



Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas



BASES ECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE UN ARRECIFE
CORALINO DEL CARIBE MEXICANO

PRESENTA:

Biol. Mar. IRÁN SUÁREZ GONZÁLEZ

La Paz, Baja California Sur, 15 de agosto de 2005



CGPI-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 07 del mes de Julio del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"BASES ECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE UN ARRECIFE CORALINO DEL CARIBE MEXICANO"

Presentada por el alumno:

SUÁREZ

Apellido paterno

GONZÁLEZ

materno

IRÁN

nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	8	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. ERNESTO AARON CHAVEZ ORTIZ

PRESIDENTE

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ

SECRETARIO

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL

DRA. LAURA SANCHEZ VELASCO

TERCER VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 07 del mes Julio del año 2005, el (la) que suscribe IRÁN SUÁREZ GONZÁLEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011286 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTIZ y cede los derechos del trabajo titulado: "BASES ECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE UN ARRECIFE CORALINO DEL CARIBE MEXICANO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ikrham@yahoo.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

IRÁN SUÁREZ GONZÁLEZ

nombre y firma



CONTENIDO

Lista de tablas.....	ii
Lista de figuras	iii
Resumen	v
Abstract	vi
I. Introducción.....	1
II. Zona de estudio	7
III. Materiales y métodos	16
IV. Resultados	20
V. Discusión	75
VI. Literatura citada	88
VII. Anexos	91

Lista de tablas

Tabla 1. Principales acciones que se han llevado a cabo en la Isla Contoy para la protección de su biota.....	14
Tabla 2. Acciones realizadas en pro de la protección de los arrecifes.....	14
Tabla 3. Material fotográfico y cartográfico empleado (en todos los casos la fuente es el INEGI).....	18
Tabla 4. Aspectos característicos de las principales zonas arrecifales del polígono 1. Costa Occidental de Isla Mujeres (INE-Plan de manejo, 1996).....	24
Tabla 5. Aspectos morfológicos de algunos arrecifes y zonas arrecifales.....	25
Tabla 6. Principales características de los ambientes que se encuentran en el polígono de Punta Cancún.....	29
Tabla 7. Algunas características de las zonas arrecifales del polígono de Punta Nizuc.....	37
Tabla 8. Número de embarcaciones permitidas por polígono.....	52



Tabla 9. Comportamiento de la flota de Contoy y de la del Golfo de México en los dos últimos años..... 70



Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	9
Figura 2. Esquema metodológico para la integración del SIG.....	19
Figura 3. Diagrama del perfil arrecifal, donde se muestra una zonación típica de los arrecifes en la zona: I laguna; II cresta arrecifal; III arrecife frontal o zona de rompiente (IIIa, subzona de Acropora millepora; IIIb subzona estéril); IV, frente arrecifal (tomado de Jordán, 1989).....	21
Figura 4. Principales zonas arrecifales y polígonos que constituyen el Parque Marino Nacional Costa Occidental Isla Mujeres Punta Cancún Punta Nizuc.....	23
Figura 5. Localización de los principales arrecifes del primer polígono del parque marino con cobertura coralina y algal.....	25
Figura 6. Perfiles batimétricos del arrecife El Garrafón (a) perfil de norte a sur (b) de noreste a suroeste.....	26
Figura 7. Perfiles batimétricos del arrecife Manchones grande (A) de oeste a este (b) noreste a sureste.....	27
Figura 8. Figura con imagen de 3d con zona bahía somero y profundo datos de la cobertura de corales y algas.....	30
Figura 9. Perfiles batimétricos del arrecife Chitales (A) oeste a este (B) sur a norte.....	31
Figura 10. Perfiles batimétricos del arrecife Cuevones (A) noreste a sureste (B) norte a sur	32
Figura 11. Perfiles batimétricos del arrecife La Bandera (A) oeste a este (B) suroeste a noreste	33
Figura 12. Perfiles batimétricos del arrecife Barbones (A) suroeste a noreste (B) norte a sur	34
Figura 13. Perfiles batimétricos del subpolígono donde se localizan varios arrecifes (A) norte a sur (B) oeste a sureste (C) noroeste a sureste	35
Figura 14. Arrecifes del polígono y coberturas de los corales y algas.....	38
Figura 15. Perfiles batimétricos de la primera barrera	38
Figura 16. Perfiles batimétricos de la segunda barrera (A) oeste a este (B) norte a sur	39
Figura 17. Perfiles batimétricos de la tercera barrera norte (A) oeste a este (B) norte a sur	40
Figura 18. Perfiles batimétricos de la tercera barrera centro (A) oeste a este (B) noreste a suroeste	41
Figura 19. Perfiles batimétricos de la tercera barrera sur (A) oeste a este (B) norte a sur.....	42
Figura 20. Cambio de la Cobertura de coral duro en algunos arrecifes de la zona de estudio.	44
Figura 21. Cambio de la Cobertura de algas en algunos arrecifes de la zona de estudio	44

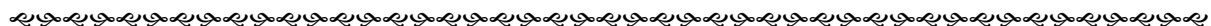


Figura 22. Cobertura de principales componentes del bentos en tres arrecifes del área de estudio.....	45
Figura 23. Cobertura en centímetros lineales de principales grupos bentónicos del arrecife Cuevones (Esc= escleractínios, Oct= octocorales, Hid= hidrocorales, Otr= otros organismos, Alg=algas)...	46
Figura 24. Densidad promedio por principales grupos bentónicos del arrecife Cuevones (Esc= escleractínios, Oct= octocorales, Hid= hidrocorales, Zoa= zoantídeos).	46
Figura 25. Riqueza específica de algunos bentónicos en arrecifes de la zona de estudio.	48
Figura 26. Polígonos georeferenciados del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. Los rectángulos más pequeños dentro de los polígonos indican la posición exacta de las principales zonas arrecifales.	50
Figura 27. Actividades permitidas en polígono 1, Costa Occidental de Isla Mujeres Observaciones: No recorrido en la jungla, no buceo nocturno, no pesca de langosta. R= aunque la actividad es permitida su ejecución esta restringida.....	51
Figura 28. Actividades permitidas en el polígono 2, Punta Cancún. Observaciones: No submarino, no pesca comercial fuera del área concesionada...	51
Figura 29. Actividades permitidas en el polígono 3, Punta Nizuc. Observaciones: No submarino	51
Figura 30. Número de permisos y empresas que se autorizaron en el parque.....	52
Figura 31. Número de embarcaciones autorizadas por polígono.....	53
Figura 32. Número de pasajeros autorizados por polígono.....	54
Figura 33. Número de pasajeros autorizados por actividad.....	55
Figura 34. Número de embarcaciones autorizadas por actividad.....	55
Figura 35. A) Población total del estado y de los municipios Benito Juárez e Isla Mujeres B) crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Cancún.....	60
Figura 36. Producto interno bruto según gran división de actividad económica (en por ciento).	62
Figura 37. Turistas que se alojaron en establecimientos de hospedaje por principales centros turísticos (2000)	62
Figura 38. Crecimiento de la oferta de cuartos de hotel en Cancún.....	64
Figura 39. Población que se emplea en los principales sectores de actividad.....	64
Figura 40. Principales especies que se explotan en el estado de Quintana Roo.....	65
Figura 41. Tendencia histórica de las capturas de camarón rojo y de roca en el caribe.	68
Figura 42. Ajuste de la pesquería de camarón rojo.....	69
Figura 43. Ajuste de la pesquería de camarón de roca.....	69
Figura 44. Barcos que operan en la zona adyacente a Isla Contoy para la pesca de camarón....	70
Figura 45. Tendencia histórica de la captura de la langosta roja <i>Panulirus argus</i> en el estado de Quintana Roo	72
Figura 46. Captura de la pesca de pulpo	74
Figura 47. Captura pesquera total y crecimiento de la población del estado de Quintana Roo.....	83



Resumen

En este trabajo se presenta una revisión general del estado de conservación de un grupo de arrecifes del norte del caribe mexicano, con base en información ecológica recavada en la literatura, información generada en un Sistema de Información Geográfica y observaciones personales. Además se realizó una indagación socioeconómica de la zona ya que aquí se localiza el principal centro de desarrollo turístico del país: Cancún, lo anterior con el objetivo de realizar una descripción ecológica de los arrecifes coralinos del Noreste de la península de Quintana Roo en el contexto del desarrollo socioeconómico de la región. Aunque en la zona de estudio se tiene el reporte de una alta riqueza específica (76 especies entre corales duros y blandos) es evidente el deterioro de los arrecifes coralinos y en general su cobertura es muy baja; los estudios temporales indican que los arrecifes coralinos están cambiando rápidamente a arrecifes de algas. Como una medida de protección para los arrecifes el 19 de julio de 1996 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto presidencial por el cual se declara el Parque marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc. La presión turística de manera directa o indirecta, esta afectando gravemente la salud de los arrecifes en la zona de estudio. No obstante que la mayoría de las actividades que se practican son náutico-recreativas, muchos de los arrecifes presentan un deterioro grave tal vez como reflejo de la contaminación del Sistema Laguna Nichupté y de la fuerte presión turística, pues con el uso pleno de su capacidad instalada, recibe 2,500,000 turistas anualmente. Es factible que el desarrollo y la aplicación de nuevas técnicas como los SIG faciliten la visualización de la problemática, dando elementos más sólidos para una reorganización del manejo. Hasta la fecha las investigaciones ecológicas son insuficientes para proporcionar información veraz que permita un verdadero uso sostenible de la región.



Abstract

This work presents a general review of the conservation state of a coral reef group located at Mexican north Caribbean sea. The results are based on ecological information from scientific resources, data generated from a Geographical Information System and direct observations. I also did a socioeconomic research of the zone, because here is Cancun, the main tourism centre of the country. The main objective was to make an ecological description of the coral reefs at the Northeast of Quintana Roo in the context of the economic regional development. Although this zone is considered as a zone with high specific richness (76 species between hard and soft corals), there is evidence of destruction of the reefs. Its coverages are low. Temporary studies show that coral reefs are changing very fast to algae reefs. On July 19 of 1996 it was published at the Official Diary of the Federation that the Western Coast of Isla Mujeres, Punta Cancun and Punta Nizuc became Marine Protected Area. The direct or indirect pressing of the tourism at this zone and the pollution from Nichupté Lagoon seems to affect seriously the coral reefs. This zone receive an annual pressure from 2, 500, 000 tourists. The development and the application of new techniques as SIG could made easy an objective view of this problem. Also it can give more solid elements for a reorganization of the management. Actually the ecological research is insufficient for give the properly information that allow a really good management of the area.



I. INTRODUCCIÓN

Los ambientes costeros presentan una gran variedad de formas y dinámicas que dan lugar a ambientes claramente distinguibles entre sí por el tipo de sedimentos, geoformas u otras variables oceanográficas, climáticas y bióticas; entre éstas se tienen playas, ensenadas, bahías, deltas, lagunas, estuarios, manglares, marismas, esteros, planicies de marea, islas de barrera, canales de marea, dunas, etc. Algunos ecosistemas como los estuarios, marismas, manglares y pastos marinos, se caracterizan por una alta producción biológica más que por una alta diversidad de especies, siendo importantes para otros ecosistemas marinos como arrecifes coralinos, por la estrecha interacción que surge entre ellos, así como para el desarrollo humano por la asociación con pesquerías y demás servicios que proveen (Vázquez-Domínguez, 2000).

El arrecife coralino es uno de los ecosistemas más complejos de la biosfera; está constituido básicamente por corales hermatípicos, que se distinguen por su capacidad de producir un esqueleto externo de carbonato de calcio, formar arrecifes y por desarrollarse en aguas pobres en nutrimento (Jordán, 1993). En el arrecife se observan una gran diversidad de especies animales y vegetales que constituyen una compleja red de interacciones (Levinton, 1995). La explicación de este fenómeno se atribuye al principio ecológico de la estabilidad y los mecanismos que la selección natural pone en juego se caracterizan por una intensificación de la competencia entre las especies, la cual a través del proceso evolutivo se traduce en el aumento de la diversidad de especies y una intensa explotación y aprovechamiento de todos los nichos disponibles (Chávez e Hidalgo, 1988).

La distribución de los corales hermatípicos o constructores de arrecifes, y por tanto la distribución de los arrecifes coralinos a nivel mundial, está confinada a los trópicos, dentro del cinturón delimitado por las isotermas de 20° C debido básicamente a sus requerimientos de temperatura, siendo el intervalo óptimo de 25 a 29° C, aunque pueden encontrarse en lugares donde ésta es más baja, incluso menor a los 18° C, donde su desarrollo es limitado (Brusca, 1980; Levinton, 1995).

Los arrecifes son de gran importancia por múltiples razones, por ejemplo, funcionan como barreras que protegen la línea de la costa (contra tormentas y huracanes), evitan la erosión y contribuyen a la formación de playas y costas promoviendo además el desarrollo de un complejo de ecosistemas interdependientes, como manglares y pastos marinos. Son parte primordial del sostenimiento de la composición y abundancia de especies de animales y plantas ecológicamente importantes dentro y entre ecosistemas; además, desde el punto de vista económico, sostienen diversas pesquerías asociadas a ellos y son fuente significativa de ingresos para diferentes sectores



asociados al turismo comercial, y para la explotación de especies de ornato (Chávez, 2000; Vázquez-Domínguez, 2000).

Algunos de los problemas fundamentales que enfrentan actualmente los ambientes oceánicos y costeros (como los arrecifes coralinos) del país son, por un lado, la carencia de información oceanográfica y biológica detallada y por otro, que son objeto de contaminación, alteración y degradación ecológica constantes. Además, debe considerarse que al no contar con un plan básico de ordenamiento ecológico de los sistemas costeros, se dificulta la instrumentación de medidas de uso y aprovechamiento razonables, estando esto relacionado directa o indirectamente con la pérdida de biodiversidad (Vázquez-Domínguez, 2000).

En las costas del Caribe mexicano se localiza una gran variedad de ecosistemas arrecifales que en general puede considerarse se encuentran en un buen estado de conservación. Éstos, en conjunto con los arrecifes de Belice, Guatemala y Honduras constituyen el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) con una extensión aproximada de 1000 Km. (por lo que se le ha considerado como el segundo sistema arrecifal más grande del mundo) (Chávez, 2000). Una iniciativa muy importante para el SAM comenzó el 5 de junio de 1997, cuando se firmó la declaración de Tulúm. La finalidad de este acuerdo es promover la conservación del sistema arrecifal a través de su uso sostenible y contribuir de este modo al bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Es bien conocido que la tendencia del turismo y su preferencia por buscar sitios con atractivos naturales va en aumento de tal manera que se vuelve prioritario asegurar la conservación de los recursos y garantizar su permanencia. La calidad estética de los arrecifes coralinos que integran el SAM esta convirtiéndolos en la principal fuente de divisas para muchos países tropicales, observándose a su vez un importante potencial para el desarrollo turístico (Chávez, 2000).

En México, el desarrollo turístico de mayor importancia se localiza en el noreste del estado de Quintana Roo, donde las actividades náutico-recreativas son el principal atractivo de la zona. Aquí se observan diversos problemas generados por la presión turística; ejemplo de esto es el aumento indiscriminado de embarcaciones que han dañado físicamente las zonas arrecifales, la libre comercialización de conchas, coral y diversos organismos extraídos del arrecife. Desafortunadamente, este tipo de prácticas provocan una acelerada degradación del ecosistema.

