2:33-71.
- Avila Reveles, J. C., L.N. Canto Moo, J.C. Canché Uuh, M. del R. Chávez Martínez, G.A Ferrer González, F. Escamirosa Montalvo, J.M. Kú Pech y D. Vázquez Velázquez. 1995. Productividad primaria y respiración en el cenote Noc-Ac. *Boletín Académico* N°27. Enero-Abril. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México, 25-40 pp.
- Bakkes J. A., van den Born G., Helder J., Swart R., Hope C., Parker J.; 1994; An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives, Environment Assesment Technical Reports, RIVM in co-operation with The University of Cambridgeand, UNEP-RIVM.
- Balazs, G.H. 1985. Impacts of ocean debris on marine turtles: entanglement and ingestion. In: R.S. Shomura and Y.O. Yoshida (Eds.). *Proceedings of the workshop on the fate and impact of marine debris*, 27-29 november, 1984, Honolulu, Hawaii. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Tech. Memo. NMFS-SWFC-54:387-429.
- Bolten, A. B., K.A. Bjorndal, H.R. Martins, T. Dellinger, M.J. Biscoito, S.E. Encalada, and B. Bowen. 1998. Transatlantic developmental migrations of loggerhead sea turtles demonstrated by mtDNA sequence analysis. *Ecological Applications*, 8:1-7.
- Cabrera C. M., M Souza y O. Tellez, 1982, Imágenes de la flora Quintanarroense, Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Cancun, Q. Roo.
- CNA, 1991, Sintesis de las condiciones Geohidrológicas del área Cancún-Tulum, en el Estado de Quintana Roo, Gerencia de agua subterráneas, s subgerencia de exploración Geohidrológica, Jefatura de proyecto de Evaluación.
- Caldwell, D.K. 1968. Baby loggerhead turtles associated with sargassum weed. *Quarterly Journal of Florida Academy of Science*, 3: 271-272.
- Capurro, L. 1985. El hábitat marino. En: *Atlas de los arrecifes coralinos del noroeste de México*. Centro de Investigaciones Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional, Mérida Yucatán.
- Careaga Viliesid, L. 1984. *Lecturas básicas para la historia de Quintana Roo*. Consejo Editorial del Instituto Quintanarroense de la Cultura, Chetumal, Q. Roo, México, Tomo I, 112 p. y Tomo II, 146 pp.

- Carr, A. and A.B. Meylan. 1980. Evidence of passive migration of green turtle hatchlings in sargassum. *Copeia*, (2):366-368.
- Castro del R. 1976. *Inscripción de las arenas carbonatadas y de su ámbito submarino del noreste de la Península de Yucatán*, México. Tesis profesional, Instituto Politécnico Nal., 74 pp.
- Ceballos, G. 1993, La extinción de las especies, Revista Ciencias, No Especial 7: 5-10.
- CIQRO. 1981. *Posibilidades económicas de rocas y arcillas en el suelo de Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Gutiérrez Carbonell, D., M. L. Peréz Soto., C. Padilla Souza, J. Pizaña Alonzo, G. García Beltrán, R. M. Loreto Viruel y T. Camarena Luhrs. 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el corredor Cancún-Tulum, Quintana Roo, México. *Sian Ka'an Serie Documentos No.4*, diciembre, pp: 3-39. Quintana Roo, Puerto Morelos Quintana Roo, México, 48 p.
- Chanamet, P. H. Ralambondrainy, M. Amanieu, G. Faure and R. Galzin. 1997. Relationships between coral reef substrata and fish. *Coral Reefs*, 16:93-102.
- Critchley, K. 1987. Tar covered turtles recovered on Grand Cayman. *Marine Turtle Newsletter*, 40:11-12.
- *Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas.*
- Corporación Ambiental de México, S.A de C.V. (CAM), 1998 Investigación Geohidrológica de la Caleta de Chemuyil, Solidaridad, Quintana Roo, Reporte Interno.
- Encalada, S.E., K.A. Bjorndal, A.B. Bolten, J.C. Zurita, B. S. Schroeder, E. Possardt, C.J. Sears, and B.W. Bowen. 1998. Population structure of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nesting colonies in the Atlantic and Mediterranean as inferred from mitochondrial DNA control region sequences. *Marine Biology*, 130:567-575.
- *Enciclopedia Yucatanense*. 1977. Edición oficial del Gobierno del estado de Yucatán. México.
- Eco-Red., 1998, Evaluación de la fauna de vertebrados terrestres de los predios del área de X cacel- X cacelito; Quintana Roo, Méx..
- Flores Villela, O. 1993, Herpetofauna mexicana, lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, Cambios taxonómicos recientes y nuevas especies, Carnegie Museum of Natural History, Pittsburg, 73 pp.
- Flores Villela, O y P. Gerez. 1994, Biodiversidad y Conservación en México: Vertebrados, vegetación y Uso de suelo, U.N.A.M- CONABIO, Mexico. D.F. 439 PP.

- Friends A., Raport D.; 1979; Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: A Stress-Response Approach, Statistics Canada, Ottawa, Canada.
- Gallardo C., Rincón A., X'cacel-X'cacelito, paraíso vegetal que debemos proteger., La Jornada Ecológica, lunes 27 de septiembre de 1999
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, 246 pp.
- GEMA. 1990. Propuesta para la incorporación de Xcacel al sistema de áreas protegidas de la SEDUE (bajo un concepto de manejo sostenible de los recursos). *Grupo Ecológico del Mayab*, Cancún, Quintana Roo, Mayo, 8 p.
- GEMA. 1994. Propuesta para incorporar playa Xcacel al sistema de áreas protegidas como reserva ecológica. *Grupo Ecologista del Mayab*, Cancún, Quintana Roo, 50 pp.
- Genova, V. S., Gordillo de Anda T. Y Villasuso Pino M., Cenotes, Karts Característico: Mecanismos de Formación, U.N.A.M, Inst. de Geología, Rev., vol 4 ,num 1,(1980), pp.32-36.
- Grande López. 1979. Métodos para Análisis Físicos y Químicos en Suelos.
- Gutierrez, D., C. García Sáez, M. Lara, C. Padilla, J. Pizaña, R. Macias, J. E. Bezaury y A. C. Cintra. 1993. *Arrecifes coralinos de Sian Ka'an, caracterización y propuesta para el manejo*. Informe final. Biocenosis A.C./Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. - Universidad Nacional Autónoma de México/ Amigos de Sian Ka'an A. C., 120 pp.
- Hodgson, J. 1987. *Muestreo y descripción de suelos*. Editorial Reverté, México. D.F.
- Humman, P. 1992, Reef Creature Identification New World Pubs Inc. Jacksonville, Fla. 320 pp
- Humman, P. 1993, Reef Coral Identification New World Pubs Inc. Jacksonville, Fla. 320 pp
- Instituto Nacional De Ecología (INE),
- INE. 1995. Indicadores Ambientales.
- INE. 1999. Indicadores Ambientales. Presión-Estado-Respuesta
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
- INEGI. 1982. Carta topográfica, Cozumel F16-11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

- INEGI. 1984d. Carta Edafológica, Cozumel F16-11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1984e. Carta geológica, Cozumel F16-11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1984f. Carta hidrológica de aguas superficiales, Cozumel F16-11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1985. X Censo general de población y vivienda. Integración territorial, estado de Quintana Roo. Secretaría de Programación y Presupuesto, Gobierno del Estado de Quintana Roo, México, D. F.
- INEGI. 1990. Quintana Roo, resultados definitivos. Datos por localidades, integración territorial. XI censo general de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Quintana Roo, Aguascalientes, México
- INEGI. 1994. Anuario Estadístico del estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Quintana Roo, Aguascalientes, México, 344 pp
- INEGI. 1995. Anuario Estadístico del estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Quintana Roo, Aguascalientes, México, 344 pp.
- INEGI. 1996. Censo de población y vivienda 1995. Resultados definitivos, tabulados básicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Quintana Roo, Aguascalientes, México, 219 pp.
- INEGI. 1997. Anuario Estadístico del estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Quintana Roo, Aguascalientes, México, 344 pp.
- Irigoyen, U.1934. El problema económico de Quintana Roo. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D.F.
- Itzkowitz, M. 1977. Spatial organization of the Jamaican damselfish community. *Journal of Experimental Marine Biology* 28: 217-241.
- Jordan Dahlgren, E. 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano. Parte I. El sistema Continental. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 110 pp.
- Leopold, L. B. Clarke, F. E., Hanshaw, B. B. y J. R. Balsley. 1971. A procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular 645. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

- Libes, S.M. 1992. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley & Sons, New York, 734 pp.
- López .F.J. 1985. Manual de ecología. 1<sup>er</sup> Edición. Ed. Trillas.
- López Ramón, E. 1974. Estudio geológico de la Península de Yucatán. Boletín de la Asociación Mexicana de Geología Petrolera, 15: 25-76.
- Loreto V., R.M. 1991. Organización espacial de la comunidad de peces damisela (Pomacentridae) en la costa del Caribe Mexicano. Tesis profesional, Universidad Nacional Autónoma de México, 68 pp.
- Lugo, H. Aceves, Quesada J.F., Espinasa., Rasgos Geomorfologicos Mayores de la península de Yucatán, U.N.A.M, Instituto de Geología, Rev., vol 10,num 2, 1992, pp. 143-150.
- Luna Bauza, C. 1979. Atlas de huracanes del océano Pacífico y en el océano Atlántico. Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, 49 pp.
- Mc Cullough, D.R., 1996 Metapopulations and Wildlife Conservation, Island press, Washington, D.C.
- McHarg, I. 1969. Design with Nature. Natural History Press. Garden City, New York.
- Milliman, J.D. 1973. Caribbean coral reefs. In: O. A. Jones and R. Endean (Eds.). Biology and geology of coral reefs, Vol I. Pp: 1-50.
- Miranda, F. 1958. Estudio acerca de la vegetación de la Península de Yucatán. En: E. Beltrán (Ed.). Los Recursos Naturales del Sureste y su aprovechamiento. Publicaciones del Instituto Mexicano de los Recursos Naturales Renovables, Vol. II, pp: 215-271.
- Miranda, F. Y E. Hernandez X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, No. 28, septiembre, 178 p.
- Miranda, F. 1964. Vegetación de la península yucateca. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, pp: 161-269.
- Medina Escalante, G. 1991. Algunos aspectos ecológicos de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Chetumal, Chetumal Quintana Roo, México, 47 pp.
- Merino Ibarra, M. y L. Otero Dávalos. 1991. Atlas ambiental costero. Puerto Morelos, Quintana Roo., Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 69 pp.
- Morales, J. J. 1993. Los huracanes en la Península de Yucatán. Talleres Gráficos del Sudeste, Mérida, Yucatán, 111 p.
- Munasinghe, M. and W. Shearer. 1995. Defining and measuring sustainability, the biogeophysical foundations. The U. N. University and The World Bank, Washington D.C., 440 pp.