Dadas las circunstancias, se impone la necesidad de establecer prioridades de investigación y legislación, así como de mejorar las existentes (Chávez, 2000). De tal manera que se



visualiza como una necesidad la búsqueda y aplicación de nuevas y prácticas herramientas que sirvan de apoyo para tener un conocimiento más amplio de las características de los ecosistemas.

Una de estas herramientas son los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Aunque no tienen una definición única pueden decirse que son una colección de tecnología informática, de datos y de procedimientos para coleccionar, almacenar, manipular, analizar y presentar mapas e información descriptiva sobre características que pueden ser representadas en mapas (Aronoff, 1986; citado por Quintela-Fernández, 1995).

Dado lo anterior, los sistemas de información geográfica se implementan como herramientas capaces de analizar, integrar y confrontar espacialmente distintas series de datos georeferenciados para obtener información adicional que permita dar respuestas útiles a problemas específicos. Algunas de las ventajas del uso de los SIG en el manejo de recursos naturales es que puede disponerse de información georeferenciada sobre éstos, de tal forma que se identifican problemas localizados y se pueden aplicar medidas a unidades de gestión homogéneas de las cuales se ha estudiado previamente el comportamiento y delimitado las áreas de explotación; así mismo, se toman en cuenta tanto aspectos cuantitativos como la estabilidad y distribución espacial de los recursos, por ejemplo, identificando áreas de elevada riqueza de especies y centros de endemismo, con lo cual se pueden tomar las decisiones de conservación (Bojórquez-Tapia et al., 1995).



Justificación

Con el desarrollo de esta investigación se proveerá una visualización general del estado de los arrecifes en la zona de estudio, así como del uso y la intensidad de éste con miras a tener información de estos aspectos, como elementos importantes que apoyen nuevas decisiones en las estrategias de manejo de la zona, la cual representa un polo de desarrollo turístico muy importante en el país.

Al no poder evitarse el desarrollo y con él, la creciente amenaza a la que están sujetos los ecosistemas arrecifales; la mejor alternativa es buscar su conservación mediante un uso adecuado y sostenible siendo indispensable para esto la búsqueda e implementación de diversas herramientas que sirvan de apoyo, una de ellas son los Sistemas de Información Geográfica.



I.3. OBJETIVOS.

I.3.1. GENERAL

Realizar una descripción del estado de conservación de algunos arrecifes coralinos del Noreste de la península de Quintana Roo.

ESPECÍFICOS

- ☼ Efectuar una caracterización general de los arrecifes en la zona.
- ☼ Caracterizar la zona de estudio mediante un modelo del entorno marino.
- ☼ Elaborar una descripción del desarrollo socioeconómico de la región, con énfasis en actividades actuales y potenciales que puedan impactar las zonas arrecifales.
- ☼ Analizar el estado de las acciones de manejo sobre los arrecifes.



II. ZONA DE ESTUDIO

II. 1. CARACTERISTICAS GENERALES

El área de estudio esta localizada entre los 21° 01 ' y 21° 34 ' de latitud Norte y 86° 55 ' de longitud Oeste (Figura 1) en la parte noreste de la península de Yucatán, y pertenece a la Provincia Oceánica Mar Caribe (Arriaga-Cabrera et al., 1988).

El clima de la zona se puede definir como cálido subhúmedo, con temperatura media superior a los 22° C y máxima evaporación en verano que es cuando se presentan principalmente las lluvias, la precipitación anual es mayor a 1 100 mm. Las tormentas tropicales, huracanes y ciclones se observan de mayo a noviembre y los nortes de noviembre a marzo. La corriente que domina la zona es la de Yucatán, que fluye de sur a norte con velocidades promedio mayores a 2 nudos durante la mayor parte del año (Chávez e Hidalgo, 1988).

La temperatura media mensual del agua varía entre 25.6° C en enero (20.3° C en época de nortes) hasta 29.1° C en agosto, dando un promedio anual de 27.5 ° C. La marea es semidiurna de poca amplitud (Jordán, 1979).

En la costa este de la península de Yucatán las formaciones arrecifales son más o menos continuas, desarrollándose sobre la angosta plataforma continental (Jordán, 1981) éstas son principalmente de borde, considerándoseles en algunas zonas como arrecifes de barrera, aunque también se presentan numerosas lagunas arrecifales someras y de poca extensión (Jordán, 1981; Chávez e Hidalgo, 1988) estas formaciones constituyen la parte norte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) que exhibe su máximo desarrollo frente a las costas de Belice (INE-SEMARNAT, 1998).

La zona de estudio forma parte de lo que se considera la región zoogeográfica del caribe la cual comprende a los arrecifes del mar Caribe, Bermudas, Bahamas, Florida y los del Golfo de México. Los arrecifes coralinos de esta región son muy similares en la composición de sus especies y características de desarrollo, no obstante, se distinguen unos de otros por su fisiografía y la abundancia relativa específica, dándose un patrón de zonificación particular para cada uno de ellos (INE-SEMARNAP, 1998).

Los huracanes y tormentas tropicales probablemente afectan a todos los arrecifes del Atlántico mexicano, pero con diferente intensidad y frecuencia. La temporada de huracanes se extiende de junio a noviembre, alcanzando el máximo entre agosto y septiembre. Entre el año 1886 y 2000, 162 tormentas (112 tormentas tropicales y 50 huracanes) han atravesado las regiones arrecifales. De las tormentas 50 pasaron por el sureste del Golfo de México, el Banco de Campeche y el Caribe y 23 solo pasaron a través del Banco de Campeche y el Caribe; las restantes



afectaron sólo una región. Los arrecifes del Banco de Campeche y el Caribe son afectados con mayor frecuencia y por huracanes más fuertes. La frecuencia de huracanes fuertes en el mar caribe (3 a 5 en escala de SSFIR-SIMPSON) es de 18.5 años. (Jordán y Rodríguez-Martínez, 2003).

II. 1. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES.

En la zona de estudio los arrecifes se desarrollan a partir de la punta sur de la Isla Contoy, donde se localiza el arrecife Islaché; yendo hacia el sur se encuentra el arrecife El Cabezo; el desarrollo de la cresta arrecifal entre éstos prácticamente es continuo con una extensión aproximada de 14 Km. Posteriormente, se encuentran los arrecifes del sur de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, los cuales se abordaron en este estudio (Figura 1). La mayoría de éstos se encuentran a profundidades menores de 10 m.

Los arrecifes son principalmente de tipo bordeante con tres variaciones: a) con un canal bien definido entre la costa y la cresta arrecifal, b) con un canal incipiente y c) sin canal. Del litoral hacia mar adentro sobre el eje morfológico presenta tres zonas estructurales (figura 2) I) La laguna arrecifal, que se forma con el canal, II) la cresta arrecifal, que es la parte más somera del arrecife y III) El arrecife frontal, que es la parte más profunda y se forma en barlovento (Jordán, 1981 ; INE-SEMARNAP, 1998). Algunas de los géneros de escleractínios que pueden observarse son *Acropora*, *Montastrea*, *Porites*, *Favia*, *Agaricia*, *Siderastrea* y *Diploria*.

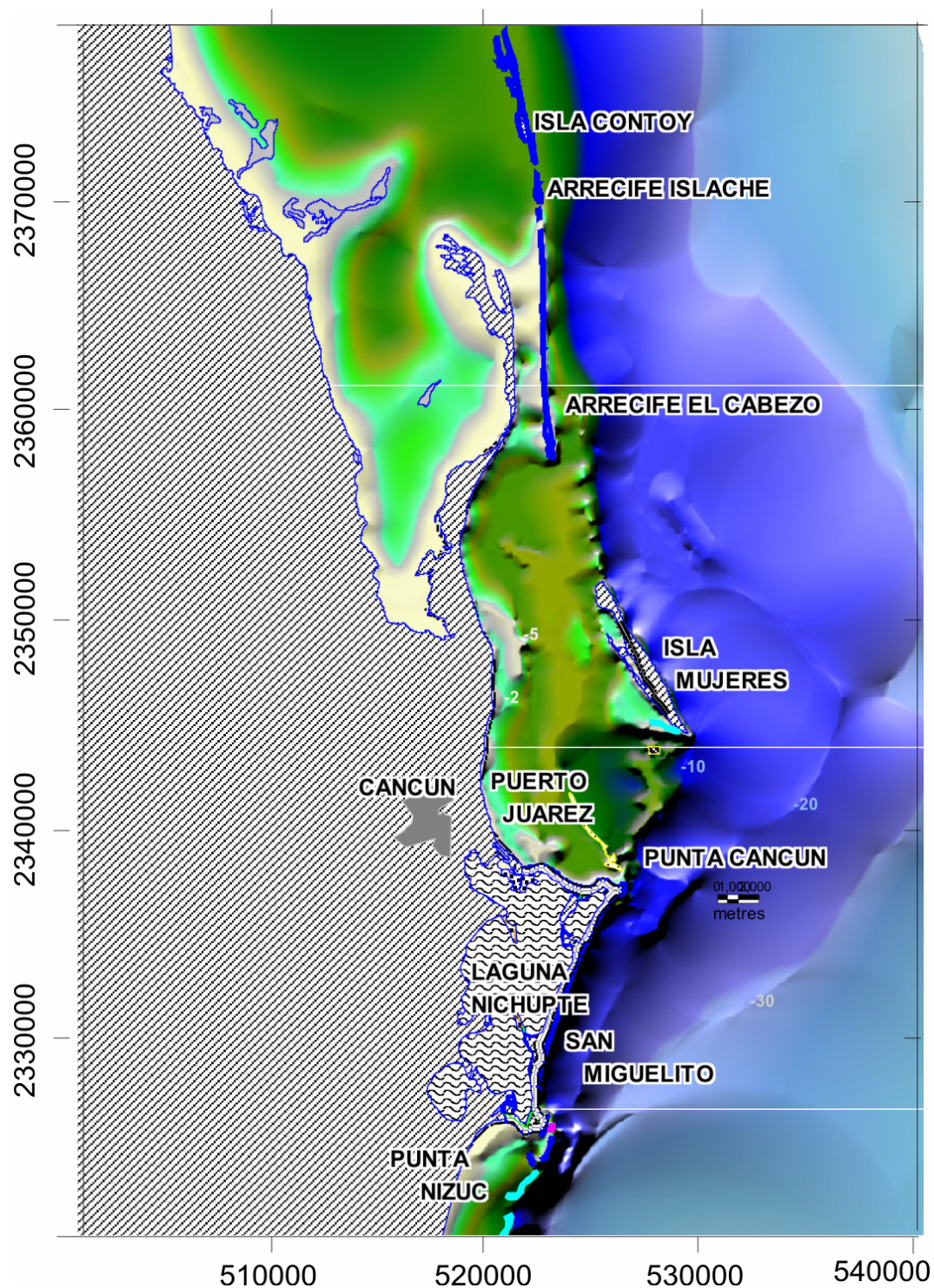


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

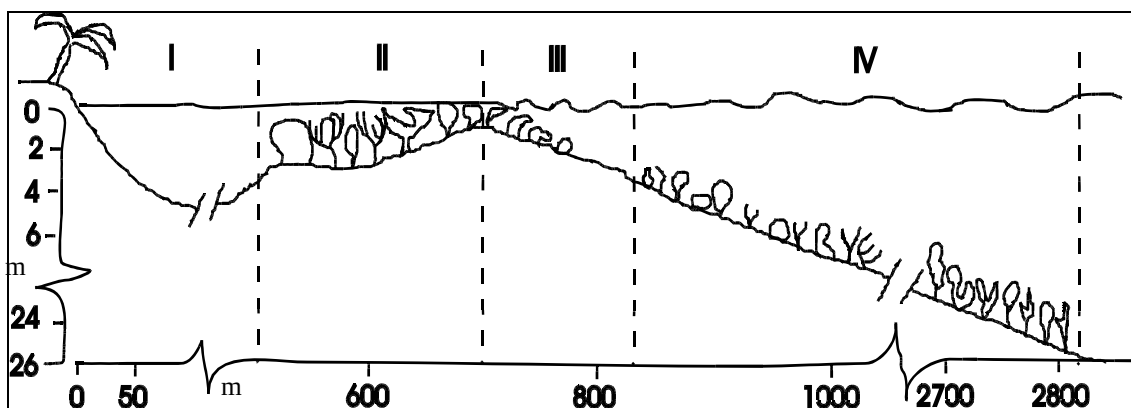


Figura 2. Diagrama del perfil arrecifal, donde se muestra una zonación típica de los arrecifes en la zona: I laguna; II cresta arrecifal; III arrecife frontal o zona de rompiente, IV frente arrecifal (tomado de Jordán, 1981).

En la zona se encuentra otro ecosistema de gran importancia, el Sistema Lagunar Nichupté (Figura 1) está situado en la parte NE de la península de Yucatán, en el territorio de Quintana Roo, a los 86° 44' de longitud y 21° 31' de latitud aproximadamente. Se encuentra en una región tropical con clima cálido, subhúmedo con lluvias aisladas, clasificación AW (Koeppen) (Jordán et al., 1978a). Las investigaciones que ha realizado la UNAM revelan que no hay fuerzas importantes que impulsen el intercambio de agua entre sus lagunas y el mar, lo cual provoca que el sistema tarde dos años en renovar totalmente sus aguas, esta es una característica relevante si se considera que la mayoría de las lagunas y estuarios renuevan sus aguas totalmente en periodos de días a semanas [1].

El sistema está formado por la laguna Nichupté propiamente, una laguna más o menos aislada conocida como Laguna de Bojórquez y dos lagunas pequeñas, la de Somosaya y Río Inglés que se caracterizan por tener numerosos cenotes sumergidos, los cuales aportan cantidades considerables de agua dulce al sistema (Fig. 3). Este sistema es somero, la profundidad promedio de la cuenca es de 1.5-2 metros y muy rara vez excede de los 3.5 metros, la pendiente de las orillas al fondo es muy suave excepto en los canales. Los lugares más profundos del sistema están localizados en los canales de comunicación con el mar, el Canal Cancún, al norte de la laguna, frente a Isla Mujeres, el canal Nizuc al sur de ésta y el canal de la Zeta que atraviesa el bajo del mismo nombre, con un promedio de 2.0 a 2.5 m, llegando en ocasiones hasta 5 m de profundidad. Toda la laguna esta bordeada en su margen interno por densos manglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia* sp.) que unen prácticamente la tierra firme con la Isla Cancún. En el



lado occidental estos manglares crecen sobre una llanura de inundación y a medida que se adentran a tierra continental, son sustituidos por una selva baja perenifolia (Jordán et al., 1978a).

II. 2. ANTECEDENTES.

II.2.1. Estudios realizados

Son diversos los estudios realizados sobre los arrecifes coralinos del estado de Quintana Roo. Una de las primeras investigaciones fue realizada por Jordán y Nugent en 1978b, quienes evaluaron la población de *Plexaura homomalla* en la costa noreste de la península de Yucatán, con el fin de determinar las posibilidades de explotar el recurso, encontrando que la distribución es en parches con cambios importantes en la densidad.

Fenner (1988) estudió los arrecifes de la Isla Cozumel, describiendo con detalle sus perfiles de profundidad, el autor reporta 38 especies de coral y 13 formas coralinas, así como una cobertura mayor que la que se observa en la costa. Jordán (1988) estudió los arrecifes profundos (localizados a más de 20 m) de la isla; el autor da una lista preliminar de 41 especies de escleractíneos, reportando que éstos no son los controladores más importantes del sustrato y que, debido a que existe un alto grado de bioerosión sobre la superficie arrecifal, predominan condiciones de baja iluminación y penumbra en lo profundo.

Asimismo, se tienen estudios enfocados no solo a la descripción de los arrecifes sino también a la problemática de éstos, Chávez e Hidalgo (1988) en su estudio presentan una reseña de los tipos de arrecifes del caribe noroccidental y Golfo de México, señalando que algunos son una combinación de arrecifes marginales y en plataforma. Los autores hicieron una revisión de la naturaleza y diversidad de las fuentes del impacto que se manifiesta en 12 arrecifes, considerando que solo los de Flower Garden Bank (costas de Lousiana, Texas), Palancar y Banco Chinchorro muestran un buen estado de conservación; finalmente sugieren diversas acciones que pueden ayudar a mitigar el impacto de las actividades humanas. Por su parte, Muñoz-Chagúin y de la Cruz-Agüero (1993) presentan una descripción del arrecife de Akumal, haciendo énfasis en la distribución batimétrica; en general encontraron 33 especies, entre escleractínios e hidrozoos, una densidad coralina de hasta 31 colonias/m², una cobertura mayor al 24 % y una mayor riqueza coralina entre los 12 y 18 m de profundidad. Como resultado de esta investigación se plantea parte de la problemática del lugar así como una serie de acciones que pueden ayudar en la conservación y manejo de los arrecifes del lugar. Chávez (1997) proporciona información acerca de la eficiencia de dos tipos de muestreo: transecto fotográfico y censo visual, siendo el primero para el bentos y el segundo para la comunidad de peces de arrecife, de tal manera que el autor



los recomienda para cuestiones de manejo y conservación de los ecosistemas arrecifales, debido a que se puede obtener una adecuada representación de la comunidad coralina y de peces.

Específicamente, para la zona de estudio (Fig. 1) son escasas las investigaciones que se han llevado a cabo sobre los arrecifes coralinos. En ellos la perspectiva ha sido principalmente hacia el conocimiento de su ecología. Jordán (1979) estudió la estructura y composición de los arrecifes y en 1981 en otro estudio del mismo autor sobre la estructura de la comunidad de los corales constructores en la barrera arrecifal del litoral mexicano determinó que las especies dominantes son *Acropora palmata*, *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa*, *Dichocoenia stokesii* y *Montastraea annularis*.

La fauna de gorgónidos también ha sido estudiada observándose que presenta los mismos patrones de zonación que el arrecife en escalas espaciales grandes, y que son la disponibilidad de sustrato y la fuerza de acción de las olas los factores más importantes que afectan la estructura de su comunidad (Jordán, 1989 a y b).

El efecto de fenómenos como los huracanes sobre algunas especies de la comunidad coralina fue analizado por Jordán y Rodríguez (1998), quienes observaron que en los arrecifes de Chitales y Puerto Morelos (localizados en el noreste de la península de Yucatán) la especie *Acropora palmata* tuvo patrones de recuperación altamente variables entre y dentro de los arrecifes en los años subsiguientes a los huracanes Gilberto y Keith de 1988.

Otros aspectos que se han documentado es la calidad ambiental del bentos en el arrecife de Punta Nizuc, Campos-Vázquez et al. 2002 encontraron que ésta aumenta gradualmente conforme disminuye la intensidad de visitantes. Por otra parte, los daños provocados por embarcaciones a los arrecifes también han sido evaluados, tal es el caso del accidente ocurrido en 1997, en el arrecife "Cuevones" el cual le provocó daños importantes en su estructura (Muñoz-Chagín y de la Cruz Agüero, 1998).

Sistema Lagunar Nichupté

Los estudios que realizó la UNAM en 1993 revelaron que dentro del sistema lagunar existen contaminantes como grasas y aceites en concentraciones que van desde los 10 a más de 50 mg/l (Figura 3) [1]. En algunos lugares como la laguna Bojorquez el aumento de las sustancias nutritivas genera como consecuencia una mayor producción de algas y materia orgánica que al descomponerse disminuye el oxígeno disuelto, la acumulación de material orgánico en el fondo de ésta laguna puede tardar del orden de 10 años en eliminarse totalmente, suponiendo que no se realicen más descargas ni dragados. Además, en ciertas zonas del sistema lagunar las macroalgas



al morir van a parar a la superficie, donde flotan y se descomponen despidiendo un olor desagradable [1].

Un factor que puede estar agudizando esta situación es el aumento en las construcciones costeras, que limitan el intercambio natural de las aguas de la laguna con el mar a través de la barra arenosa.

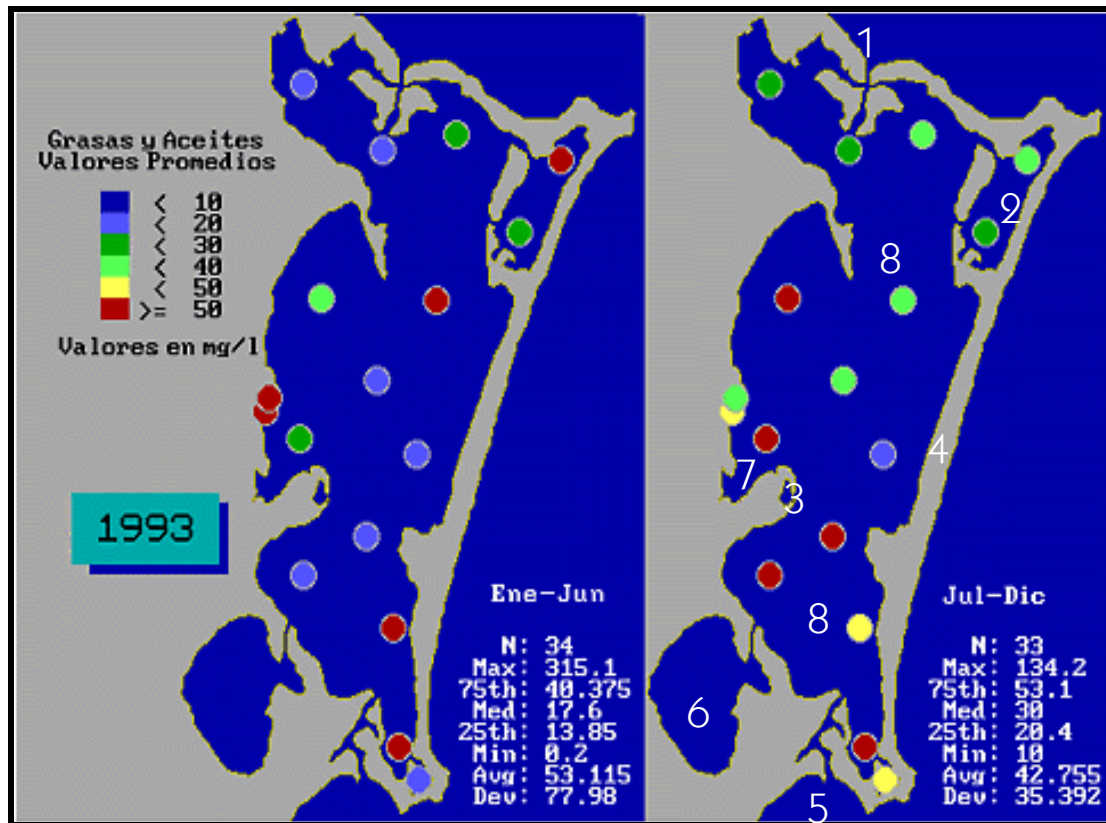


Figura 3. Valores promedios de grasas y aceites en la Laguna Nichupté [1]. 1. Canal Cancún. 2. Laguna Bojórquez. 3. Bajo Zeta. 4. Isla Cancún. 5. Canal Nizuc. 6. Río Inglés. 7. Somosaya. 8. Laguna de Nichupté

II.2.2. Protección Ambiental

Una de las estrategias que se plantean en la política ambiental para lograr la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales, así como enfrentar los procesos de deterioro es el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Éstas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados [2].



La creación de las ANPs se realiza mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en la cual se establecen los términos del marco jurídico para su desarrollo. Se tienen consideradas nueve categorías: 1) Reserva de la Biosfera, 2) Reserva Especial de la Biosfera, 3) Parque Nacional, 4) Monumento Natural, 5) Parque Marino Nacional, 6) Área de protección de Recursos Naturales, 7) Área de Protección de Flora y Fauna, 8) Parque Urbano y 9) Zona Sujeta a Conservación Ecológica. En conjunto hasta el 2003 se tenían 148 ANPs [2] de las cuales la mayoría (99) son Parques Nacionales y Reservas de la Biosfera (ver anexo A figura a-1), de tal manera que están resguardados diversos ecosistemas tanto marinos como terrestres (ver anexo A figura a-2). Del ambiente terrestre solamente el 6.9 % del total nacional se encuentra bajo protección, y del marino casi el 18 % del total del mar territorial (ver anexo A figura a-2).

En el área de estudio los primeros esfuerzos de protección de la biota comenzaron desde los años 60 cuando se emprendieron algunas iniciativas, como el decreto de Isla Contoy como Zona de Parque Natural y Refugio de la Fauna Nacional; el cuidado de los arrecifes se inició por la comunidad de Isla Mujeres desde 1963, con la ayuda del Centro de Estudios Deportivos y Acuáticos de México. A partir de entonces, son diversas las acciones que se realizaron en pro de la conservación de las riquezas naturales del lugar (Tabla 1 y 2), siendo un aspecto importante el incremento de la participación de distintos sectores, como investigadores, organizaciones sociales, autoridades, prestadores de servicios, etc. (INE-SEMARNAP, 1997; 1998).

Las iniciativas de protección dieron lugar a que en la actualidad el área de estudio sea un Área Natural Protegida (ANP): Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (PMN-COIMPC y PN).



Tabla 1. Principales acciones que se han llevado a cabo en la Isla Contoy para la protección de su biota.

Año	Acciones
1961	Se decretó a Isla Contoy como Zona de Parque Natural y refugio de la Fauna Nacional.
1977	Elaboración de un plan maestro para levantamiento de varias obras (oficinas museo, miradores, instalaciones de vigilancia, áreas para acampar y laboratorios de investigación.
1980	Término de las obras e inauguración por el entonces Presidente de la república López Portillo.
1986	Importantes enfrentamientos entre autoridades y pescadores, concluyendo en la quema de cabañas. Declaración de la isla como Zona Natural para la Protección de las Especies de Tortugas Marinas.
1990	Expulsión de varios pescadores establecidos ilegalmente
1991	Formación del comité prorehabilitación con pescadores y prestadores de servicios turísticos.
1993	La PROFEPA clausura de manera temporal la entrada a la Isla hasta que no se realizara un plan de manejo que garantizara su protección.
1993	Formación de las Asociaciones Civiles Amigos de la Isla Contoy y Por Contoy para apoyar actividades de mantenimiento a instalaciones, servicios e investigación.
1994	Presentación del plan de manejo del parque.



Tabla 2. Acciones realizadas en pro de la protección de los arrecifes.

AÑO	Acciones
1973	Se toma la primera acción de protección a nivel federal, por medio de un decreto que establece como zona de refugio de flora y fauna la ubicada en la costa occidental de Isla Mujeres incluyendo los arrecifes de Punta Cancún y Punta Nizuc, Quintana Roo.
1980	Creación del grupo ecologista de Isla Mujeres, A. C. quienes aplicaron una campaña permanente de boyeo en arrecifes como Manchones y el Farito con apoyo del ayuntamiento.
1986	Integración del primer comité plural (autoridades, grupos comunitarios, colegios e investigadores) dándose inicio a los trabajos de concertación y coordinación para el manejo sustentable del área.
1993	Se instala el Subcomité de Protección y Vigilancia del Sistema Lagunar Nichupté (SLN), órgano de consulta donde están representados los tres niveles de gobierno, colegios de profesionistas, centros de investigación, grupos ciudadanos y ecologistas, cámaras empresariales y medios de comunicación. Se decretó el Plan de Ordenamiento Ecológico del Sistema Lagunar Nichupté, en el cual se establecieron dos de los tres polígonos que actualmente forman parte del PMN-COIMPC y PN.
1995	Se firma un Convenio de Concertación para el uso y aprovechamiento sustentable de los arrecifes de la zona norte del estado de Quintana Roo y establecen las bases para el uso y aprovechamiento sustentable del área Firma del primer acuerdo integral con la finalidad de buscar un desarrollo sustentable por parte de instituciones, asociaciones agrupamientos e instancias integrantes del subcomité con ingerencia en la zona arrecifal. Se presentan al INE los términos del decreto de Parque Marino Nacional y se determinan los nuevos trazos de los polígonos.
1996	Se efectuó la declaratoria del Parque Marino Nacional Costa Occidental Isla Mujeres Punta Cancún Punta Nizuc (PMN-COIMPC-PN) por el entonces presidente de la república el Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León. A partir de la declaración el INE se hace responsable del Parque catalogándolo como una de las 25 Áreas Naturales Protegidas Prioritarias para el país.

II.2.3. Economía

En la zona se encuentra el desarrollo turístico más importante del país: Cancún. Este nace como un proyecto de progreso para la zona, basado en la concepción de que a través de la creación de polos de desarrollo, se producirán de manera espontánea procesos de crecimiento económico en su zona inmediata. De este modo INFRATUR (organismo precursor del Fondo Nacional para el Fomento al Turismo, FONATUR) y el Banco de México, integraron el Plan Maestro con un horizonte de 25 años (1970-1995), justificando la creación de Cancún en el planteamiento de tres objetivos básicos [3]:

- ☼ Captar divisas para financiar el desarrollo industrial del país.



- ☀ Crear empleos en una zona carente de alternativas económicas debido al cierre de la industria más importante de la zona establecida en la península de Yucatán.
- ☀ Estimular el desarrollo de nuevas actividades agropecuarias e industriales en la región para cubrir la demanda de insumos que generaría la zona turística.

Cancún ha sido un éxito turístico y comercial, desde el punto de vista de generación de divisas y creación de empleos, ya que ha sobrepasado los objetivos que se tenían previstos en el Plan Maestro; actualmente produce las dos terceras partes del Producto Interno Bruto del estado de Quintana Roo, del cual más del 75 % se genera en la actividad turística. En contraste, otras actividades productivas como la agricultura, silvicultura, pesca, minería e industria manufacturera generan tan solo el 5 % del producto interno bruto en el estado y se tiene que importar una gran cantidad de productos (INEGI, 2003).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

En las acciones a realizar se consideró como base la propuesta de Sale *et al.*, (2000), además de las recomendaciones de Chávez (2000), adaptadas para este estudio.