- Munsell. 1994. Munsell soil color charts. GretagMacbeth, New Cork.
- Navarro, D.T., Jimenez y J. Juarez. 1991, Loa mamíferos de Quintana Roo, pp- en Diversidad Biológica de la Reserva de Sian Ka-an, Quintana Roo,( D. Navarro y J. Robinsosn, Eds), CIQRO, Chetumal, Quintana Roo.
- Navarro López, D., César Dachary, A. y Arnaiz Burne, S. M. 1992. Quintana Roo: los retos del fin de siglo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Cambio XXI Fundación Quintanarroense, Congreso del Estado de Quintana Roo VI legislatura, Chetumal, Q. Roo, México, 268 pp.
- OCDE; 1991; Environmental Indicators: A Preliminary Set, OCDE, Paris.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, The State of the Environment, OCDE, París, 1991.
- OCDE; 1993; OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, Environmental Monograph # 83, OCDE, Paris.
- Ortíz Pérez, M.A. y L.M. Espinosa Rodríguez. 1991. Clasificación geomorfológica de las costas de México. Geografía y Desarrollo, II (6):2-9.
- Olmsted C.I., Lopez Ornat y Duran G.R. 1983. Vegetacion de Sian Ka an. Reporte preliminar. 65-84 p., Estudios preliminares de una zona en Quintana Roo, propuesta como reserva de la biosfera. CIQRO. SEDUE, Puerto Morelos, Q.R. Méx..
- Olsen, S. 1994. FARO y el desafío costero. Editorial de la revista FARO, 2º. Semestre, No. 1, Santiago, Chile.
- Padilla, C., D. Gutiérrez, M. Lara y C. García. 1992. Coral reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam, Vol. 2.
- Periódico Oficial. 1994. Acuerdo de coordinación para el ordenamiento ecológico de la región denominada corredor Cancún-Tulum, Gobierno del estado de Quintana Roo, 9 de Junio.
- Periódico Oficial. 1998. "Decreto por el que se declara área natural protegida la región denominada Xcacel-Xcacelito, con categoría a zona sujeta a conservación ecológica, santuario de la tortuga marina, ubicada en el municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo". Tomo I, No. 2 extraordinario, 5ª época, 21 de febrero, 6 pp.
- Prezas H., B. 1996. X´Cacel: Propuestas para el establecimiento y manejo de un área protegida. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur Unidad Quintana Roo, 90 p.

- Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21, Río de Janeiro Brasil "Cumbre de la Tierra.", 1991.
- Programa de Medio Ambiente, 1995-2000.
- Rea, A. 1998. Turismo motor de divisas. Por Esto! de Quintana Roo, sábado 29 de agosto de 1998, pp 1-4, sección municipios, Año 6, No. 1998.
- Robertson, D.R. and B. Lassing. 1980. Spatial distribution patterns and coexistence of a group of territorial damselfish. *Bulletin of Marine Science*, 30:187-203.
- Robinson, S.K., T.M. Donovan., J Foa borg, F.R. Thompson III y D.R. Whitehead. 1995, *Regional forest fragmentation and the nesting succes of migratory birds, science* 267: 1987-1990.
- Rosado May, F. J., T. Duch Gary, I. Zaragoza Ángeles, B. Prezas Hernández, I. A. Pelayo, A.Y. Olivera Gómez, H. Ventura Hernández, E. Mendoza Gómez, H. Gamboa Pérez, B. Campos Cámara y J.A. Rodríguez Garza. 1998. Programa de ordenamiento ecológico territorial de la región Costa Maya. Universidad de Quintana Roo, Chetumal, pp VII.22-VII.24.
- Rosado M, F. Prezas, H.B., Coba C.L., Mendoza G.E., Gorocica C.L., Cavallero V.A., Delgado B.V., Avila R, J.C., Rodríguez G J.A., Canche U.A., González B J.L., Maldonado C. Ma .M., 1998, Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Santuario de la Tortuga Marina X cacel- X cacelito. Universidad de Quintana Roo, Chetumal. México. 248 pp.
- Sánchez Crispín, A. 1980. Características generales del medio físico de Quintana Roo. En: *Quintana Roo: problemática y perspectivas, Memorias de Simposium*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México Cancún, pp: 29-36
- SARH, 1980. Plano de la Península de Yucatán. Unidades de Suelos, FAO-UNESCO.
- SARH, CNA. 1989. Sinopsis geohidrológica del estado de Quintana Roo. Subdirección General de Administración del Agua; Gerencia de Agua Subterránea, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Chetumal, Quintana Roo, México, 43 pp. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Nacional Financiera, Secretaría de Turismo y Fideicomiso Caleta Xel-Ha y del Caribe. 1978. Acta de entrega de los terrenos nacionales de fecha 25 de mayo de 1972, quedan a disposición de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para los efectos de constitución del Fideicomiso traslativo de dominio "Caleta Xel-Ha y del Caribe" 20 pp.
- Saunders, D.A., R.J Hobbs y C. R. Margules. 1990, *Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review, Conservation Biology*, 5:18-32.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subdirección de Agrología. México, D.F.

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap),
- SEDESOL. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción , amenazadas, raras y las sujetas a protección especial , que establece especificaciones para su protección , Diario Oficial de la Federación 1438 (10): 1-60.
- SEDETUR. 1998. Concentrados estadísticos de la actividad turística en el estado de Quintana Roo. 1997 y Enero a Junio de 1998. Secretaría Estatal de Turismo. Chetumal, Quintana Roo.
- SEMARNAP. 1998b. Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, México, 164 pp.
- SEMARNAP. 1995. Calendario Cinegético, temporada 1995-1996. Secretaría de Ecología Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, 146 p.
- Shulman, M.J., J.C. Ogden, J.P. Ebersole, W.N. Mcfarland, S.L. Miller, and N.G. Wolf. 1983. Priority effects in the recruitment of juvenile coral reef fishes. *Ecology*, 64:1508-1513.
- Sorensen, J. 1970. A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone. University of California, Berkeley.
- Soto Mora, C. y Soto Mora, A. 1980. "Población y poblamiento de Quintana Roo", Quintana Roo: Problemática y perspectiva. Memorias del Simposio. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Cancún, Q. Roo, México, 384 pp.
- TECNOCONSULT. 1990. Estudios de ecología costera y de determinación de zonas de preservación ecológica del corredor turístico Cancún-Tulum. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México, 101 pp.
- Thompson, L. y F. Troeth, 1988. Los suelos y su fertilidad. 4ª. Edición, Editorial Reverté, México.
- Tory, P. R. y E. L. Chalif. 1989. Aves de México, guía de campo. Edit. Diana México, 473 pp.
- Tunnell, J. W. Jr., A.A. Rodríguez, R.L. Lehman, C.R. Beaver. 1993. An ecological characterization of the southern Quintana Roo coral reef system. Center for Coastal Studies, Texas A&M University-Corpus Christi, 161 pp.
- UNEP-DPCSD; 1995; The Role of Indicators in Decision-Making, Discussion Paper prepared by UNEP and DPCSD for the Indicators of Sustainable Development for Decision Making Workshop, 9-11 January, Ghent, Belgium
- Villasuso M., J. G. 1980. Interpretación de los procesos hidrogeoquímicos en el acuífero de la Península de Yucatán. Universidad de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Viveros-León P., A. Y. Olivera-Gómez, E. Escobedo-Cabrera, B. Prezas Hernández, J.I. Méndez-Mena, J. L. Martínez, C. Yuridia-López, F. Palma-Correa y F. J. Rosado May. 1997. Fauna Terrestre en Oxtankah. Aprovechamiento de los

recursos naturales para un desarrollo turístico sostenible en la zona de Oxtankah-Chactemal. Universidad de Quintana Roo. División de Ciencias e Ingenierías. Chetumal, Quintana Roo, México, pp 157-219.

- Ward, W.C. and J.L. Wilson. 1974. General aspects of the Northeastern coast of the Yucatan Peninsula. En: A.E. Weidie (Ed.). Field seminar on water and carbonate rocks of the Yucatan Peninsula, Mexico. New Orleans Geological Society Guide-Book, Field Trip 2, Geological Society of America Annual Meeting.
- Winograd, M.; Fernández, N. Y Messias, R. 1995. Marco Conceptual para el Desarrollo y Uso de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para Toma de Decisiones en Latinoamérica y el Caribe. PNUMA – CIAT. México. D. F
- Wilcove, D.S., A.P. Dobson y C.H. Mclellan. 1986, Habitat Fragmentation in the temperate zone. pag 237-256. Conservation Biology. Sunderland Mass.
- Wilcox, B.A y D.D Murphy. 1985, Conservation strategy: The effects of fragmentation on extinction. America Naturalist 125: 879-87.
- Wright, A. 1967. El reconocimiento de los suelos en la Península de Yucatán, México. Informe Final. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- World Bank; 1995; Monitoring Environmental Progress: A Report on Work in Progress, ESD Series, The World Bank, Washington, D.C..
- Zurita Gutiérrez, J. C., R. Herrera y B. Prezas H. 1993. Tortugas marinas del Caribe. En: Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.) y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, México pp: 735-751.

### Consultas vía Internet.

- [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
- [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)
- [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
- [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)
- [www.uqroo.com.mx](http://www.uqroo.com.mx)
- [www.ecosur.mx](http://www.ecosur.mx)
- [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx)
- <http://www.quintanaroo.gob.mx/>
- <http://rtn.net.mx/ocde/>
- <http://www.oecd.org/home/>
- [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- <http://www.statcan.ca/start.html>



**ANEXOS**

## ANEXO 1

### Lista de especies endémicas y protegidas en el predio

Especie	NOM	Nombre Común
<i>Bravaisia tubiflora</i>	En	Sulub / Hulub
<i>Justicia breviflora</i>	En	
<i>Echites yucatanensis</i>	En	Biperol
<i>Thevetia gaumeri</i>	En	Akitz
<i>Coccothrinax readii</i>	Pr (En)	Nakas
<i>Sabal yappa</i>	En	Botan
<i>Gonolobus yucatanensis</i>	En	
<i>Matelea belizensis</i>	En	
<i>Cephalocereus gaumeri</i>	En	
<i>Nopalea gaumeri</i>	En	Sakam
<i>Selenicereus donkelaari</i>	En	
<i>Rhacoma gaumeri</i>	En	Sakchechem
<i>Dyospiros cuneata</i>	En	Silil
<i>Cnidioscolus souzae</i>	En	Chaya
<i>Enriquebeltrania crenatifolia</i>	En	Chiim took
<i>Jatropha gaumeri</i>	En	Pomolche
<i>Sebastiana adenophora</i>	En	Chechem blanco
<i>Tragia yucatanensis</i>	En	Popox
<i>Samyda yucatanensis</i>	En	Habal kax / Puts' mukuy
<i>Ottoshutzia pallida</i>	En	
<i>Acacia dolichostanchya</i>	En	Subin
<i>Acacia gaumeri</i>	En	Katzim
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	En	Kitarche
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	En	Takimche / K'aan pok'ol k'uum
<i>Lonchocarpus xuul</i>	En	
<i>Platymiscium yucatanum</i>	En	Granadillo
<i>Beaucamea ameliae</i>	En	Despeinada
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	En	Nanceo agrio
<i>Bakeridesia yucatanensis</i>	Pr (En)	
<i>Hampea trilobata</i>	En	Majagua
<i>Hyperbaena winzerlingii</i>	En	Choc kitan
<i>Torrubia linearibracteata</i>	En	
<i>Passiflora obovata</i>	En	Tuukob
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	En	
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	En	Sakitsa
<i>Zizyphus yucatanensis</i>	Pr (En)	Uayum
<i>Asemnanthe pubescens</i>	En	Tunche
<i>Hintonia octomera</i>	En	
<i>Machaonia lindeniana</i>	En	Kuchel
<i>Randia longiloba</i>	En	Xkax
<i>Amyris attenuata</i>	En	Kanyuk
<i>Serjania yucatanensis</i>	En	
<i>Talsia oliviformis</i>	En	Huaya
<i>Thouinia canescens</i> var. <i>paucidentata</i>	En	Kanchunup
<i>Avicennia germinans</i>	Pr	Mangle negro / Tabche'
<i>Vitex gaumeri</i>	En	Yaaxnik / Yaxric
<i>Hybanthus yucatanensis</i>	En	
	Pr	Palma kuka
<i>Pseudophoenix sargentii</i>		
<i>Thrinax radiata</i>	Pr	Chit
<i>Conocarpus erectus</i> var. <i>erectus</i>	Pr	Mangle botondillo
<i>Conocarpus erectus</i> var. <i>Sericea</i>		Mangle botondillo
<i>Laguncularia racemosa</i>	Pr	Mangle blanco
<i>Rhizophora mangle</i>	Pr	Mangle rojo / Tabche'

## ANEXO 2

### PROGRAMA DE MANEJO DE LA ZONA SUJETA A CONSERVACIÓN ECOLÓGICA SANTUARIO DE LA TORTUGA MARINA X'CACEL Y X'CACELITO., (Universidad de Quintana Roo, 1998.).

#### *Reglas de manejo.*

En este apartado se presentan las reglas que normarán el manejo del Santuario de la Tortuga Marina X'cacel-X'cacelito. Los Cuadros 66, 67, 68 y 69, que se refieren a las unidades ambientales Marina, Playa Tortuguera, Duna y Terrestre respectivamente, presentan el uso permitido y condicionado de cada unidad ambiental así como las reglas de manejo que aplican a cada unidad. No se enlistan algunas reglas que aplican indirectamente como es el caso de lo referente a los guías.

#### *Disposiciones generales*

Regla 1. Las presentes Reglas son de observancia general y tienen por objeto regular las actividades que se realicen dentro del Santuario de la Tortuga Marina X'cacel-X'cacelito, ubicado sobre la costa, en el Corredor Cancún-Tulum (Riviera Maya), entre los predios conocidos como Chemuyil y Xel-Há, perteneciente al Municipio de Solidaridad con una superficie total de 362.1 has, dividido en 34.7 has en ambiente terrestre y 327.4 has en el ambiente marino.

Regla 2. La aplicación de la presente Reglas corresponde a la Secretaría de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca, (SIMAP) sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con el Decreto de Creación del Santuario, el Programa de Manejo, las presentes Reglas y demás ordenamientos aplicables en la materia. SIMAP puede ceder a la Dirección del Santuario la facultad de aplicar las Reglas.

Regla 3. Las autorizaciones sobre cuestiones de manejo interno estarán a cargo de la administración del Santuario. Por tanto el ingreso con cámaras de vídeo, de fotografía o para grabación de sonido, requiere autorización de la administración del Santuario.

Regla 4. Las actividades recreativas sólo podrán realizarse en los sitios establecidos en la zonificación a que se refiere el capítulo respectivo del presente Programa de Manejo.

Regla 5. Con base en un estudio científico, que se pondrá a disposición de consulta pública, que demuestre que existe un riesgo inminente de desequilibrio ecológico, SIMAP o la Dirección del Santuario podrán reducir la carga turística.

Regla 6. Solo se permite llevar a cabo actividades de investigación científica, con autorización de la Dirección del Santuario y de SEMARNAP para casos especiales.

Regla 7. Las actividades recreativas especializadas que se realicen deberán ser supervisadas por guías certificados y autorizados por la Dirección del Santuario.

Regla 8. No se permite la práctica de deportes acuáticos motorizados.

Regla 9. Solo se permite el uso de bloqueadores biodegradables.

Regla 10. El Gobierno del Estado de Q. Roo, a través de la Dirección del Santuario, es la instancia competente para otorgar permisos a los guías para realizar sus actividades dentro del Santuario.

Regla 11. El otorgamiento de cualquier autorización, licencia, permiso o concesión para la realización de actividades dentro del Santuario deberá cumplir, además de los requerimientos previstos en las disposiciones jurídicas vigentes, con los lineamientos dispuestos en el Programa de Manejo y en las presentes Reglas. Se requerirá concesión o autorización por parte de autoridad competente de la SEMARNAP para la realización de las siguientes actividades:

- a). Uso o aprovechamiento de la Zona Federal Marítimo Terrestre.
- b). Manejo de especies bajo algún estatus de protección.
- c). Investigación científica y manejo de las poblaciones de tortugas marinas.

Dichos permisos, autorizaciones y concesiones se otorgarán sin perjuicio de los requeridos por las demás autoridades competentes, de conformidad con la legislación aplicable.

Regla 12. En las solicitudes de permisos de uso de alguna zona del Santuario, el solicitante indicará, por escrito, el área donde desea acceder para realizar sus actividades, esto será tomado en cuenta por la Dirección para determinar si es procedente de acuerdo con la zonificación y Programa de Manejo del Santuario.

Regla 13. Las actividades de educación ambiental se permiten dentro del Parque, previa opinión del Director y de conformidad con la zonificación del Parque.

Regla 14. El otorgamiento o renovación de los permisos a nivel federal deberá solicitarse por escrito en los formatos adecuados, ante la Dirección del Santuario, quien determinará si está dentro de su jurisdicción otorgarlo o remitir la solicitud a la instancia adecuada, con aviso al solicitante.

Regla 15. Para la obtención del permiso correspondiente, el promovente deberá presentar una solicitud que cumpla con los siguientes requisitos:

- a. Nombre del propietario, representante legal y/o razón social, domicilio para oír y recibir notificaciones, número telefónico y, en su caso, fax. El promovente deberá identificarse con su credencial de elector o pasaporte vigente y proporcionar copia de los mismos.
- b. Programa de actividades a desarrollar, incluyendo horarios de salida, retorno y tiempo de estancia en el Santuario.
- c. Especificar el manejo y destino final de los desechos orgánicos e inorgánicos generados durante los recorridos.
- d) Registro Federal de Contribuyentes.
- e) Garantizar el pago de derechos correspondiente.

Adicionalmente el promovente, personas físicas o morales, deberán presentar, según el caso, cotejada con el original, fotocopia de los siguientes documentos:

- a. Licencia Municipal de Funcionamiento.
- b) Licencia Estatal de Funcionamiento.
- c) Acta de nacimiento o Acta constitutiva.
- d) Seguro de Responsabilidad Civil por Daño para vehículos y Pasajeros, vigente.