III.1 Compilación y manejo de información

Se efectuó una recopilación de información bibliográfica sobre algunos aspectos ecológicos de los arrecifes de la zona de estudio y actividades que se efectúan en ellos, así como de factores socioeconómicos del área tales como desarrollo poblacional, industrial, del sector turístico y pesquero, de éste último se recabaron datos de captura de las tres principales pesquerías de la zona y se analizaron en relación a la presión que han tenido.

Adicionalmente, se realizó una visita prospectiva a la zona de estudio (febrero de 2004), en la cual se recopiló parte de la información socioeconómica que se presenta en este documento y se visitaron los arrecifes Cuevones y de Punta Nizuc para tomar fotografías submarinas, cabe resaltar que no fue aplicado algún método especial y éstas simplemente fueron tomadas al azar. Con las fotografías se hicieron algunas observaciones como el estado general de las colonias coralinas y especies presentes tanto de corales como de peces, con lo anteriormente expuesto se determinó:

- Una descripción a escala general de los arrecifes, zonación y composición.
- Un recuento de las actividades y amenazas a las que está sometida la zona (existentes y potenciales como lo son la recreación y desarrollo turístico).
- Antecedentes de iniciativas para el cuidado de los arrecifes.



Adicionalmente se obtuvo una representación de la zona por medio de fotografía aérea, cartas náuticas y diversos programas computacionales. Los distintos materiales empleados fueron (Tabla 3):

- a) Mapas de base (contiene información geográfica para referenciar datos de estudio y mostrar su distribución e interrelaciones)
- b) Mapas fotográficos (realizado con fotografía aérea con el fin de representar información geográfica y/o temática).
- c) Cartas náuticas (proporcionan información de profundidades)
- d) Programas computacionales.

Tabla 3. Material fotográfico y cartográfico empleado (la fuente de los materiales es el INEGI excepto la carta náutica que se adquirió en la Secretaría de Marina)

Mapa	Año	Escala	Observaciones
Isla Contoy	1988	1:50 000	Carta topográfica
Cancún	1996	1:50 000	Carta topográfica
Isla Mujeres, Cancún y proximidades	1996	1: 32,500	Carta Náutica
Isla Mujeres	1988	1:50 000	Carta topográfica
Fotografías aéreas (9)	2001	1:75 000	En escalas de grises

El manejo e integración de este material se realizó con el empleo del programa Map Info. Primero se proceso el material de la tabla 3, esto consiste en convertir la información impresa de las cartas y fotografías en información digital por medio de un escaner. En el programa Surfer (versión 6.0) se unió la información de las cartas topográficas y se definió la información geográfica en unidades UTM generando así un mapa único, que se trasladó al programa Map Info donde se integraron las fotografías aéreas y la carta náutica. Finalmente se anexó diversa información del área como la localización de las zonas arrecifales, los polígonos que constituyen el Parque Marino Nacional Costa Occidental Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc y actividades que se realizan en distintas zonas. En la figura b del anexo A se ve una ventana del programa Map Info donde se muestra la integración de diversa información.

IV. RESULTADOS.

IV.1. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN LA ZONA.

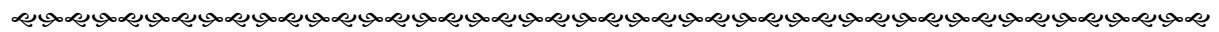
A lo largo de toda la zona el arrecife frontal se despliega en parches y cuando está bien desarrollado se encuentran macizos y canales incipientes dominados por colonias de corales gorgonáceos. La cresta arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural (Jordán, 1979).

De acuerdo con la literatura son 76 especies de corales entre duros y blandos las principales constructoras de los arrecifes en la zona (Tabla 1 de anexo A), *Acropora palmata*, *Acropora cervicornis*, y *Millepora complanata* son algunas de las mejor representadas (INE-SEMARNAT, 1998) (ver foto 2 anexo B); no obstante, Chávez e Hidalgo (1988) señalan que aunque las comunidades arrecifales están constituidas esencialmente por el mismo conjunto de especies, la expresión de los factores ambientales, tanto abióticos como los debidos a las interacciones biológicas, así como los determinados por el grado de madurez de la comunidad es distinta en ciertos puntos del arrecife y de unos arrecifes a otros.

Los arrecifes de la zona constituyen un recurso natural de gran importancia, representando un tipo particular de hábitat donde ocurren procesos ecológicos, comunidades biológicas y características fisiográficas particulares. Actualmente se encuentran protegidos como parte del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc (PMN-COIMPC y PN); el parque está constituido por tres polígonos (1) Costa Occidental Isla Mujeres, (2) Punta Cancún y (3) Punta Nizuc que se localizan casi totalmente en ambiente marino, con la excepción de Los Islotes y La Carbonera en el polígono uno, y tres pequeños islotes rocosos en el polígono dos (Figura 4). En el plan de manejo del parque (INE-SEMARNAT, 1998) se presenta información del monitoreo a los principales arrecifes de la zona, esta información se conjuntó con el análisis batimétrico que se hizo en este estudio para hacer una descripción general. Es importante señalar que no tengo conocimiento de cuales fueron los criterios y/o parámetros que se siguieron para determinar como bueno, regular o malo el estado de conservación y el grado de desarrollo de los arrecifes o zonas arrecifales que se presenta en las tablas 5, 6 y 9.

Morfología y perfiles batimétricos

Con el análisis de los perfiles batimétricos del área de estudio se observaron aspectos morfológicos muy peculiares. Los arrecifes que se encuentran entre Isla Mujeres y Punta Cancún tienen profundidades máximas de 8 y 10m por lo cual la pendiente es muy prolongada aparentemente esto ocasiona un menor efecto erosivo y mayor acumulación de sedimentos. En los



arrecifes de Punta Nizuc la cresta arrecifal es muy somera y en algunos lugares esta entre lo 0.5 y 1 m de profundidad, después de esta zona en dirección hacia mar adentro la profundidad aumenta a 9 m y a los 30 m de distancia de la cresta ésta es de 20 m; observándose una pendiente muy pronunciada (Figura 4).

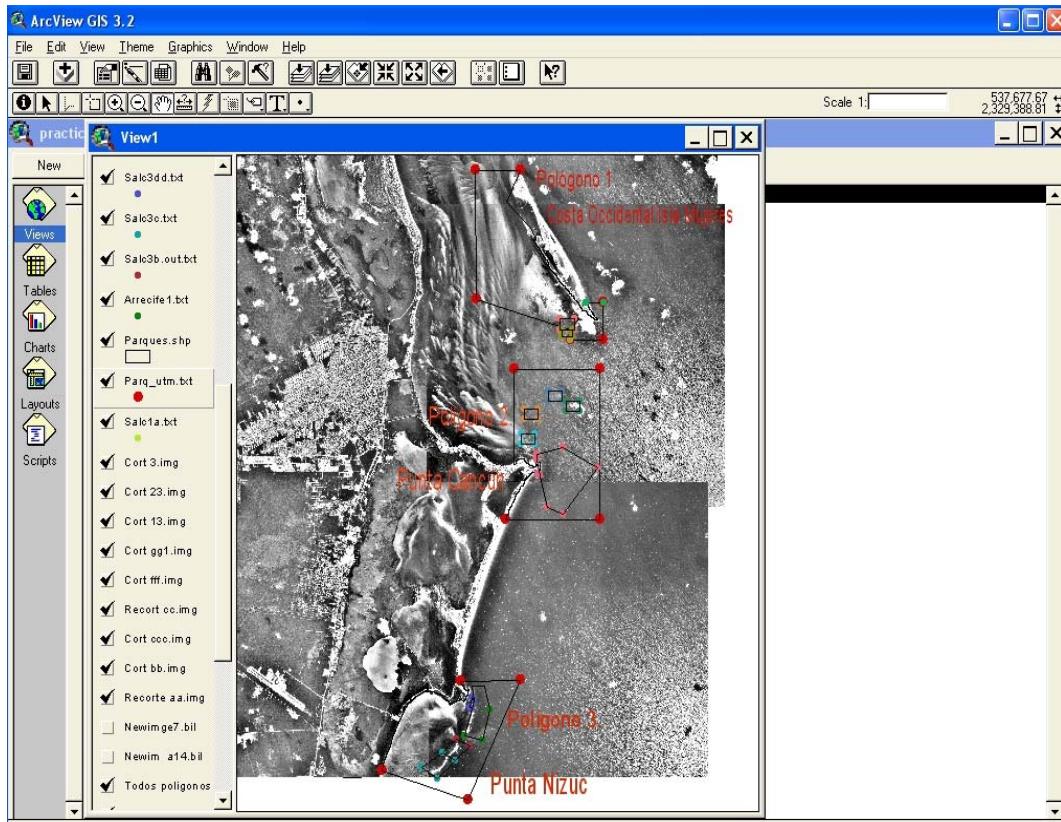
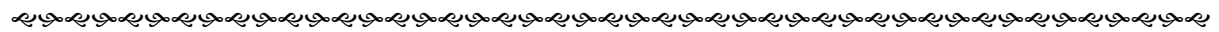


Figura 4. Polígonos que constituyen el Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc. Los puntos anaranjados indican la localización de arrecifes o zonas arrecifales



Costa occidental Isla Mujeres (polígono 1)

En Isla Mujeres los principales arrecifes son El Farito, El Garrafón y Manchones grande y chico. Los dos primeros están localizados muy cerca de la costa y la profundidad promedio es de 1 m por lo cual son muy accesibles al turismo; el Garrafón es un arrecife pequeño con profundidades máximas de 2 m (Figura 5). Los arrecifes Manchones son los más alejados de la Isla; se encuentran a una distancia que va de los 0.5 a 1.7 km y la zona más profunda alcanza los 7 m (Tabla 4 figura 5).

Tabla 4. Algunas características de los arrecifes de Isla Mujeres.

Arrecife o zona arrecifal	Profundidad Promedio (m)	Intervalo de Profundidad (m)	Distancia de la costa (km)
El Farito	1	1 a 3	0 a 0.2
El Garrafón	1	1 a 3	0 a 0.3
Punta sur	2	1.5 a 3	0 a 0.4
Manchones gde.	4	3 a 7	0.5 a 1.5
Manchones chico	4	4 a 7	1.2 a 1.7

En relación al desarrollo de estos arrecifes el INE señala que únicamente en Manchones puede considerarse que éste es alto, donde se encuentran algunos macizos coralinos que alcanzan los 5 m de altura; en los otros arrecifes el desarrollo es limitado y la cobertura rocosa es muy baja (INE-SEMARNAT, 1998). Desafortunadamente se encuentran en un mal estado de conservación ya que existe una elevada cobertura por algas (Tabla 5).

Con las investigaciones recientes enfocadas al estudio del estado de algunos arrecifes de la zona se ha podido observar que están cambiando de arrecifes de coral a arrecifes de algas. Los monitoreos para determinar la cobertura por coral duro y algas señalan que éstos se encuentran deteriorados; en ninguno de los arrecifes la cobertura por coral fue superior al 20 %, incluso, en los arrecifes más cercanos a la costa como El Farito, la punta sur de isla Mujeres (donde también se encuentran parches arrecifales) y El Garrafón ésta fue menor al 10 % y la cobertura de algas más del 50 % (Figura 6) (ICRI, 2002).



Tabla 5. Aspectos característicos de las principales zonas arrecifales del polígono 1. Costa Occidental de Isla Mujeres (INE-SEMARNAT, 1998).

Arrecife	Desarrollo del arrecife	Comunidad bentónica dominante	Estado de conservación
El Farito	Bajo. Presenta algunos crecimientos coralinos alrededor de dos crecimientos calcáreos que sobresalen del nivel del mar	Scleractinios y gorgonáceos, de éstos la mayoría de las colonias son pequeñas e incrustantes destacando las del género <i>Eunicea</i> y <i>Pseudoplexaura porosa</i>	Regular, debido al alto número de visitantes en un área muy reducida.
El Garrafón	Bajo. Actualmente sólo quedan los restos de lo que fue un arrecife bordeante, cuya matriz principal era generada por <i>Acropora palmata</i>	Algas verdes y cafés géneros: <i>Halimeda</i> , <i>Dictyopteris</i> , y <i>Dictyota</i> . Entre los esqueletos de <i>Acropora palmata</i> se observan pequeñas colonias de los corales <i>Favia fragum</i> y <i>Porites astreoides</i>	Malo. Es un arrecife muerto con poca biomasa en la comunidad. Al parecer lo más abundante son los peces arrecifales, juveniles en su mayoría que se refugian en el lugar.
Manchones	Alto. Se observan macizos coralinos con altura de tres a cinco metros	Comunidad bentónica rica. En la parte inferior del macizo la base la forma principalmente <i>Montastrea anularis</i> y en la parte superior <i>Acropora palmata</i> , <i>Porites astreoides</i> y <i>Agaricia tenuifolia</i> . No obstante se observa una gran cantidad de sedimento y la asociación de algas cafés en gran abundancia	Malo. En la mayoría de las colonias de corales hay crecimiento de algas o esponjas perforantes. Gran cobertura de algas cafés en el sustrato.



Mapa 2. Punta Cancún

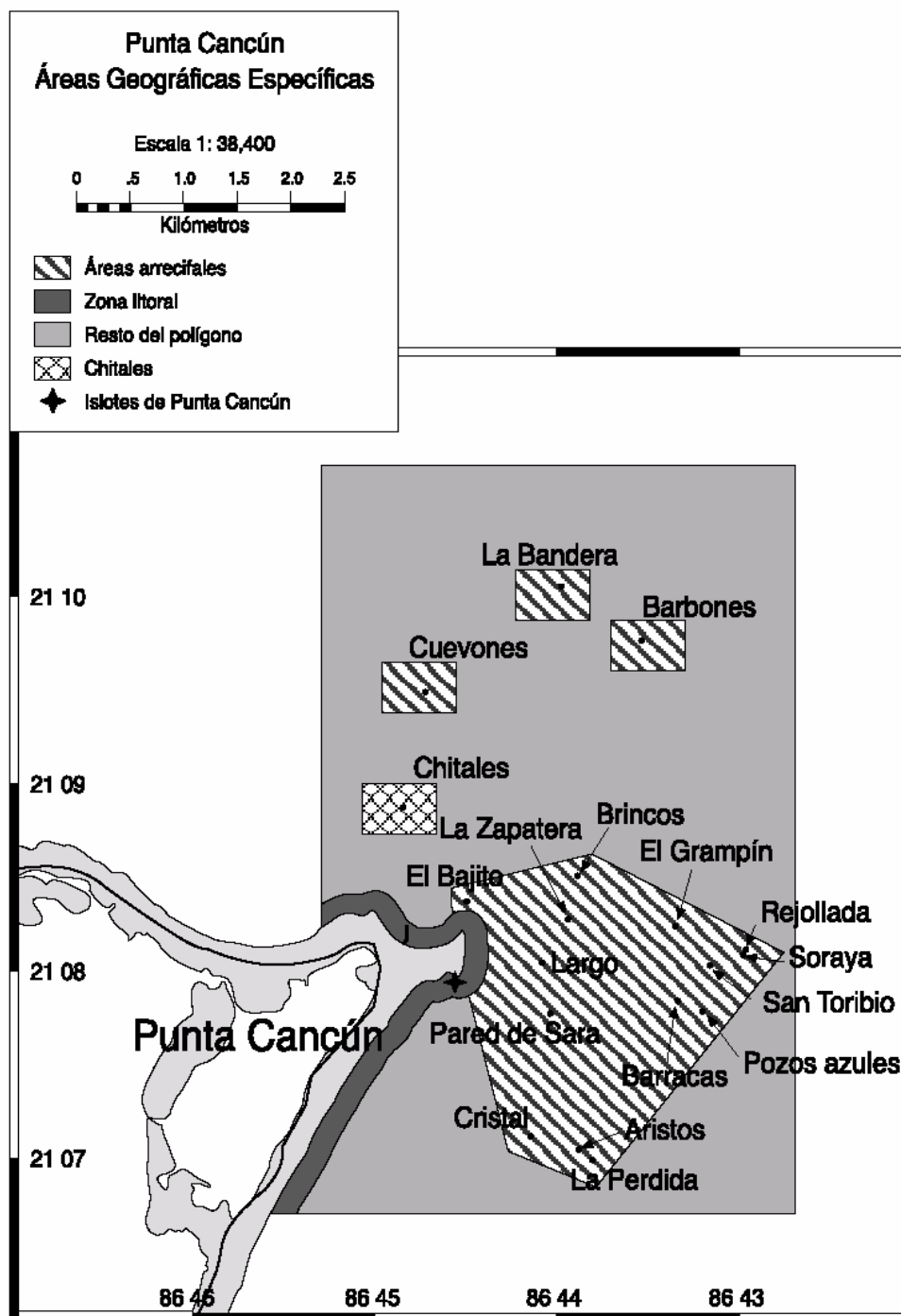


Figura 5. Localización de los principales arrecifes de Isla Mujeres. Perfiles batimétricos del arrecife El Garrafón, perfil de norte a sur (A). Perfil batimétrico del arrecife Manchones Grande (B).