- a. Autorización de importación temporal del equipo de trabajo, en caso necesario.
- b. Copia del último aviso a la Administración Local de Auditoría Fiscal.
- g) Acreditación de la Secretaría de Turismo como guía especializado.
- h) Acreditación de especialización expedido por la administración del Santuario.

Todos los documentos se deberán entregar por duplicado a la Dirección del Santuario, la cual proporcionará un formato de solicitud que incluirá la carta de zonificación del área natural protegida y comprobante de anexos presentados.

Regla 16. La colecta de organismos vivos, muertos o materiales naturales podrá realizarse mediante autorización de la SEMARNAP cuando proceda, o de la Dirección del Santuario, siempre y cuando sea con fines de investigación científica.

Regla 17. No se permite la extracción de flora y fauna acuática en el cenote, excepto para fines de investigación autorizados por SEMARNAP.

Regla 18. Todo visitante es responsable de sacar del Santuario los desechos que genere.

Regla 19. Toda emisión de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-CCA-026-ECOL-1996.

Regla 20. No se permite el acceso al Santuario de ganado vacuno, porcino, caballar, ovino o de cualquier otra índole.

Regla 21. En el santuario no se deberán encender fogatas.

Regla 22. El acceso al Santuario será mediante una cuota de recuperación para su mantenimiento.

Regla 23. Solo se permite las construcciones contempladas en el Programa de Manejo.

Regla 24. La inspección y vigilancia del cumplimiento de las presentes reglas corresponde a SIMAP por conducto de la Dirección del Santuario, sin perjuicio del ejercicio de las atribuciones que corresponde a otras dependencias estatales y federales.

Regla 25. Toda persona que tenga conocimiento de alguna infracción o ilícito que pudiera ocasionar algún daño a los ecosistemas del Santuario, deberá notificar a la PROFEPA o al personal del Santuario, para que realice las gestiones jurídicas correspondientes.

Regla 26. En caso de contingencia ambiental o emergencia ecológica, el Director se mantendrá en estrecha coordinación con las autoridades correspondientes al caso, con el fin de tomar las decisiones que correspondan en el marco de la normatividad vigente y de los acuerdos y convenios signados con dichas autoridades. En caso de operación del Sistema Estatal de Protección Civil, la Dirección se coordinará con las autoridades municipales competentes para dichos caso.

## *Definiciones.*

Regla 27. Para efectos del presente Reglamento, se entiende por:

**Actividades acuáticas recreativas.** Todas las actividades que se realizan en la zona federal marítimo terrestre y zona marina del Santuario, con fines de esparcimiento, para la práctica de deportes de playa, acuáticos y subacuáticos, siendo los más frecuentes el buceo libre, el buceo autónomo, la fotografía y videograbación.

**Actividades recreativas especializadas.** Son aquellas que requieren de cierto conocimiento y entrenamiento. Para el caso de X'Caclé, se refiere a actividades que se llevarán a cabo en sitios donde existe presencia de especies o ecosistemas bajo algún estatus de protección. esto es, en los arrecifes coralinos, durante la anidación de tortugas, en las áreas del mar donde hay afloramiento de agua, en la vegetación de mangles o chitales.

**Aguas residuales.** Son las aguas que han sido usadas para alguna actividad y que no son utilizables directamente, sino que deben tener un tratamiento. Normalmente se desechan en forma no apropiada, directamente al suelo. Contienen residuos de alimentos, microorganismos, jabones, o sustancias químicas diferentes al agua que se considera apta para consumo humano.

**Anidación.** Es el proceso que realizan las tortugas marinas, al salir del mar, para depositar sus huevos en la arena de la playa. El proceso consiste en o siguiente: selección del sitio, excavación de la cama donde se asienta todo el cuerpo de la tortuga, excavación del túnel para depositar los huevos, entierro de los huevos y regreso al mar.

**ANP.** Área natural protegida.

**Arribo o arribazón de tortugas.** Es cuando las tortugas salen del mar para realizar el proceso de anidación. En algunas ocasiones hay arribazón sin anidación.

**Avivamiento.** Se le da este nombre a las crías que emergen a la superficie de la arena. Es el paso que sigue después de la eclosión.

**Berma.** Es el nombre que se le da a aquella formación que tiene la playa arenosa donde ha habido efecto de erosión por marea de mar. Su característica es un corte vertical.

**Buceo autónomo.** Actividad subacuática que se realiza con el auxilio de un equipo de respiración autónoma, tanque con aire comprimido o mezcla de gases, regulador de presión y chaleco de compensación, cinturón con plomos, además del equipo de buceo libre.

**Buceo libre o snorkel.** Actividad en la que una persona combina la natación y la observación de la vida silvestre subacuática, auxiliada por uno o más de estos equipos: un tubo con boquilla para respiración, visor, aletas y chaleco salvavidas.

**Campamento tortuguero.** Es el lugar, ubicado en una playa, en donde el sector gubernamental, Instituciones educativas, ONG's, grupos de inversionistas, o asociaciones civiles, realizan actividades de protección y conservación de las tortugas marinas.

Consejo Consultivo. Órgano de opinión y consulta constituido de conformidad con los términos de referencia para la elaboración del Programa de Manejo del Santuario de la Tortuga Marina.

Contingencia ambiental. Situación de riesgo derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que pueden poner en peligro a uno o varios ecosistemas.

Coordinador de campamento tortuguero. Es la persona encargada de coordinar las actividades de protección y conservación de las tortugas marinas en las playas de anidación.

Corral de incubación. Es un área arenosa, ubicado en la playa tortuguera donde no hay anidación pero que tiene las características semejantes a los sitios de anidación, donde se hacen excavaciones para depositar los huevos de tortuga colectados en los nidos.

Desove. El momento en que la tortuga deposita sus huevos en la playa. Parte del proceso de anidación.

Director. El (la) Director(a) del Santuario. Es la persona, Institución o agrupación designada por la Secretaría de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca, para llevar a cabo las acciones de coordinación, ejecución y evaluación del Programa de Manejo del Santuario. En caso de que el nombramiento recaiga en una Institución o agrupación, mediante convenio, serán ellos quienes designen al responsable del Santuario.

Drenaje. Nombre que se le da al procedimiento para conducir los residuos líquidos de una instalación, edificio, construcción, desarrollo, etc.

Educación ambiental. Actividad que tiene como objetivo concientizar sobre la importancia de la conservación, protección y buen manejo de los recursos naturales. Puede darse a través de cursos formales, talleres, seminarios, visitas de campo, grupos de discusión, observación de la naturaleza con explicación del fenómeno, proceso o especie observada, videos, sonidos, etc.

Eclosión. Cuando las crías de las tortugas rompen el cascarón del huevo.

Encargado de playa Es la persona que se encarga de manejar al personal que trabaja en la playa de anidación en las actividades de protección y conservación de tortugas marinas.

Fotografía y videograbación. Son las actividades que se realizan con fines comerciales o recreativos haciendo aprovechamiento de los recursos paisajísticos o bien, acompañando a los usuarios en las actividades de buceo o recorrido en el ambiente terrestre para grabar su visita al Santuario con cámaras de vídeo, fotografía. o de grabación de sonidos.

Guía especializado. Es la persona física, capacitada en el manejo de grupos de personas y con una o más especialidades respecto al ambiente marino o terrestre, incluyendo a las tortugas marinas. Los Guías deben contar con la autorización de la Dirección del Santuario y atender los programas de capacitación que exija la administración del mismo. El nivel mínimo de preparación debe ser medio superior, preferentemente nivel licenciatura y hablar otro idioma aparte del español.

INE. Instituto Nacional de Ecología.

INP. Instituto nacional de la Pesca.

Investigación científica. Actividad que tiene una metodología que permite confiar en los resultados y evaluarlos en casos necesarios. Normalmente es desempeñado por personas con entrenamiento científico o como parte del proceso de aprendizaje. El proyecto de investigación ha sido evaluado y aprobado por otros científicos afines al tema y por la administración del Santuario.

Investigador científico. Persona con entrenamiento, normalmente con grado académico mayor de licenciatura, para la investigación científica. Se comprometerá a compartir los resultados de sus investigaciones con el Santuario a través de conferencias, cursos cortos, folletos u otras formas disponibles y sobre todo donar a la biblioteca del mismo las publicaciones relacionadas con la investigación.

Liberación de tortugas. Es la acción de depositar en la arena, de la playa tortuguera donde nacieron las tortugas, las crías de las tortugas con el fin de que se dirijan hacia el mar. Debe cuidarse que todas las crías se dirijan hacia el mar. Esta actividad debe hacerse de noche y evitar que cualquier iluminación confunda a las crías y las desvíe del mar.

Monitoreo. Acción de dar seguimiento a procesos determinados a partir de una base o punto de comparación. Ejemplo, cambios en la salinidad del agua en el subsuelo, cambios en la población de alguna especie, cambios en la estructura de los ecosistemas, etc. Algunos aspectos del monitoreo se enfocan a los cambios en las condiciones químicas, otros a las condiciones físicas y otros más a las biológicas. Normalmente se predeterminan tanto los indicadores como los parámetros.

Observación de la naturaleza. Actividad que se relaciona principalmente con el uso del sentido de la vista, del olfato o del oído, para aprender acerca de algunos fenómenos o procesos que explican la estructura y función de los ecosistemas. En algunos casos es permitido el uso de equipo de audio (grabadoras) o vídeo (fotografía videocámaras), o binoculares.