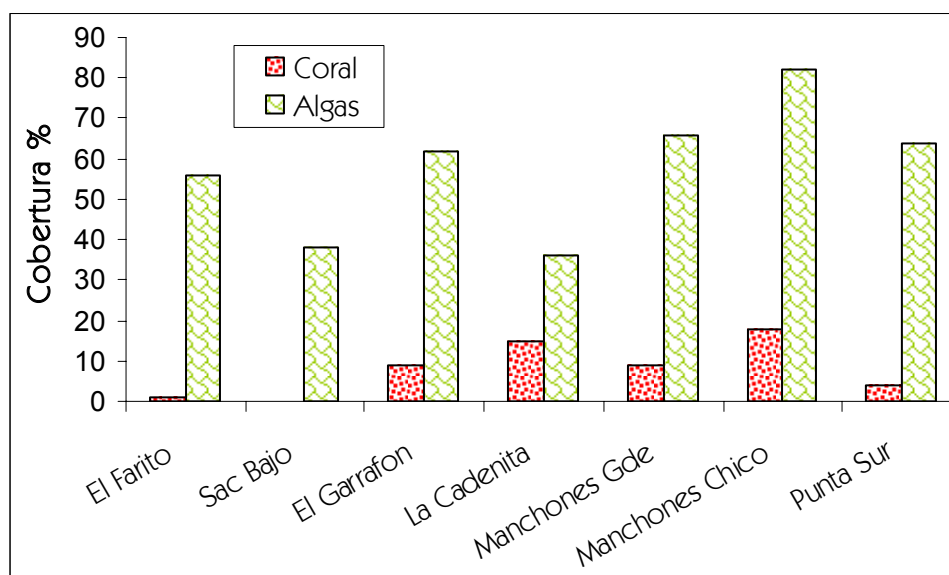


Figura. 6. Cobertura coralina y algal en los principales arrecifes del primer polígono del parque marino.

Punta Cancún (polígono 2)

En el segundo polígono están reconocidas cuatro áreas o zonas arrecifales en función principalmente de las características físicas de las zonas y por la densidad de la comunidad de gorgonáceos (INE-SEMARNAT, 1998) (Figura 7). Están las zonas denominadas Bahía Somero y Bahía profundo que tienen un desarrollo arrecifal regular, en éstas la cobertura de algas cafés es elevada por lo cual se considera que su estado de conservación es regular (Tabla 6). En la entrada de la Bahía se encuentran la llanura de gorgonáceos y el Borde entre profundidades de 15 y 20 m; la primera se desarrolla sobre la laja, donde la comunidad bentónica dominante son los gorgonáceos, mientras que el segundo se desenvuelve sobre los bordes donde la laja presenta discontinuidades y forma huecos que se rellenan de arena y pedacería (INE-SEMARNAT, 1998)

Algunos de los arrecifes que se encuentran dentro de este polígono son Chitales, Cuevones y La bandera que se localizan entre Punta Cancún y el sur de Isla Mujeres sobre Bahía Somero por lo que la profundidad máxima que tienen está entre los 7 y 8 m; el más superficial es Chitales que tiene 1.5 m en su parte más somera. El arrecife Barbones esta localizado en bahía profundo a 12 m (Tabla 7). Al este de Punta Cancún se encuentra un conjunto de arrecifes, los más cercanos a la costa como El Bajito tienen 1 m de profundidad; los más alejados como Aristos, La Perdida, San Toribio y Barracas se encuentran a profundidades mayores a los 10 m (Figura 8).



Tabla 6. Principales características de los ambientes que se encuentran en el polígono de Punta Cancún (INE-SEMARNAT, 1998).

Zona o área arrecifal	Desarrollo arrecifal	Principal Comunidad bentónica	Estado de conservación
Bahía Somero	Regular. Presenta parches coralinos aislados, observándose un relieve medio.	El coral dominante es <i>Acropora palmata</i> , que presenta crecimientos masivos y una cobertura de tejido vivo alta. También se observa una capa gruesa de algas cafés.	Regular. Esto se debe a la elevada cobertura y abundancia de algas cafés, principalmente en aguas someras (profundidades menores a los 10 m)
Bahía Profundo	Regular. Se observan algunos parches coralinos.	Principalmente gorgónidos y macroalgas cafés. No obstante, resalta la cobertura de esponjas tubulares, incrustantes y perforadoras como <i>Cliona delitrix</i> , <i>Cliona langae</i> y <i>Anthosigmella varians</i> .	Regular. Existe una abundante cobertura de la asociación de algas cafés y de esponjas perforantes.
Llanura de gorgonáceos	Bajo. Las cabezas coralinas son pequeñas y aisladas.	Algas cafés y gorgónidos, una importante proporción de éstos presenta crecimiento algal	Regular. Se observa una abundante cobertura de algas cafés y sobre muchas colonias de gorgónidos se observa de algas
Borde	Bajo. En el borde donde se interrumpe la laja existen crecimientos masivos de corales escleractinios y esponjas. Muchos de estos sitios son los que se utilizan para buceo.	Escleractinios y esponjas. En estos sitios es donde se observó el mayor número de especies de estos taxa. La generalidad de las colonias de escleractinios tienen mortalidad parcial debido al sobrecrecimiento de algas y de algunas esponjas.	Malo. Se observa sobrecrecimiento de algas y la fragmentación son los problemas más comunes, aunados a la asociación de algas cafés. El tipo de comunidad es indicativo de cantidades anómalas de nutrientes, materia orgánica y bajo nivel de forrajeo.



Tabla 7. Algunas características de los arrecifes de Isla Mujeres.

Arrecife o zona arrecifal	Profundidad Promedio (m)	Intervalo de Profundidad (m)	Distancia de la costa (km)
Chitales	1.5	1 a 7	0.7 a 1.4
Cuevones	5	3 a 8	1.9 a 2.5
La bandera	5	4 a 7	3.3 a 3.9
Barbones	12	10 a 15	3.3 a 4.2
Varios	12	1 a 15	0 a 2.5

Figura 7. Zonas arrecifales del polígono Punta Cancún (INE-SEMARNAT, 1998)

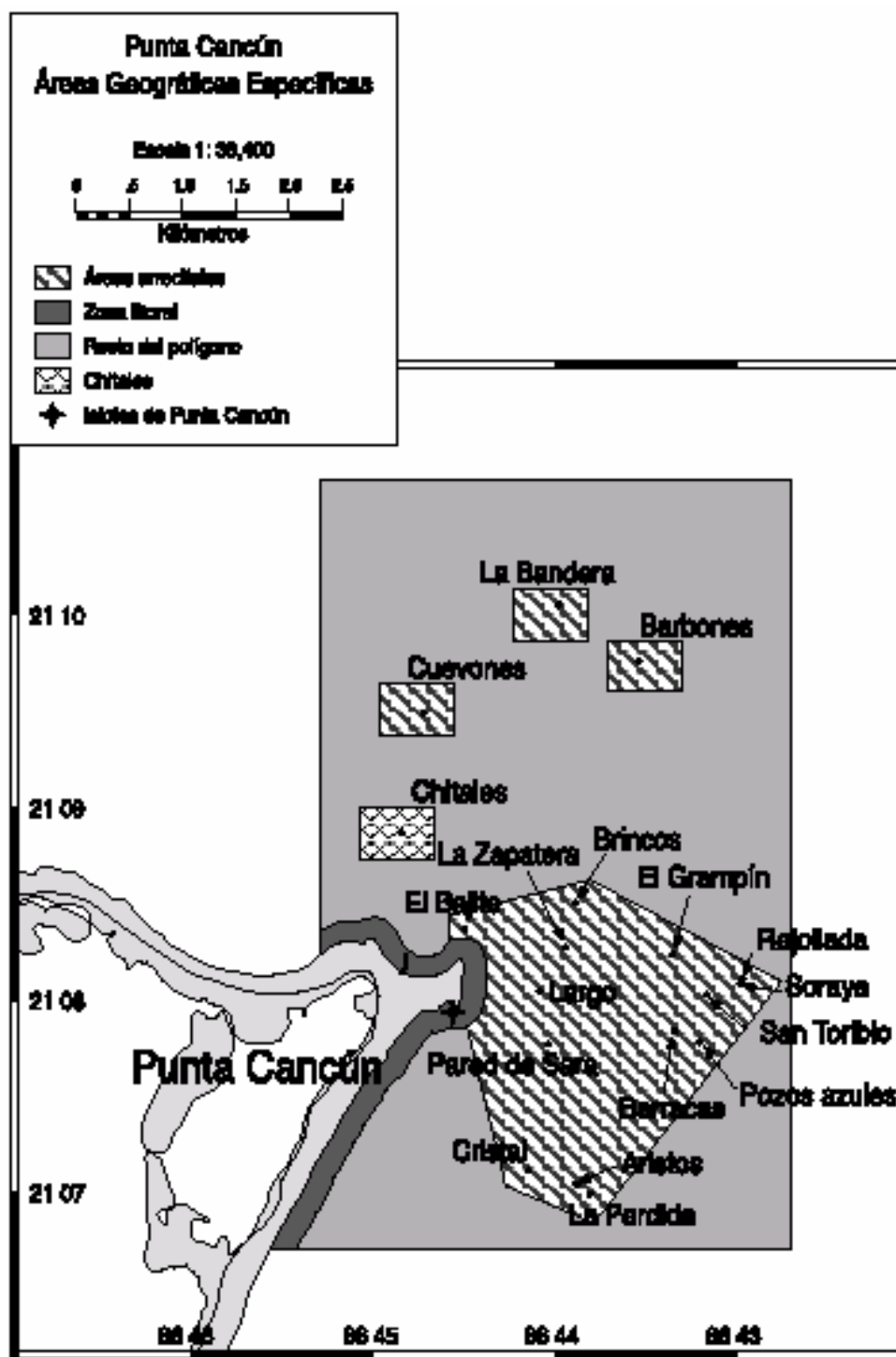


Figura 8. Localización de los principales arrecifes de Punta Cancún. Perfiles batimétricos de algunos de éstos. Chitales (A), Cuevones (B), La Bandera (C), Barbones (D).



Se considera que este polígono del parque se encuentra perturbado casi en su totalidad, esto se refleja en el hecho de que la mayoría del sustrato se encuentra cubierto por una asociación algal dominada por el género *Dictyota*, que en algunos arrecifes es de hasta el 70 %; Chitales, Cuevones y La Bandera son los únicos arrecifes que tienen valores de cobertura coralina superior al 10 %, los demás arrecifes están por debajo de éste (Figura 9) (ICRI, 2002). Otros aspectos que se han observado son: una abundancia relativa de peces herbívoros arrecifales baja, pocos erizos, colonias sanas y escasos reclutas de corales duros y blandos (INE-SEMARNAT, 1998).

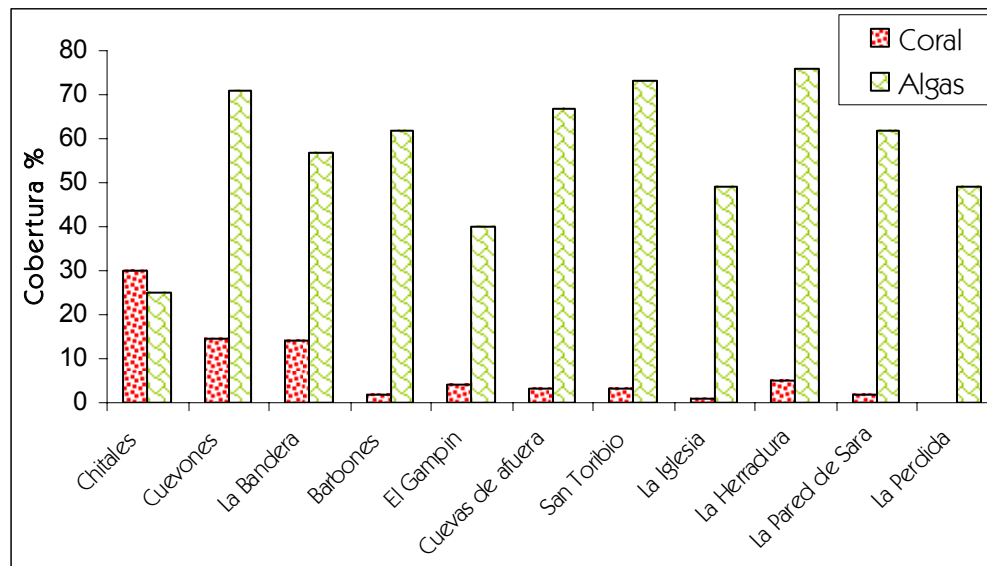


Figura 9. Cobertura de corales y algas en los principales arrecifes del polígono punta Cancún (ICRI, 2002).



Punta Nizuc

En este sitio, el arrecife se encuentra desarrollado en barreras que están enfrente de la salida que se encuentra al sur de la Laguna Nichupté. Se considera que el extremo norte de la barrera en Punta Nizuc es complejo (Jordán, 1979) debido a que aquí se encuentran tres barreras arrecifales prácticamente paralelas. La tercera barrera (exterior) tiene un arrecife posterior angosto de aproximadamente no más de 6 metros de ancho con cobertura de hexacorales extraordinariamente densas en las que *Porites porites* y *Acropora palmata* juegan un papel muy importante. *Agaricia agaricites* y *Agaricia tenuifolia* forman masas redondeadas; aunque *Montrastrea annularis* es menor que en otras zonas, *Montastraea cavernosa* es también común al igual que los octocorales *Gorgonia flabellum*, *Plexaura flexuosa*, *Eunicea tournefortii* y *Eunicea succinea*.

La cresta arrecifal de la primera y segunda barrera se encuentran aproximadamente entre los 100 y 500 m de la costa respectivamente por lo que son zonas muy accesibles. La tercera barrera esta constituida por la parte norte, centro y sur; la laguna arrecifal es muy extensa en la barrera sur y centro y sus crestas se encuentran entre los 3 y 2.5 km de la costa (Tabla 8), por otro lado la zona norte es la más larga y ancha. Posterior a la cresta arrecifal la zona de arrecife frontal tiene una pendiente muy pronunciada y rápidamente se alcanzan los 25 m de profundidad (Figura 10), la principal característica de esta zona es que su desarrollo es en parches los cuales se encuentran muy aislados, hasta profundidades máximas de 30 o 40 m.

En el Plan de Manejo del PMN-COIM-PC y PN la información que se presenta del arrecife de punta Nizuc es por zonas o áreas arrecifales de acuerdo con el perfil arrecifal se identificaron la laguna arrecifal, el arrecife posterior, rompiente arrecifal, transición barlovento, arrecife frontal interior y exterior (Tabla 9). En general el estado de conservación es bueno, con excepción del arrecife posterior donde se consideró que es de bajo a regular sobre todo en la primera barrera que presentó un deterioro agudo (INE-SEMARNAT, 1998).

En relación con la cobertura coralina, en la primera y tercera barrera ésta es superior al 20 % y no obstante que la de algas es superior no rebasa el 50 % como sucede con los arrecifes del punta Cancún (Figura 11) (ICRI, 2002).



Tabla 8. Algunas características de los arrecifes de Isla Mujeres.

Arrecife o zona arrecifal	Profundidad Promedio (m)	Intervalo de Profundidad (m)	Distancia de la costa (km)
Primera y segunda barrera	1	1-3	0.2 a 1
Tercera barrera norte	1.5	1 a 2	0.7 a 1.3
Tercera barrera centro	2	6 a 11	1.9 a 3.8
Tercera barrera sur	2	5 a 9.5	2.5 a 3.6

Tabla 9. Algunas características de las zonas arrecifales del tercer polígono de Punta Nizuc (INE-SEMARNAT, 1998).

Zona o área arrecifal	Desarrollo arrecifal	Principal Comunidad bentónica	Estado de conservación
Laguna arrecifal	Se forma sobre un canal amplio que hacia el sur tiene más de 1 km de ancho	Crecimientos aislados de gorgonáceos y pequeñas colonias de escleractinios. Los pastos marinos son principalmente de <i>Talassia testudinum</i>	Bueno. No fue observada ninguna alteración importante en esta zona.
Arrecife posterior	Ésta es la subzona mejor desarrollada de la cresta arrecifal. Frente a Punta Nizuc se encuentran dos canales que dividen el arrecife posterior en las dos primeras “barreras” de la zona.	En la mayoría de los sitios gorgonáceos y algas y en algunos corales escleractinios. En la primera barrera o primer arrecife posterior es notable la baja cobertura de escleractinios y el incremento de la cobertura de algas café. En algunos sitios de la segunda barrera o segundo arrecife posterior se observa una alta cobertura del coral <i>Montastraea annularis</i>	De bajo a regular. En la primera barrera se observó un deterioro muy agudo, en lo que respecta a la segunda barrera, ésta muestra lugares en buen estado y otros deteriorados.
Rompiente arrecifal	Esta área se denomina tercera barrera, la cual se encuentra bien desarrollada con numerosos canales de marea que provocan su discontinuidad sobre el eje topográfico del arrecife y la separación del arrecife posterior	La cobertura de escleractinios es baja. El coral dominante es <i>Acropora palmata</i> y se observan gorgonáceos y algas café entre esqueletos de éste.	Bueno. En general esta zona está en buenas condiciones, principalmente en los extremos del polígono, donde algunas colonias son de hasta a 3 o 4 m de alto en relación a los canales de marea.



Transición barlovento	El desarrollo es bajo. Las colonias de escleractinios son pequeñas e incrustantes y no forman estructuras de alto relieve.	Se observa una diversidad alta de gorgonáceos, destaca la presencia de <i>Pseudopterogorgia americana</i> , <i>Muriceopsis flavida</i> y <i>Plexaura flexuosa</i> .	Regular. Se aprecia un aumento de la talla de los gorgonáceos con la profundidad. Por otra parte, es probable que esta subzona sea la más afectada por perturbaciones del clima.
Frontal interior	Regular. No se observa un desarrollo uniforme debido a que en algunos espacios se forma sobre las discontinuidades de la laja y en otros se forman macizos de bajo relieve.	Se observa la mayor riqueza específica de gorgonáceos del parque. Las esponjas y corales incrustantes presentan una cobertura importante.	Bueno. Sólo en áreas muy localizadas se observó deterioro agudo, esto se debe a que esta subzona es poco visitada.
Frontal exterior	El desarrollo en esta zona también es discontinuo. Generalmente forma macizos incipientes sobre desniveles de la plataforma o sobre antiguas líneas de costa.	Los escleractinios exhiben bajas coberturas, siendo los gorgonáceos y las macroalgas dominantes. Adicionalmente se aprecian esponjas masivas como <i>Xestospongia muta</i>	Regular. En lugares donde el sustrato es duro la cobertura de algas es muy alta.

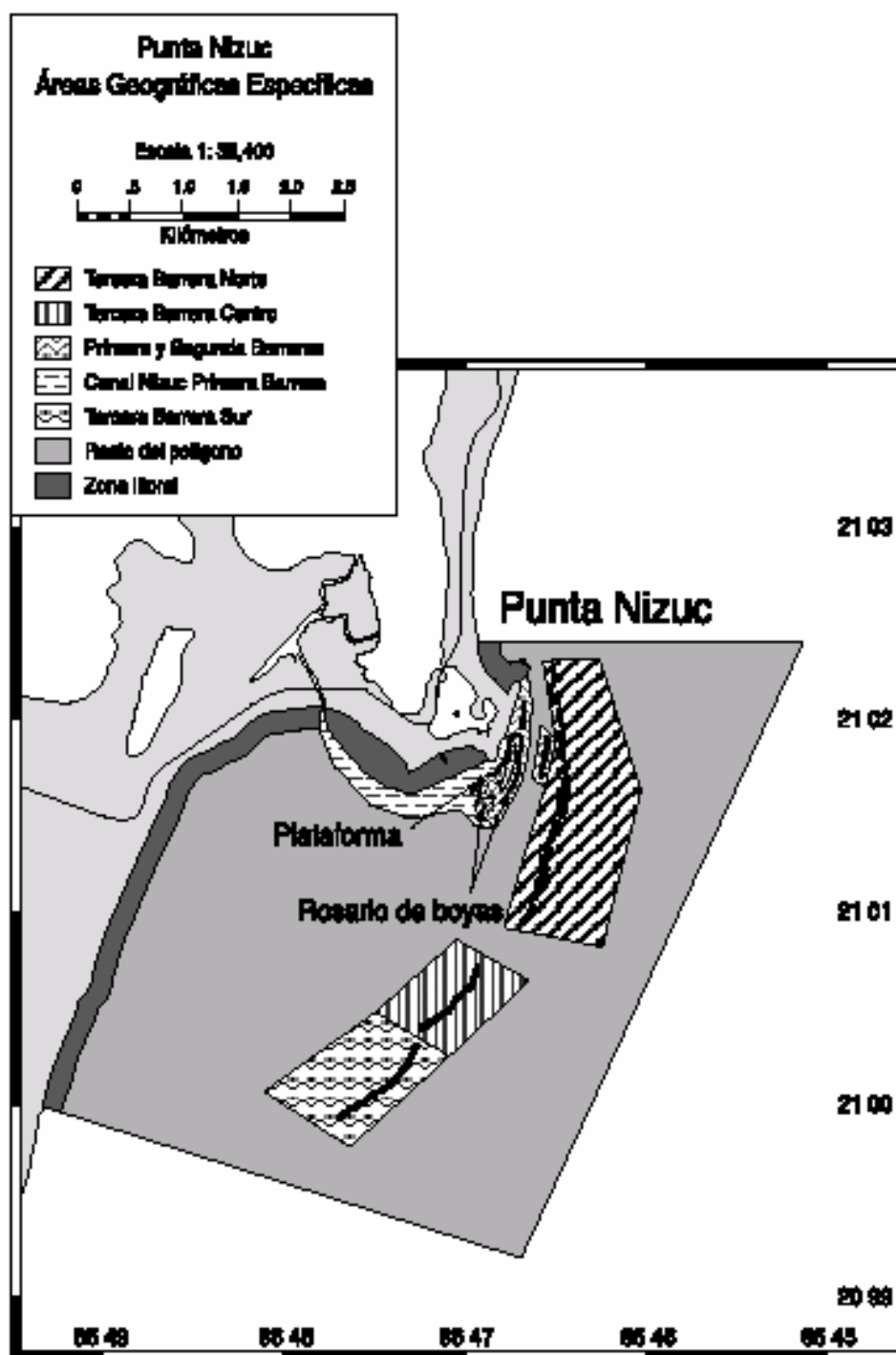


Figura 10. Localización de las Barreras arrecifales de Punta Nizuc. Perfil batimétrico de la segunda Barrera (A), perfil batimétrico de la tercera barrera norte (B), perfil batimétrico de la tercera barrera sur (C) (en todos los casos es de oeste a este).

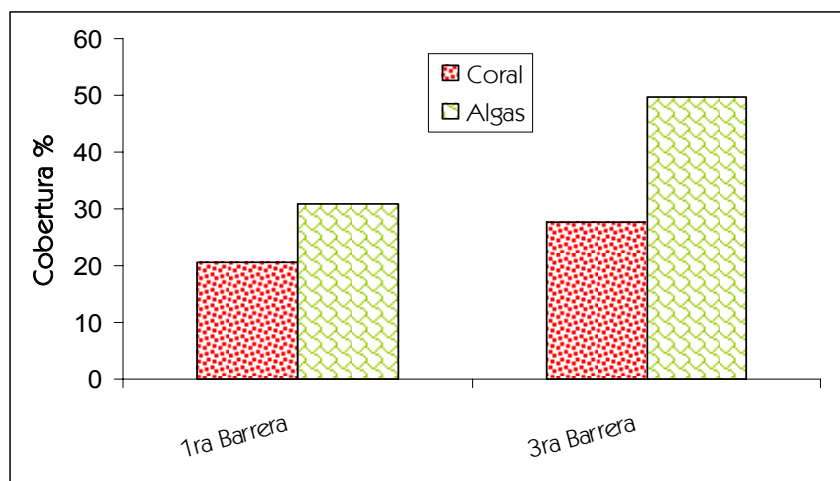


Figura 11. Cobertura de coral y algas en los arrecifes de polígono de Punta Nizuc

Observaciones en distintos años

Los arrecifes Cuevones, Manchones y de Punta Nizuc fueron observados de 1996 a 1999 por las asociaciones Amigos de Siankán y Reef Keeper [4]; se determinó que la cobertura de coral es baja, especialmente en los arrecifes Manchones que tienen menos del 15 % esta característica se ha mantenido más o menos constante (Figura 12) por otra parte, la cobertura por algas ha ido aumentando y es mayor al 50 % en todos los arrecifes de acuerdo con las observaciones que se hicieron en 1999 (Figura 13) esto sugiere un cambio de arrecifes de coral a arrecifes de algas.

En 1998 el arrecife Cuevones sufrió un impacto severo por el crucero turístico “MV Leeward”, al evaluarse el daño que este accidente le causó se determinó que fue grave; en la zona impactada la cobertura por algas fue del 76 % y la de coral duro apenas alcanzó el 8 %, esto contrasta claramente con lo observado en la zona que no sufrió impacto ya que aquí la cobertura por algas y coral duro fue de 54 y 21 % respectivamente; afortunadamente se detectó que el 100 % de las colonias de escleractinios observadas estaban saludables, sin blanqueamiento o enfermedad, por lo cual puede decirse que en general este arrecife se encuentra en buen estado. En los arrecifes Manchones y Punta Nizuc también se observaron coberturas elevadas de algas y baja cobertura de coral duro y blando (menos del 15 % respectivamente) (Figura 14). En relación al blanqueamiento y enfermedad, en Punta Nizuc se observó que el 94 % está saludable y en Manchones solo el 87 %. En relación a la riqueza específica se encontraron 10 especies de coral en Punta Nizuc donde la especie *Montastrea annularis* fue dominante, y 11 en Manchones siendo *Acropora palmata* la dominante [4].

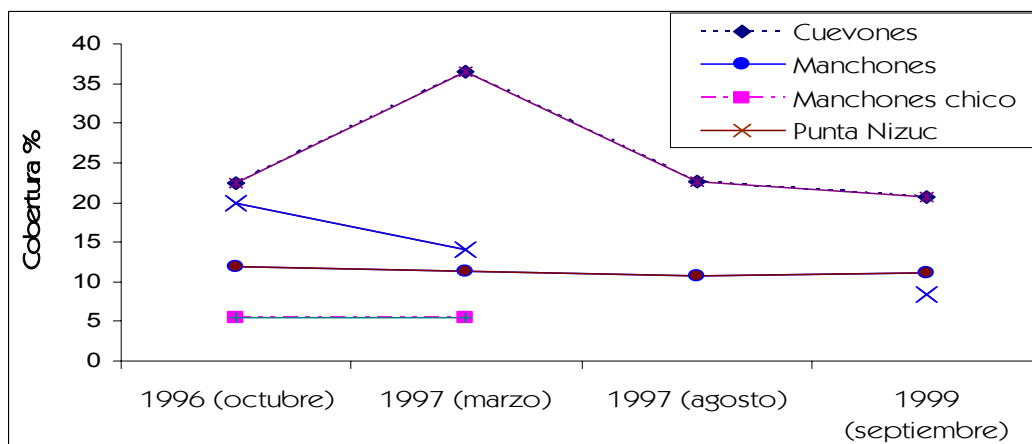


Figura 12. Cambio de la Cobertura de coral duro en algunos arrecifes de la zona de estudio [4]
Nota: no se tiene el dato del año 1997 en agosto.