Permiso. El documento que expide la Secretaría de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca, a través de la Dirección del Santuario, o la SEMARNAP, en el que se autoriza a personas físicas o morales para realizar actividades dentro del mismo

Prestadores de servicios. Guías especializados.

PROFEPA. La Procuraduría Federal de protección al Ambiente.

Programa. Programa de Manejo del Santuario de la Tortuga Marina X'Cacel-X'Cacelito.

Recreación. Actividad que sirve de esparcimiento.

Reglas. Las Reglas Administrativas del Santuario.

Santuario. Área natural protegida según decreto publicado en el Periódico Oficial del 21 de febrero de 1998.

SCT. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SEMARNAP. La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SECTUR. La Secretaría de Turismo.

Siembra de huevos. Es la acción de depositar los huevos en el corral, dentro de una excavación manual semejante a la profundidad y tamaño que hace la tortuga. Los huevos son colectados en los sitios de anidación.

SIMAP. La Secretaría de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca.

Situación de emergencia. Para anclaje de embarcaciones, se aplica a aquellas que por razón de fuerza mayor no pueden anclar en otro lugar fuera del Santuario. Ejemplos de emergencia son: tripulantes enfermos que requieran de atención médica e inmediata, alguna avería que impida el movimiento hacia otro sitio fuera del Santuario, o para rescatar alguna persona en el Santuario.

SM-AM. La Secretaría de Marina-Armada de México.

Tesista. Persona que realiza un trabajo para obtener un título profesional, con proyecto registrado y avalado por alguna Institución de Educación Superior y con el consentimiento de la administración del Santuario. Se obliga a compartir sus resultados con el Santuario ofreciendo seminarios, conferencias y donando al menos una copia de su tesis a la biblioteca del mismo.

Tortuguero. Es la persona que trabaja en los campamentos tortugueros realizando actividades de vigilancia y protección de las tortugas marinas y sus huevos. Debe contar con autorización y entrenamiento para las distintas actividades, mismas que incluyen: cuidado de la tortuga desde la arribazón, mediciones morfométricas, identificación del marcado, marcaje, colecta de huevos, siembra de huevos en el corral, cuidado de las crías al nacer, al avivar al colectarlas y al liberarlas.

Unidad Ambiental. Las áreas en las que está zonificado el santuario, definidas por rasgos geomorfológicos y ecológicos específicos, georeferenciados, y que comprenden la parte terrestre, la zona federal marítimo terrestre, su área marina adyacente y la zona arrecifal hasta la isobata de los 60 m.

Usuario(s). Todas aquellas personas que por sí mismas o por medio de algún prestador de servicios, con la debida autorización por parte de la administración del Santuario, ingresan al Santuario para realizar actividades recreativas, de investigación, de educación ambiental, de monitoreo y vigilancia.

Visitante. Persona que llega al Santuario con el propósito de disfrutar del lugar dentro de los horarios establecidos en el Programa de Manejo. Puede ser un turista nacional o extranjero o vecinos del área.

Voluntario. Es la persona que apoya en las actividades de protección y conservación de las tortugas marinas en los campamentos tortugueros, esta persona no recibe sueldo alguno, solo ayuda alimenticia y alojamiento. Para ser considerado voluntario, la persona debe haber recibido un entrenamiento previo por al menos 7 días y prestar sus servicios como tortuguero, después del entrenamiento, por al menos 15 días.

Zonificación. Sistema mediante el cual se divide el Santuario en áreas geográficas específicas, para las que se definen las actividades y usos permisibles, así como la intensidad y rango de los mismos, en atención de las características de dichas áreas y a sus necesidades de protección.

#### *De los prestadores de servicios.*

Regla 28. La Dirección del Santuario tendrá un listado de guías calificados, internos y externos quienes quedan obligados a proporcionar a los usuarios las condiciones de seguridad necesarias en la realización de actividades para las cuales contraten sus servicios, de acuerdo a la legislación aplicable en la materia.

Regla 29. Los guías quedan obligados a informar a los usuarios sobre la categoría y condiciones del área de visita, de conformidad con las presente Reglas.

Regla 30. Los guías serán responsables de los accidentes ambientales que ocasionen daños a los ecosistemas durante la prestación de sus servicios, de acuerdo a la legislación aplicable en la materia.

Regla 31. Los guías quedan obligados a observar y a hacer cumplir a los usuarios las presentes Reglas, en la esfera de sus funciones, debiendo reportar a las autoridades competentes cualquier infracción o violación a las mismas.

Regla 32. Los guías están obligados a informar inmediatamente a la Administración del Santuario a través del personal de vigilancia, sobre cualquier accidente, o actividad que ponga en peligro la integridad de las personas o altere las condiciones naturales de los ecosistemas dentro del Santuario.

Regla 33. Los usuarios y los guías están obligados a respetar las medidas de seguridad o emergencia impuestas por las autoridades competentes en los casos que prevé el Artículo 170 de la LGEEPA.

Regla 34. Los guías deben portar una identificación en forma visible que acredite que su permiso es vigente durante su estancia en el Santuario. La identificación será expedida por SIMAP a través de la Dirección del Santuario.

#### *Del manejo de las playas tortugueras.*

Regla 35. En las zonas marinas frente al litoral de las playas de anidación de tortugas, no se permite el tránsito nocturno del 1 de mayo al 30 de octubre.

Regla 36. Del 1 de mayo al 30 de octubre queda restringido el acceso a las playas por la noche, salvo que se efectúe con los guías especializados y/o personal a cargo del manejo del santuario, en atención a los objetivos de conservación y protección de las tortugas marinas y al Programa de Manejo del Santuario.

Regla 37. A partir del 1 de mayo al 30 de octubre, época de anidación de las tortugas marinas, se deberá.

- a. Restringir el acceso a las playas.
- b. Evitar la iluminación directa hacia la playa. Se recomienda el uso de alumbrado color ámbar y rojo de baja intensidad, así como cortinas que bloqueen el resplandor.
- c. Evitar que el resplandor de las luces de las instalaciones cercanas a la playa afecten a las tortugas marinas.
- d. Restringir el tránsito durante la noche en el camino costero, por razones de protección de especies.

Regla 38. La visita a áreas de arribo, desove y eclosión de tortugas marinas, debe realizarse mediante guías especializados en los términos establecidos en el Programa de Manejo.

Regla 39. En las zonas de alta anidación (más de 200 nidos por temporada) solo se permitirá la observación de tortugas marinas cuando no existan arribazones en otras zonas.

Regla 40. Las actividades de protección y conservación de tortugas marinas, es responsabilidad de los encargados de playa, quienes podrán ser apoyados por voluntarios, tesistas o de servicio social.

Regla 41. El manejo del campamento tortuguero estará a cargo de un coordinador de campamento, el cual estará apoyado por dos encargados de playa, quienes a su vez contarán con trabajadores de campo, también llamados tortugueros.

Regla 42. El corral de incubación de huevos de tortuga marina solo podrá ser manejado por el encargado del campamento tortuguero y su personal de apoyo. El manejo incluye: sembrado de huevos, incubación, eclosión, y colecta de crías.

Regla 43. El marcado de las crías y su liberación, serán responsabilidad del personal a cargo del campamento tortuguero y quienes ellos autoricen. Este proceso puede servir para actividades de educación ambiental.

Regla 44. Los grupos de observación de tortugas marinas serán de 10 personas como máximo por guía y solo podrán observar una tortuga por grupo.

Regla 45. En el período de arribazón de tortugas, las áreas con mayor densidad de anidación tendrán acceso restringido.

Regla 46. El horario para observar la anidación, de la tortuga marina será de las 21:00 a las 3:00 horas. Esto aplica del 1 de mayo al 30 de octubre de cada año.

*Del ambiente marino.*

Regla 47. El horario para realizar actividades recreativas en el mar dentro del Santuario será de las 9:00 a las 18:00 horas del 1 de mayo al 30 de octubre; y de 8:00 a 22:00 horas el resto del año.

Regla 48. No se permite la remoción de pastos marinos.

Regla 49. Se prohíbe pararse, sentarse, tocar y cortar estructuras arrecifales

Regla 50. El anclaje de embarcaciones solo se permite de manera temporal y en casos de emergencia, investigación científica, monitoreo y vigilancia, en los sitios designados para dicho fin.

Regla 51. Para actividades de investigación marina, resguardo, monitoreo y vigilancia, se deberán construir puntos de anclaje en arenales o ceibadales al menos a 100 m de las formaciones arrecifales.

Regla 52. El buceo autónomo y buceo libre con fines recreativos, se realizarán bajo la supervisión de por lo menos un guía autorizado.

Regla 53. Se prohíbe toda actividad pesquera, salvo en el caso de la necesidad de controlar la población de algunas especies, previo estudio específico, y la pesca de autoconsumo con anzuelo y cordel desde la playa, en sitios designados y sin riesgo para las personas realizando otras actividades.

Regla 54. Para las actividades marinas en general, se marcarán con boyas de diferentes colores los límites establecidos para cada una.

Regla 55. No se permite el buceo nocturno del 1 de mayo al 30 de octubre (época de anidación de tortugas marinas).

Regla 56. En las zonas y fechas permitidas (de noviembre a abril), el número máximo de usuarios por guía durante el buceo nocturno es de 6 personas. Se considera horario nocturno de las 20:00 a las 4:00 hrs.

Regla 57. El tránsito de embarcaciones en el área del Santuario, quedará circunscrita a la realización de actividades de investigación autorizadas, monitoreo, vigilancia, o situaciones de emergencia.

Regla 58. No se permiten obras o acciones que modifiquen la estructura arrecifal o el contorno del litoral.

Regla 59. Al realizar actividades de buceo libre o autónomo, no se permite:

- a. El uso de guantes,
- b. Acercarse a menos de 2 m de distancia de los corales y biota asociada.
- c. El uso de lámparas en hábitats cuyos organismos están adaptados a la oscuridad.

*Del ambiente terrestre.*

Regla 60. La decisión de la forma y tipo de reforestación en el Santuario, después de fenómenos naturales como fuego o ciclones, o actividades antropogénicas, quedará a cargo de la Dirección del Santuario en coordinación con la autoridad competente.

Regla 61. Los desechos de las construcciones (envases, empaques, cemento cal, pintura, aceite, bloques losetas, ventanería, etc.) deberán disponerse y manejarse

apropiadamente fuera del Santuario en los sitios designados por la autoridad correspondiente.

Regla 62. La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica y de comunicación, para la acometida principal deberá ajustarse a los lineamientos establecidos por las leyes y autoridades correspondientes. Dentro del Santuario, la conducción de la electricidad y cableado para comunicación, será subterránea.

Regla 63. La densidad de personas en la playa no sobrepasará los 10 individuos por 100 m<sup>2</sup> en las áreas permitidas.

Regla 64. En la época de formación de bermas (junio-diciembre) se prohibirá el tránsito de personas o cualquier vehículo sobre ellas, implementando la señalización adecuada.

Regla 65. Las playas del Santuario se destinarán únicamente para actividades recreativas, investigación, educación ambiental y observación de la naturaleza. Estarán manejadas por la administración del Santuario conforme al presente reglamento y los accesos públicos estarán debidamente señalados y delimitados.

Regla 66. El horario para uso recreativo de la playa, del 1 de mayo al 30 de octubre, época de anidación de tortugas, será de las 9:00 a las 18:00. El horario para el resto del año será de las 6:00 a las 22:00 hrs.

Regla 67. La vegetación de la duna costera no deberá ser removida. Los accesos a la playa deberán hacerse mediante senderos elevados, construidos con madera en forma de escalones, con una altura de al menos 50 cm. sobre el nivel de la arena en forma de zigzag y con un ancho de 1m máximo.

Regla 68. En el cenote solo se permiten actividades de mantenimiento, limpieza, control de la erosión y sanidad.

Regla 69. En la construcción y/o rehabilitación de caminos costeros deberán utilizarse materiales que permitan la filtración de agua al subsuelo.

Regla 70. Las construcciones que requieran cimentación de concreto no deben interrumpir la circulación de agua subterránea entre el mangle y el mar. Todas deben contar con el permiso de la autoridad correspondiente.

Regla 71. Las construcciones que se pretendan realizar en el Santuario deberán estar integradas al paisaje y protegidas por la vegetación natural, no se permitirán construcciones mayores a 8 m.

Regla 72. Cualquier obra que pretenda realizarse en el Santuario deberá respetar las características geomorfológicas y fisiográficas de la zona, siempre y cuando no modifiquen la línea de costa, la creación de playas artificiales, la remoción o movimiento de dunas, así como rellenar y/o talar zonas de manglares y/o humedales.

Regla 73. El aprovechamiento del manglar dentro del Santuario será solo para la investigación y educación ambiental.

Regla 74. No se permite la remoción de arena dentro del Santuario por razones de conservación.

Regla 75. No se permite la cacería de fauna silvestre, excepto en los casos en que sea necesaria regular la población de alguna especie. La decisión sobre la necesidad y forma de control de población será sustentada con estudios científicos.

*De las prohibiciones.*

Regla 76. Se prohíbe el uso de explosivos.

Regla 77. No se permiten los dragados, la apertura de canales y cualquier obra o acción que modifique el contorno del litoral.

Regla 78. Durante la realización de actividades dentro del Santuario queda expresamente prohibido:

I. Permanecer en el Santuario fuera del horario de visita, sin la autorización correspondiente.

II. Realizar en el Santuario las actividades descritas en la Regla 11 (la que describe el otorgamiento de permisos para diversas actividades en el lugar, antigua 40) del presente ordenamiento, sin las autorizaciones correspondientes.

III. Poner en riesgo la seguridad de los usuarios, así como realizar actividades que impliquen riesgo para el mismo usuario.

IV. Verter o descargar aguas residuales, aceites, grasas, combustibles o cualquier otro tipo de contaminante, desechos sólidos, líquidos o de cualquier otro tipo; usar explosivos o cualquier otra sustancia que pueda ocasionar alguna alteración a los ecosistemas.

V. Tirar o abandonar desperdicios.

VI. Deforestar, destruir, desecar o rellenar humedales y manglares.

VII. Modificar la línea de costa, remover o modificar de alguna forma playas arenosas y/o rocosas y dunas costeras.

VIII. Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que generen la suspensión de sedimentos o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o en zonas aledañas.

IX. Ingresar, sustituir y/o utilizar embarcaciones con características diferentes a las autorizadas.

XI. Instalar plataformas o infraestructura de cualquier otra índole.

XII. Introducir especies vivas ajenas a la flora y fauna propias del área y/o transportar especies de una comunidad a otra.

XIII. Pescar con fines comerciales o deportivos.

XIV. Emplear dardos, anzuelos, arpones, fármacos, palangres, redes agalleras, armas de fuego y cualquier otro equipo o método que dañe a los organismos de fauna y flora terrestre y acuáticas, así como efectuar cualquier actividad que ponga en riesgo o altere los ecosistemas y sus elementos.

XV. Colectar o capturar para sí o para su venta organismos marinos o terrestres, vivos o muertos, así como sus restos.

XVI. Alimentar, perseguir, acosar, molestar o remover de cualquier forma a los organismos marinos y terrestres, especialmente a los que se encuentren en sus refugios.

XVII. Tocar, pararse, pisar, sujetarse, arrastrar equipo, remover el fondo marino o provocar sedimentación sobre las formaciones arrecifes, incluyendo las áreas someras.

- XVIII. Utilizar guantes y cuchillos en el ambiente marino, excepto por investigación científica.
- XIX. Construir cualquier obra pública o privada dentro del Santuario o en los terrenos ganados al mar aledaño, sin la autorización correspondiente por parte de la autoridad que indique los términos de la legislación aplicable.
- XX. Utilizar dentro del Santuario embarcaciones no autorizadas ni registradas por las autoridades correspondientes
- XXI. Realizar dentro del Santuario cualquier actividad de mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible, así como cualquier actividad que pueda alterar el equilibrio ecológico del área. El achicamiento de las sentinas no podrá realizarse dentro del Santuario.
- XXII. Anclar embarcaciones dentro del Santuario, ajenas al mismo.
- XXIII. Navegar o anclar dentro de las áreas señaladas para natación, buceo libre y autónomo y sobre las formaciones coralinas. Solo se permitirá navegar en estas áreas o sobre las formaciones coralinas por razones de emergencia.
- XXIV. Realizar actividades de paracaidismo, esquí acuático, tabla vela, tablas de oleaje, motos acuáticas, canoas, kayak y similares.
- XXV. Llevar un número de visitantes mayor a los permitidos por guía.
- XXVI. Usar embarcaciones para la práctica de pesca para autoconsumo.
- XXVII. Dañar o robar el sistema de boyeo, balizamiento y señalamiento del Santuario.
- XXVIII. Construir muelles, embarcaderos, atracaderos o cualquier infraestructura portuaria o de otra índole en el área costera y marina.
- XXIX. El consumo de alimentos y bebidas alcohólicas durante las actividades definidas en las presentes Reglas.
- XXX. Amarrarse a las boyas de señalización.
- XXXI. El uso de reflectores enfocados hacia el mar, después de las 19:00 horas y hasta las 6:00 horas.

Regla 79. Se prohíbe el uso de sustancias químicas que contengan compuestos organoclorados, carbonatados o metales pesados.

Regla 80. Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna incluidas en la NOM-059-ECOL-1994.

Regla 81. Se prohíbe la ubicación de rellenos sanitarios o tiraderos de residuos dentro del Santuario.

#### *De la inspección y vigilancia.*

Regla 82. El personal del Santuario deberá informar al Director del mismo, y este a su vez a la autoridad competente, de aquellos hechos, actos u omisiones que puedan tipificarse como violaciones, infracciones o delitos, de conformidad con las leyes aplicables y sus reglamentos, el Programa y las presentes Reglas.

Regla 83. El personal del Santuario que realice labores de conservación, inspección y vigilancia, deberá brindar en todo momento ejemplo de civilidad, respeto y buen comportamiento así como prestancia en la atención al público y en el desarrollo de sus actividades. Igualmente deberá portar uniforme y la identificación oficial que para tal efecto le sea expedida.

*De las sanciones.*

Regla 84. Las violaciones al presente instrumento serán sancionadas de conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás disposiciones jurídicas aplicables, federales y estatales.

Regla 85. El usuario que viole las disposiciones contenidas en el presente instrumento, salvo en situaciones de emergencia, en ningún caso podrá permanecer en el Santuario, será conminado por el personal del mismo a abandonar el área.

Regla 86. Los prestadores de servicios, guías y usuarios que hayan sido sancionados, podrán inconformarse con base en lo dispuesto en el capítulo V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

*De las referencias a otras leyes.*

Regla 87. Las disposiciones de este reglamento se aplicarán sin perjuicio de cualesquiera otras disposiciones legales y reglamentarias vigentes, aplicables en la materia, federales, estatales y municipales.

*Transitorios.*

Primero. El presente reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Q. Roo.

Segundo. Las concesiones, permisos o autorizaciones otorgadas por autoridades competentes, para el uso del área que comprende el Santuario, se registrarán por las leyes relativas.

## ANEXO 3

### *Lista de Figuras.*

Figura: 1. Esquema Conceptual Modificado por la OCDE, del modelo Presión-Estado-Respuesta, (1993).

Figura: 2. Diagrama planteado para la formulación del diagnóstico ambiental de X'cacel-X'cacelito, Quintana Roo, Méx.