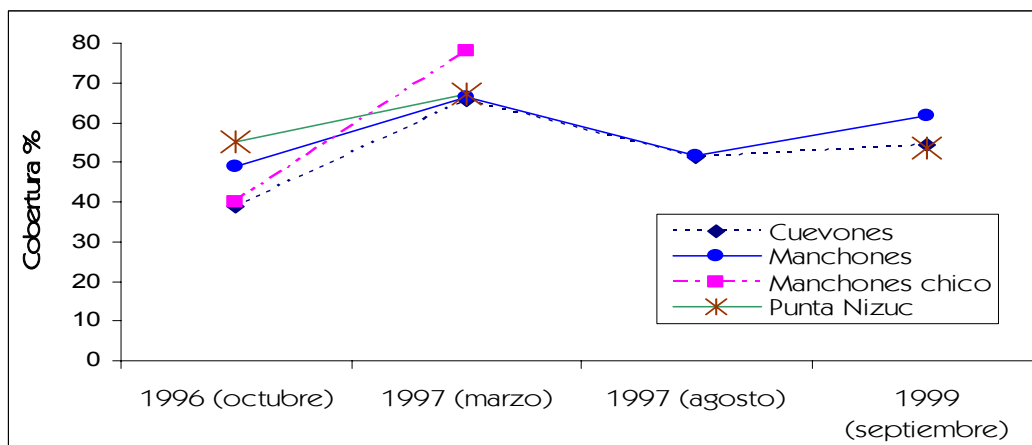


Figura 13. Cambio de la Cobertura de algas en algunos arrecifes de la zona de estudio.
Nota: no se tiene el dato del año 1997 en agosto [4].

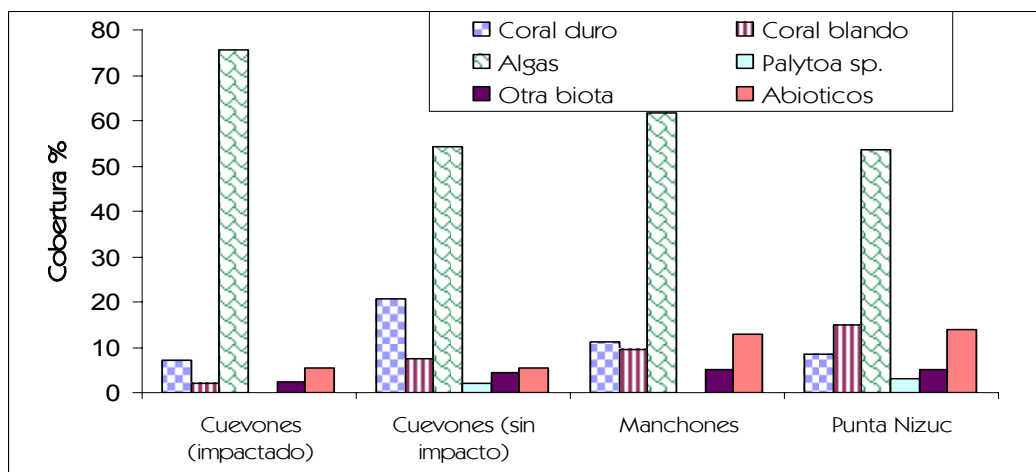


Figura 14. Cobertura de principales componentes del bentos en tres arrecifes del área de estudio [4].

Por otra parte, con el estudio realizado en el arrecife Cuevones por Muñoz-Chagúin y De la Cruz-Agüero en 1998 para evaluar los daños provocados por el crucero turístico anteriormente mencionado se determinó que la estructura de la comunidad fue gravemente afectada. Las coberturas totales (centímetros lineales) de escleractínios, octocorales, hidrocorales y otros animales bentónicos fueron considerablemente inferiores en la zona impactada (Figura 15), así mismo, la riqueza específica que se registró fue de 15 especies y una diversidad Shannon-Wiener (H') de 3.19 bits/individuo, esto contrastó con la zona no dañada, donde la riqueza específica y la diversidad fueron mayores con 24 especies y $H' = 3.36$ bits/individuo.

La cobertura de algas fue inversa a lo observado en los otros organismos bentónicos, en la zona no dañada se registraron 2,836 y en la dañada 4, 568 centímetros lineales (Figura 15); en relación con la comunidad de peces se registró una abundancia de 1, 075 individuos en la primera y 28.5 en el centro de la zona dañada.

La estimación de la densidad coralina que existía en la zona dañada reflejó que los escleractínios tenían la mayor densidad con 22.51 colonias por metro cuadrado. En la meseta arrecifal la densidad fue de 52.13 y en la pendiente de 38.05 colonias por metro cuadrado (Figura 16) (Muñoz-Chagúin y De la Cruz-Agüero, 1998).

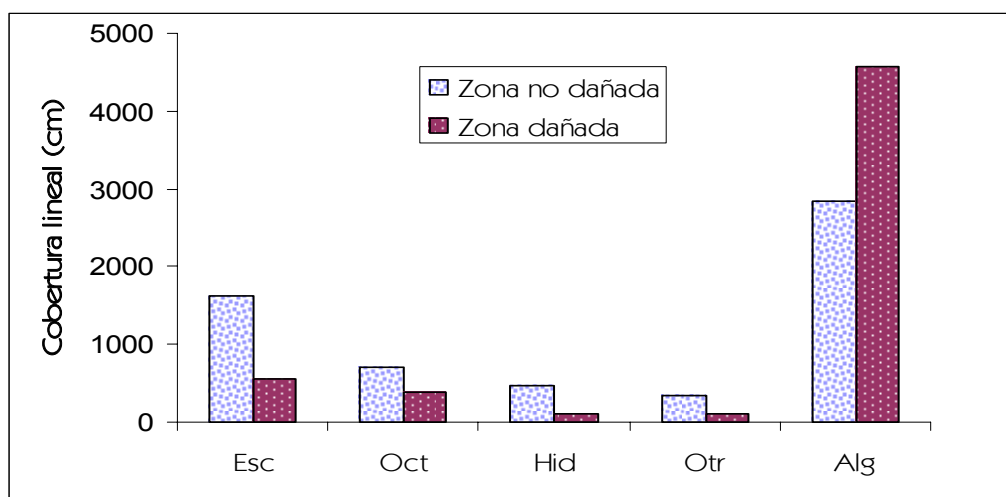


Figura 15. Cobertura en centímetros lineales de principales grupos bentónicos del arrecife Cuevones (Esc= escleractínios, Oct= octocorales, Hid= hidrocorales, Otr= otros organismos, Alg=algas) (Muñoz-Chagúin y De la Cruz-Agüero, 1998)

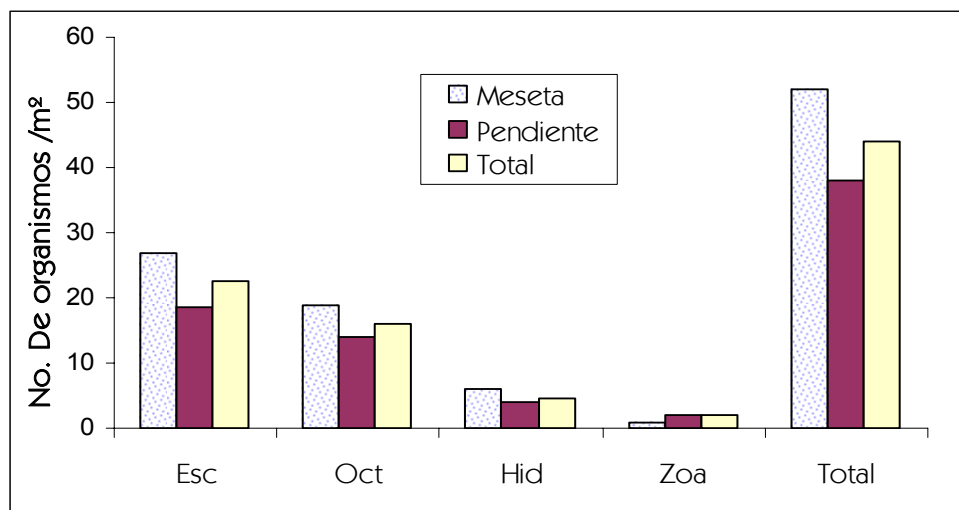


Figura 16. Densidad promedio por principales grupos bentónicos del arrecife Cuevones (Esc= escleractínios, Oct= octocorales, Hid= hidrocorales, Zoa= zoantídeos) (Muñoz-Chagüín y De la Cruz-Agüero, 1998).

Derivado de la visita prospectiva que se realizó a la zona de estudio fue posible hacer algunas consideraciones importantes entre arrecifes que actualmente tienen una nula presión turística como es el arrecife Cuevones que esta cerrado al turismo desde 1998; y un menor y mayor uso turístico, en este caso se visitaron dos zonas de la primera barrera del arrecife de Punta Nizuc; la zona que se encuentra más cercana a la costa es la que recibe el mayor número de turistas que practican el nado con snorkel y en temporada alta la visitan más de 1500 personas al día (Anexo B foto 1) (observaciones personales, 2004), por lo cual se denominó Punta Nizuc turístico; la otra se encuentra entre 200 y 300 m de ésta y se denominó Punta Nizuc.

En Punta Nizuc turístico se observaron 9 y 6 especies de escleractínios y corales blandos respectivamente, sólo 7 especies de peces con una escasa representación (Anexo B foto 3), presencia abundante de algas (Anexo B foto 4) y corales dañados (Anexo B foto 5). En Punta Nizuc se encontraron 6 y 5 especies de escleractínios y corales blandos respectivamente, y aunque se determinaron dos especies más de peces que en el área anterior su frecuencia también fue escasa. En el arrecife Cuevones se determinó una mayor diversidad y riqueza de corales y peces con 17 y 22 especies respectivamente (Figura 17), en relación a los peces, una mayor abundancia fue evidente (Anexo B foto 6) y en general aparentemente tiene un mejor grado de conservación ya que se observa una mayor diversidad y desarrollo de la comunidad coralina (Anexo B foto 7).

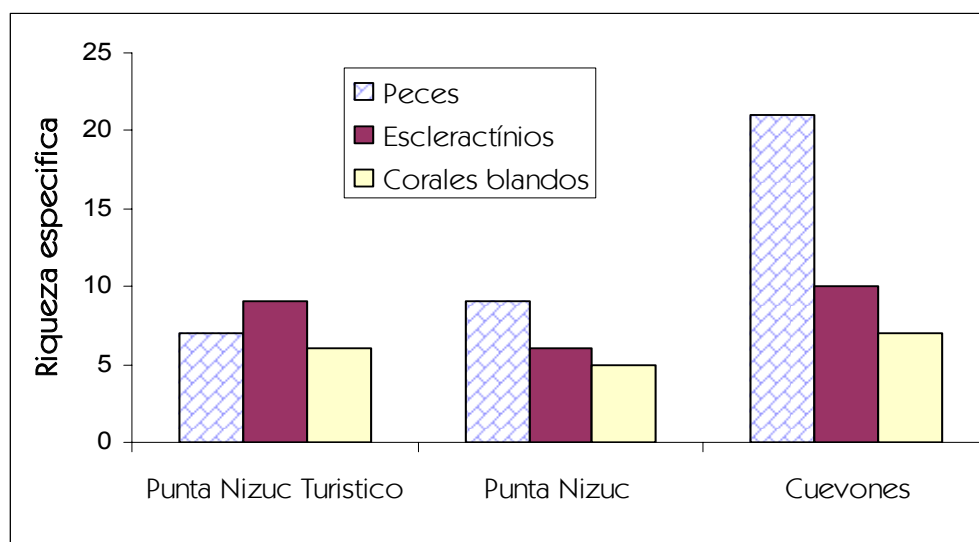


Figura 17. Riqueza específica de algunos bentónicos en arrecifes de la zona de estudio

IV. 3. PROTECCIÓN Y MANEJO DEL AMBIENTE

Es importante recalcar que los arrecifes coralinos del área de estudio son uno de los principales atractivos del desarrollo turístico de la zona (el más importante del país), de tal manera que son especialmente susceptibles al deterioro causado por múltiples acciones antropogénicas relacionadas directamente con éste; por ejemplo, el buceo y la pesca son unas de las más practicadas.

El decreto del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc no incluye la zona federal marítimo terrestre, por lo que el parque no colinda con los municipios y queda comprendido dentro de las aguas marinas costeras del Mar Caribe, de acuerdo con éste el área comprende una superficie total de 8,673-06-00 hectáreas, distribuidas en tres polígonos separados que se delimitan por sus respectivas coordenadas geográficas extremas (Figura 18). En cada uno de los polígonos se definió una zonificación, este es un sistema mediante el cual se divide el parque en áreas geográficas específicas para las que se designaron las actividades y usos permisibles, así como la intensidad y rango de los mismos, en atención a las características de dichas áreas y a sus necesidades de protección (INE-SEMARNAT, 1998).

Dentro de cada polígono a su vez están delimitadas las áreas en las que se localizan sus principales arrecifes (Figura 18), es trascendental señalar que el uso de los arrecifes coralinos de la zona de estudio esta enfocado principalmente hacia actividades náutico-recreativas (Anexo C).



El Parque Marino se administra con base en un Plan de manejo, en el cual se establecen las actividades que pueden realizarse, básicamente éstas son :

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1.-Buceo libre | 8.-Recorrido en la jungla |
| 2.-Buceo autónomo diurno | 9.-Video y fotografía |
| 3.-Buceo autónomo nocturno | 10.-Investigación científica |
| 4.-Embarcaciones motorizadas | 11.-Educación ecológica |
| 5.-Embarcaciones no motorizadas y actividades de playa | 12.-Navegación en tránsito |
| 6.-Submarino | 13.-Pesca comercial de langosta |
| 7.-Remolque recreativo | 14.-Restauración ecológica |

Al estar constituido el parque por polígonos, para cada uno se definieron las actividades que pueden realizarse en su interior, así como su zonación (INE-SEMARNAT, 1998). De las actividades mencionadas anteriormente, la mayoría se permiten en los tres polígonos, con excepción por ejemplo del buceo autónomo nocturno que sólo se permite en los polígono dos y tres; otras actividades como el remolque recreativo y uso de embarcaciones motorizadas están restringidas en algunas áreas (figuras 19, 20 y 21).