Figura: 3. Localización Geográfica de X'CACEL-X'CACELITO, en la Costa de Quintana Roo, Méx.

Mapa: 1. El área sombreada sobre el litoral continental e insular, muestra la región en que predominan los arrecifes con bajo desarrollo coralino en la zona frontal. Las flechas señalan la localización de sitios donde el desarrollo coralino es excepcionalmente elevado en la zona frontal: 1= Punta Petempich; 2= Akumal; 3= Punta Allen; 4= Cocos (Microatolones); 5= Punta Chiqueros.

Figura: 4. Estructura de la formación denominada "Carrillo Puerto", la cual se extiende desde unos 15 Km. al sur de la Isla de Holbox, en el norte hasta el borde de la Bahía de Chetumal, en el sur, formándose bahías de poca profundidad, canales e islas. X'cacel pertenece a esta formación.

Mapa: 2. Tipo de unidades geológicas, que se localizan en la península de Yucatán. Compuesta principalmente por rocas sedimentarias del terciario superior, Calizas (cz) pertenecientes al Terciario (Ts). INEGI, 1984.

Mapa: 3. Edafología del estado de Quintana Roo, fuente CONABIO.

Mapa: 4. Regiones Hidrológicas Prioritarias Localizadas en el Estado de Quintana Roo; la zona que comprende a X'cacel se encuentra incluida en la región denominada Cenotes Tulum-Coba. FUENTE CONABIO.

Figura: 10. Balance Hidrometeorológico y geohidrológico del acuífero en el estado de Quintana Roo.

Figura: 11. Tipos Clásicos De Cenotes Son: a) Cenotes cántaro (también llamados en maya ch'e'n), en los que la abertura al exterior es pequeña en relación con el diámetro del embalse. b) Cenotes cilíndricos (propia mente ts'onot), de paredes verticales, donde la abertura equivale al diámetro del cuerpo de agua. c) Cenotes aguada (ak'al che'), con perfil en forma de plato. d) Y grutas (aktun), en los que la entrada es lateral.

Figura: 12. Trayectoria de Ciclones que han afectado a las costas de Quintana Roo en los últimos 100 años, ICMYL, UNAM.

Figura: 13. Huracán Mitch, nivel 4 uno de los más fuertes que se ha presentado en la región del Caribe vientos de 320 Km. /h. octubre de 1998.

Figura: 14. Playas Disipativas. Playas arenosas típicas de costas abiertas, se caracterizan por perfiles cóncavos cerca de la costa, amplia zona de rompientes, somera, puede presentar numerosas barras. Las olas rompen decenas de metros mar adentro y disipan mucho de su energía antes de llegar a la orilla.

Figura: 15. La Península De Yucatán, recibe olas de período comprendido entre 4 y 6 segundos, procedentes del segundo y tercer cuadrante (NE E y SE). Durante la temporada de "Nortes", se registran olas de período entre 4 y 8 segundos, procedentes del primer y segundo cuadrante (NW, N y NE). Derecha, playa de X'cachel.

Figura: 16. Circulación y dirección de la corriente del Caribe a través del canal de Yucatán; derecha, imagen hipsográfica de la costa de Quintana Roo. ICMYL, UNAM.

Figura: 17. Vista aérea donde se distinguen la composición de la selva baja, manglar mosaico, duna costera y la franja de Cocotero que se presenta en el área de X'cachel, Fuente FIDECARIBE, 1999.

Figura: 18, 19, 20. Plantío de *Cocus nucifera*, Comunidad de *Thrinax Radiata* y Manglar Mosaico respectivamente.

Figura: 21. Comunidad de *Thrinax Radiata*.

Figura: 22. Comunidad de mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*)

Figura: 23. Helecho de mangle, *Acrostichum danaeifolium*.

Figura: 24. Comunidad de mangle rojo (*Rhizophora mangle*),

Figura: 25. Chiipe (*Seiurus noveboracensis*).

Figura: 26. El Chiipe (*Wilsonia citrina*).

Figura: 27. Pájaro raqueta (*Eumomota superciliosa*) es una especie característica en la selva.

Figura: 28. Un reptil muy presente en la zona es la iguana (*Iguana iguana*)

Figura: 29. Polígono del Santuario de la tortuga Marina, UQROO 1998.

Figura: 30. Punta sur X'cachelito, STD 2003.

Figura: 31. Playa X'cachel, STD 2003.

Figura: 32. Punta norte límite Chemuyil, STD 2003.

Figura: 33. Panorámica a Xel Ha, STD 2003.

Figura: 34. Patrón de Zonación. Perfil perpendicular a la costa mostrando la zonación y morfología arrecifal en los arrecifes coralinos de la zona de estudio. I = Zona Lagunar, II = Zona Posterior. III = Zona de Rompiente; IV = Zona Frontal; V = Plataforma Arenosa.

Figura: 35. Peces en la rompiente arrecifal, STD 2000.

Figura: 36. Peces dentro de la laguna Arrecifal, STD 2000.

Figura: 37. Cephalopodo en laguna arrecifal, STD 2000.

Figura: 38. Peces a Mar abierto, STD 2000.

Figura: 39, Jardín de coral Blando; Coral duro; Coral de fuego., Ecored 1998.

Figura: 40. En el ambiente marino también se encuentra una comunidad muy importante de algas, la imagen muestra dos de ellas; a la división Phaeophyta (algas cafés) y a la división Rhodophyta (algas rojas). Ecored 1998.

Figura: 41. División Municipal.

Figura: 42. Municipio de Solidaridad.

Figura: 43. localidades que se encuentran en un radio de 10 Km., considerado como zona de influencia para el área Natural protegida de X'cácel. Fuente CONABIO. Cartografía digital en línea.

Figura: 44. Servicio de agua potable y red de suministro proporcionado por la Comisión de agua potable y alcantarillado del estado y FIDECARIBE en el Municipio de Solidaridad., Fuente CAPA y FIDECARIBE 2000.

Figura: 45. La principal actividad económica para el estado de Quintana Roo se encuentra consolidada dentro del turismo, del cual la población obtiene su mayor ingreso.

Figura: 46. (UGA) T-8ª y T-9, para la zona de X'cácel.

Figura: 47. Ubicación del predio de acuerdo a los criterios correspondientes de la Unidad Territorial de Gestión ambiental (UGA) T-8ª y T-9 del Ordenamiento Ecológico de la región. Corredor Cancún-Tulum. Fuente Semarnat.

Figura: 48. Señalización desde la carretera federal de X'cácel. STD 2003.

Figura: 49. La inversión en vivienda es evidente en la zona, Fraccionamiento Chemuyil a 2 Km. de Xcácel. STD 2003.

Figura: 50. El acceso a la educación por parte de los habitantes de comunidades rurales se incrementa continuamente. Anuario Estadístico Estatal, Quintana Roo, Méx.

Figura: 51. Dos Indicadores Ambientales utilizados en el aspecto social son; la disponibilidad de vivienda y el índice de hacinamiento que registre en una comunidad.

Figura: 52. Los servicios básicos incrementan el nivel de vida una población un ejemplo es la ciudad de Chemuyil.

Figura: 53. Unidad de medicina familiar IMSS # 10, Chemuyil, ubicada a 800 mts de Xcacel. STD 2003.

Figura: 54. Distribución de diferentes dependencias que ofrecen servicio de Salud a los habitantes del Municipio de Solidaridad, Q.Roo.

Figura: 55. Carretera federal Chetumal-Cancún Construida con Ferrocemento, es el principal acceso a las zonas turísticas en la Riviera Maya. STD 2003.

Figura: 56. Es fácil Observar las fracturas que se localizan en la punta que divide ambas playas en X´Cacel, Al igual que los borbotones de agua dulce provocados por el flujo hidráulico a través del Karts. Ecored 1998.

Figura: 57. La zona de Karts se localiza en la parte central de X´Cacel, en este sitio el flujo hidráulico provoca la formación de estructuras Complejas (Cenotes, Agudas, cavernas) de estrato calcáreo.

Figura: 58. Flujo hidráulico. Ecored 1998. Estudio de Geohidrologia.

Figura: 59. Cenote X´Cacel. STD 2003.

Figura: 60. Ubicación de cuerpos de agua dulce que se localizan en el predio de X´Cacel así como vías de acceso. STD 2003.

Figura: 61. Representación esquemática de cada cenote presente en X´Cacel. Ecored 1998. Estudio de Geohidrologia.

Figura: 62. Suelo Huntunich, STD 2000.

Figura: 63. Suelo Tsek´el, STD 2000.

Figura: 64. Suelo Ak´alche´, STD 2000.

Figura: 65. Individuos de palma Chit en Tsek´el, STD 2003.

Figura: 66. Distribución de los puntos de Muestreo en el área de X´Cacel así como el tipo de suelo registrado en cada punto. Procesados en Arc View 3.1., STD 2003.

Figura: 67. Ubicación de transectos para el análisis de Valores Oceanográficos de la zona marina en X´Cacel., UQROO 1998.

Figura: 68. Hoja de triplay, Red de arrastre transportada por la marea., STD 2003.

Figura: 69. composición fotográfica de residuos observados en X´Cacel durante la elaboración del presente Trabajo, donde podemos observar desde latas, botellas, calzado

, cuerdas, Unigel y residuos orgánicos derivados de la utilización de madera y palma., STD 2003.

Figura: 70. La presencia de residuos orgánicos como sargazo es característica en X´cachel., STD 2003.

Figura: 71. Residuo de petróleo acumulado en la playa.

Figura: 72. Segmento de fotografía aérea escala 1:10000 utilizada para la identificación de vegetación de X´Cachel, mediante la fotointerpretación y registros in situ.

Figura: 73. La vegetación se encuentra ampliamente representada por individuos como; palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), chilit (*Thrinax radiata*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), de izquierda a derecha., STD 2003.

Figura: 74. La veredas existentes permitieron un fácil acceso a la selva baja. De igual forma en la duna costera., STD 2003.

Tabla: 23. Índices de diversidad (Shannon-Weiner), riqueza y equidad obtenidos en los principales tipos de vegetación del Santuario.

Figura: 75. Mapa de vegetación para X´Cachel, procesado y digitalizado en un sistema de Información Geográfica Arc View 3.1., STD 2003. Derecha RHIZOPHORA mangle, Selva Baja, Selva Mediana y Manglar de *Conocarpus Erecta*.

Figura: 76. Anfibios y reptil Observados en X´Cachel. STD 2002.

Figura: 77. Patrón de zonación arrecifal observado en el área del Santuario.

Figura: 78. El arrecife es de gran importancia en X´Cachel. STD 2003.

Figura: 79. Laguna Arrecifal X´Cachel, STD 2000.

Figura: 80. Barlovento coral blando abanico (*Gorgonia*); Esponja incrustante (*Mycale laevis*); Segmento de cresta arrecifal punta norte Chemuyil., Ecored 1998, STD 2003.

Figura: 81. El arrecife frontal presenta especies de Corales Gorgonáceos; Coral duro (*Montastrea annularis*); Coral de fuego (*Millepora complanata*). Ecored 1999.

Figura: 82. El arrecife de X´Cachel presenta una gran belleza para la práctica del buceo libre donde podemos observar especies como; Corales Gorgonáceos el límite con Xel-Ha, Jardines de Coral blando, y especies bajo protección especial como *Acropora Palmata*. Ecored 1999, STD 2003.

Figura: 83. Zonificación arrecifal presente en El Santuario de la Tortuga Marina X´Cachel-X´Cachelito, Fuente; universidad de Quintana Roo 1998.

Figura: 84. Tortugas marinas que llegan a anidar en las playas de X'cacel; caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*). STD 2000.

Figura: 85. Corrales de anidación presentes en X'cacel a cargo del parque Xcaret, STD 2003.

Figura: 86. Construcción del antiguo restaurante que se utiliza actualmente como base del campamento tortuguero, STD 2003.

Figura: 87. Durante el mes de agosto del año 2000, un grupo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, acampo en el área con fines educativos, STD 2000.

Figura: 88. Grupo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Del módulo de metodología IV y Diversidad animal I, en X'cacel STD 2000.

Figura: 89. Vista panorámica del Santuario de la Tortuga Marina X'cacel- X'cacelito, STD 2003.

#### *Lista de Tablas y Cuadros.*

Cuadro: 1. Categoría y nombre de ciclones que se han presentado en las costas de Quintana Roo, en el periodo de 1980 a 1998, Fuente CNA.

Cuadro: 2. El crecimiento de población en el estado de Quintana Roo, se comenzó a concentrar en el Municipio de Solidaridad, primordialmente en la cabecera Municipal Playa del Carmen.

Cuadro: 3. Nivel poblacional Municipal.

Cuadro: 4. Nivel educativo, Número de alumnos y personal académico registrado en el Municipio de Solidaridad hasta el año 2000. INEGI.

Cuadro: 5. Valores de concentración de sólidos disueltos totales para determinar la calidad de agua, Fuente CNA.

Cuadro: 5. Comportamiento de Nutrientes en los cuerpos de agua localizados en X'cacel así como el flujo Hidrológico entre Akumal y Coba., Fuente Estudio de Geohidrología Ecored 1999.

Cuadro: 6. Asociaciones y composición de vegetación en X'cacel., Fuente UQROO 1998.

Cuadro: 6. Indica la composición de especies que se presenta a lo largo de la estructura arrecifal en X'cacel. UQROO 1998.

Cuadro: 7. Número de Tortuga anidantes en las playas de la costa de Quintana Roo, Xcaret, 1997; PO, 21 de febrero de 1998.

Cuadro: 8. Descripción de los tipos de impacto que se consideraron en la construcción de la MATRIZ DE LEOPOLD.

Cuadro: 9. Descripción de ramas planteadas para el método de Sorensen.

Tabla: 1. Valores climáticos aplicables a la zona de X'cachel, los datos se tomaron del registro de 11 años llevado por la Zona Naval de Cozumel.

Tabla: 2. Promedio mensual de precipitación y temperatura registrados en la zona de X'cachel por la Universidad de Quintana Roo, 1998.

Tabla: 3. Frecuencia mensual de huracanes y tormentas tropicales, reportada para las costas de Quintana Roo. El promedio fue obtenido en base a los registros de la CNA, en un periodo de 100 años, 1886-1996.

Tabla: 4. Grupos presentes en el ambiente marino así como Familias, Genero y Especies, UQROO 1998.

Tabla: 5. Pueblos consolidados en el territorio de Quintana Roo durante el Siglo XIX,

Tabla: 6. Registro de crecimiento poblacional en todo el Estado registrando a una tasa promedio de 2.75 %.

Tabla: 7. Fuente: INEGI. Estadísticas históricas de México. Censo de población y vivienda 2000. Resultados definitivos, tabulados básicos, XI censo general de población y vivienda.

Tabla: 8. Porcentaje de la población en el Estado de Quintana Roo por Municipio, en el periodo de 1970-2000, la mayor población se concentra en Benito Juárez, Othón p. Blanco y Solidaridad, respectivamente. INEGI, Anuario estadístico del Estado.

Tabla: 9. Porcentaje de población migrante de Quintana Roo y entidad de origen, INEGI 1990.

Tabla: 10. Localidades que se ubican cercana a X'cachel las cuales representan el 17% de la población Total Municipal.

Tabla: 11. Censo 95 de población y vivienda. Resultados definitivos y tabulados básicos de habitantes con instrucción educativa. Fuente: INEGI. Quintana Roo.

Tabla: 12. Numero de Viviendas registradas en las comunidades cercanas a X'cachel, uso e índice de hacinamiento, INEGI 1995.

Tabla: 13. Numero de viviendas en Tulum, Chemuyil y Akumal que cuentan con los servicios de Energía eléctrica, Drenaje y agua potable. Fuente: INEGI. Quintana Roo. Censo 95 de población y vivienda. Resultados definitivos y tabulados básicos.

Tabla: 14. El número de visitantes a las costas de Quintana Roo es de suma importancia para el desarrollo económico de la Zona, Fuente: Marketing Consultants, Enero de 1999.

Tabla: 15. Criterios del Ordenamiento Ecológico de las Unidades Territoriales de Gestión Ambiental para el área de Xcachel-Xcachelito, Quintana Roo. (P.O.1994).

Tabla: 16. Criterios de conservación de la unidad territorial de gestión ambiental T-8ª y T-9 para la región de Xcacel-Xcacelito, Quintana Roo.

Tabla: 17. Turistas y visitantes del área X'Cacel-X'Cacelito; Fuente: Información levantada por el Dr. Francisco J. Rosado May durante trabajos de campo en el área de X'Cacel-X'Cacelito para la elaboración del Programa de Manejo.

Tabla: 18. Valores obtenidos de diferentes indicadores, físicos y químicos de los Cenotes en X'cacel.

Tabla: 19. Parámetros registrados, composición de los tipos de suelo presentes en X'cacel tomados en agosto de 2000.

Tabla: 20. Resultados presentados por la Universidad de Quintana Roo en 1998, en la elaboración del plan de Manejo del Santuario.

Tabla: 21. La acumulación de todo tipo de residuos en las dos ensenadas es evidente, registrándose una gran variedad.

Tabla: 22. Especies de algas depositadas en las playas de X'cacel, registros de la UQROO 1998.

Tabla: 24. Número total de fauna por grupo taxonómico, número bajo algún estatus y número asociado a algún hábitat. A = amenazada, R = rara, Pr = protección especial, PE = peligro de extinción, E = endémica, C = cinegética. SB = selva baja, M = manglar, MC = matorral costero, DC = duna costera, VS = vegetación secundaria, PL = playa.

Tabla: 25. Corales registrados en los muestreos realizados en X'Cacel-X'Cacelito. Por la Universidad de Quintana Roo. 1998.

Tabla: 26. Comparación del número de tortugas caguama marcadas, reanidantes y remigrantes entre el corredor Playa del Carmen-Punta Allen y el área de X'Cacel-X'Cacelito.

Tabla: 27. Comparación del número de tortugas blancas marcadas, reanidantes y remigrantes entre el corredor Playa del Carmen-Punta Allen y el área de X'Cacel-X'Cacelito.

Tabla: 28. Matriz de Leopold donde se representan las relaciones entre las acciones generadoras de impacto y los elementos impactables para la zona de X'cacel.

Tabla: 29. Resumen de impactos obtenidos del conteo realizado a partir de la matriz de Lepold.

Tabla: 30. Matriz de Mc Harg se construye tomando en cuenta, acciones generadoras de impacto, grado de resistencia, identificado para cada elemento susceptible de ser impactado.

Tabla: 31. Valores asignados a los elementos propios que componen una rama (proviene de Cuadro 9), probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia.

Tabla: 32. Resumen de impacto pesado y neto por rama calculado por el método de Sorensen así como el Impacto ambiental esperado. (Los datos provienen de la tabla 31).

Tabla: 33. La composición de las actividades generadoras de impacto es atendida por observancia en los instrumentos regulatorios como son programas de ordenamiento ecológico, leyes, normas y reglamentos que se encuentre en vigencia.

Tabla. 34. Descripción del modelo PRESION-ESTADO-RESPUESTA, correspondiente al Diagnostico Ambiental de X´Cacel- X´Cacelito.