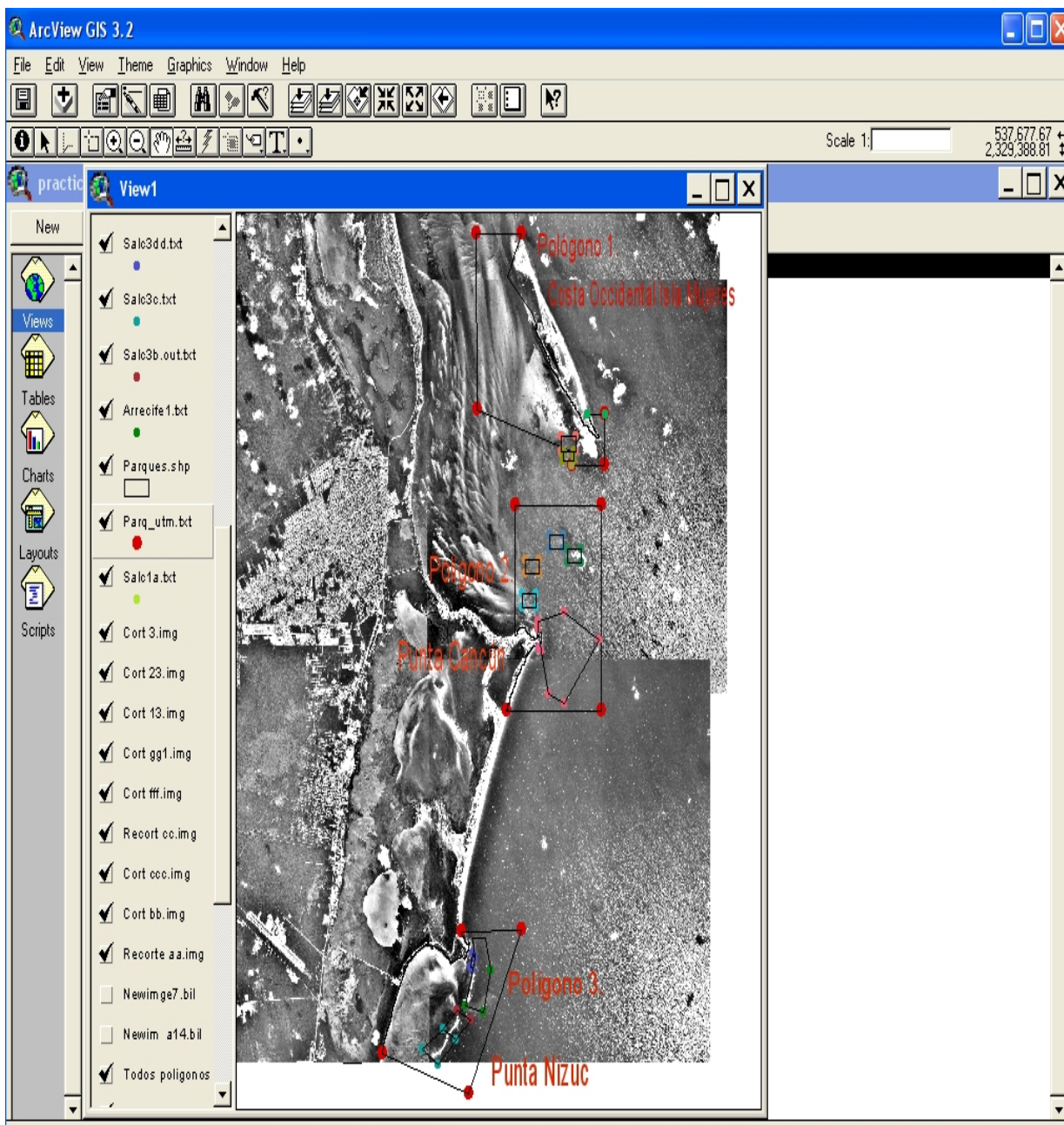


Figura 18. Polígonos georeferenciados del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. Los rectángulos más pequeños dentro de los polígonos indican la posición exacta de las principales zonas arrecifales.



Áreas geográficas específicas	Actividades permitidas
El Garrafón	1,5,9,10,11,14, y 4R
Sur de Manchones chico submarino	6,9,10,11,4R
Zona litoral	11,5,9,10,11,4R
Manchones (grande y chico)	1,2,4,5,9,10,11,
Resto del polígono	1,2,4,5,9,10,11,12,7R
Costa Oriental de Isla Mujeres	10

Figura 19. Actividades permitidas en polígono 1, Costa Occidental de Isla Mujeres Observaciones:
No recorrido en la jungla, no buceo nocturno, no pesca de langosta.
R= aunque la actividad es permitida su ejecución esta restringida.



Áreas geográficas específicas	Actividades permitidas
Islotes de Punta Cancún	10
Zona litoral	1,5,9,10,11, 7R
Áreas arrecifales	2,3,4,5,9,10, 11
Chitales	1,2,3,4,5,9,10,11
Resto del polígono	1,2,3,4,5,7,9,10,11,12,

Figura 20. Actividades permitidas en el polígono 2, Punta Cancún. Observaciones: No submarino, no pesca comercial fuera del área concesionada



Áreas geográficas específicas	Actividades permitidas
Tercera Barrera Norte	10
Canal Nizuc Primera Barrera	4,8,10,12
Primera y Segunda Barreras	1,9,10,11
Tercera Barrera Sur	10,11,13
Litoral	1,5,9,10,11
Tercera Barrera Centro	1,2,3,5,9,10,11,4R
Resto del polígono	1,2,3,4,5,9,10,11,12,13,7R

Figura 21. Actividades permitidas en el polígono 3, Punta Nizuc. Observaciones: No submarino



Permisos

Otro elemento de protección que se lleva a cabo en la zona es la expedición de un número controlado de permisos para el desarrollo de las diversas actividades permitidas, lo cual está regulado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de acuerdo a lo establecido en la LGEEPA; en éstos se ha tenido un mayor control a partir de la entrada en vigor del plan de manejo para esta ANP en 1998. El periodo en el que se registraron un mayor número de permisos y empresas fue en 1997-98, posteriormente se observa una ligera disminución que se ha mantenido (Juárez, 2002) (Figura 22).

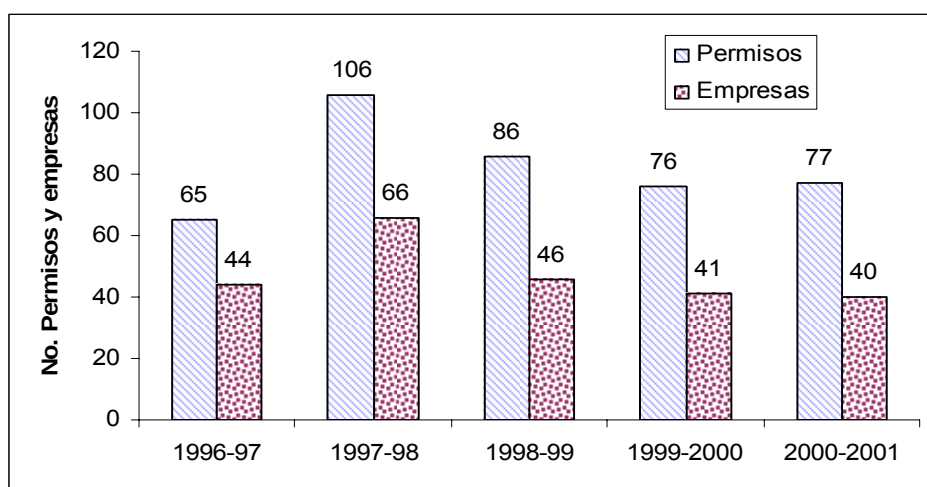


Figura 22. Número de permisos y empresas que se autorizaron en el parque (Juárez, 2002).

Entre los polígonos del PMN-COIM-PC y PN el de Punta Nizuc tiene el mayor número de embarcaciones autorizadas, debido a que se permiten no solo el tránsito de las denominadas biplaza (transportan a dos pasajeros y se usan para el paseo en jungla), sino también kayacs, tablas de oleaje, de vela, veleros láser y veleros hobbie cat; éstos últimos están permitidos desde el periodo 1998-99 (Tabla 10). En el periodo de 1997-98 se tiene el registro histórico más alto (Figura 23) debido a que se autorizaron para todos los polígonos la operación de embarcaciones biplaza, sin embargo, éstas únicamente han y siguen operando exclusivamente en el Polígono de Punta Nizuc ya que desde la entrada en vigor del plan de manejo en 1998 solo aquí se permiten (Juárez, 2002).



Tabla 10. Número de embarcaciones permitidas por polígono (Juárez, 2002).

Periodo	Isla Mujeres	Punta Cancún	Punta Nizuc
1996-97	258	247	350
1997-98	361	255	429
1998-99	244	128	388+83*
1999-2000	239	114	236+95*
2000-2001	246	118	360+95*

*Número de pasajeros autorizados en embarcaciones no motorizadas como kayaks, veleros, etc. (no fueron contabilizados en la figura 23).

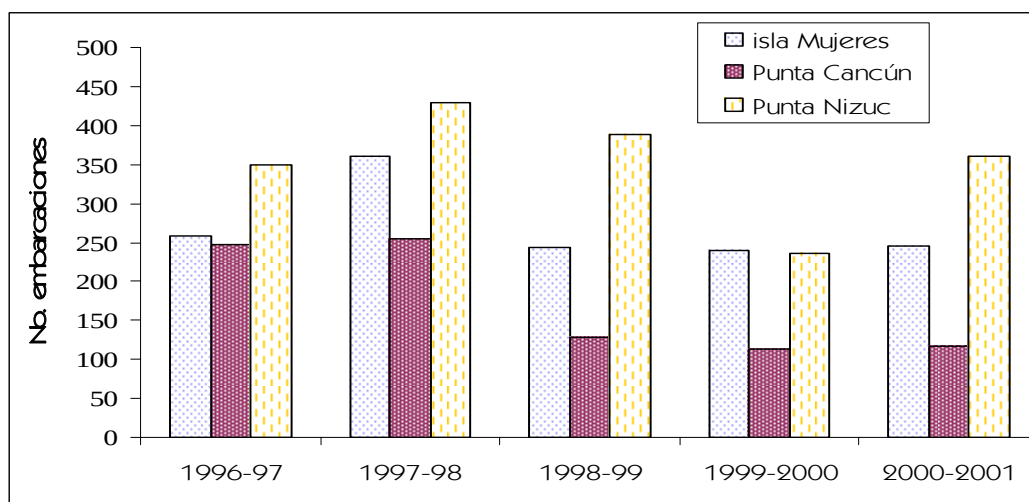


Figura 23. Número de embarcaciones autorizadas por polígono.

Pasajeros

En relación al número de pasajeros autorizados; históricamente en el polígono de Isla Mujeres se ha permitido la mayor cantidad, seguido de Punta Cancún y finalmente Punta Nizuc (Figura 24). Esto se debe a que en isla Mujeres hubo un cambio de actividad en la población que originalmente se dedicaba a la pesca y actualmente esta organizada en Sociedades Cooperativas de Prestadores de Servicios Turísticos dirigidos principalmente al buceo libre debido a que carecen de certificaciones y capacitación para realizar otras actividades. Adicionalmente, los prestadores de servicios de Cancún también tienen acceso al polígono de Isla Mujeres, por lo cual se concentra una mayor cantidad de turistas (INE-SEMARNAT, 1998).

Por otra parte, en Punta Cancún y Punta Nizuc el escenario es muy distinto porque los prestadores de servicios son primordialmente grandes empresas que tienen convenios con hoteles y agencias de viaje de forma que optimizan la captación de turistas y ofrecen mayor variedad de actividades. Después de la temporada 1999-2000 se registra un aparente disminución del número



de pasajeros, que esta relacionada con el compromiso que los prestadores de servicios hicieron de reducir sus flotas hasta en un 30 % [2], sin embargo esto debe tomarse con reserva ya que esta disminución puede resultar en un aumento en el número de viajes (obs. pers).

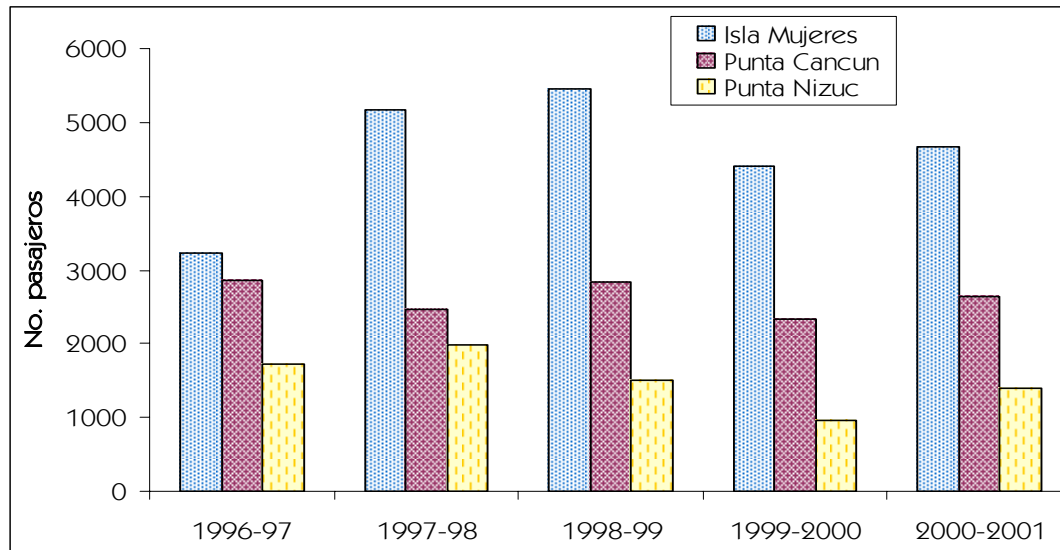


Figura 24. Número de pasajeros autorizados por polígono.

Actividades Turísticas

Los principales servicios turísticos que se prestan en los polígonos son: buceo libre, buceo autónomo, recorridos en jungla, recorridos turísticos y kayaks/veleo, las dos últimas están permitidas únicamente en el polígono de Punta Nizuc y tienen el menor número de embarcaciones y pasajeros. Esto contrasta con la práctica del buceo libre que tiene el mayor número de pasajeros autorizados en todos los períodos con una ligera disminución en 1999-2000 debido a la negación de autorizaciones a algunos permisionarios por falta de cumplimiento en requisitos del programa de manejo y disposiciones jurídicas (Juárez, 2002); aparentemente ha disminuido el número de embarcaciones para realizar esta actividad, sin embargo debe considerarse que también se incluye en el “recorrido en jungla” (en el que se ofrece al turista manejar una embarcación biplaza con la que se desplaza hasta la primer barrera arrecifal del polígono de Punta Nizuc, donde practicará el buceo libre) que surge a partir del período 1998-99 cuando se publicó el programa de manejo del parque de tal manera que a esta actividad corresponde el mayor número de embarcaciones autorizadas en el periodo 2000-2001 (Figura 25 y 26) (Juárez, 2002).

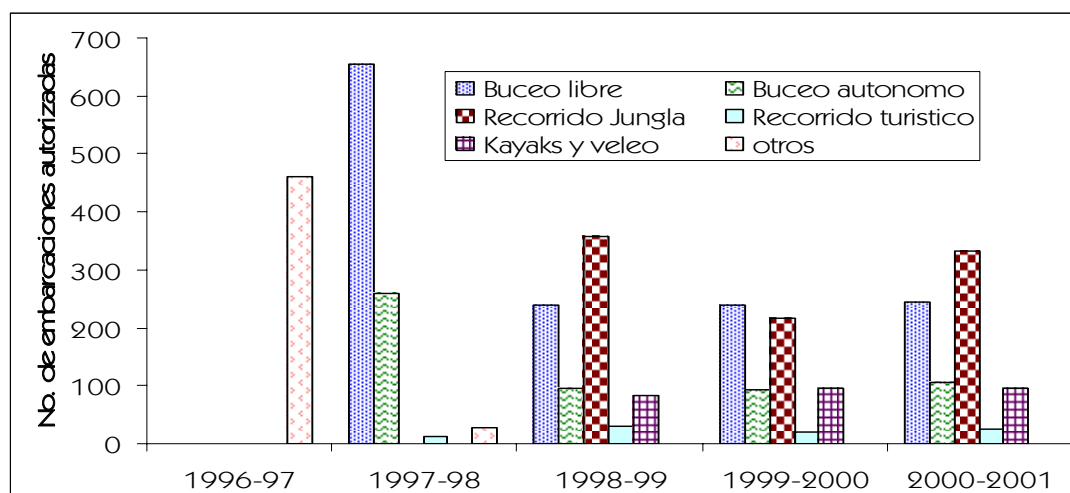


Figura 25. Número de pasajeros autorizados por actividad.

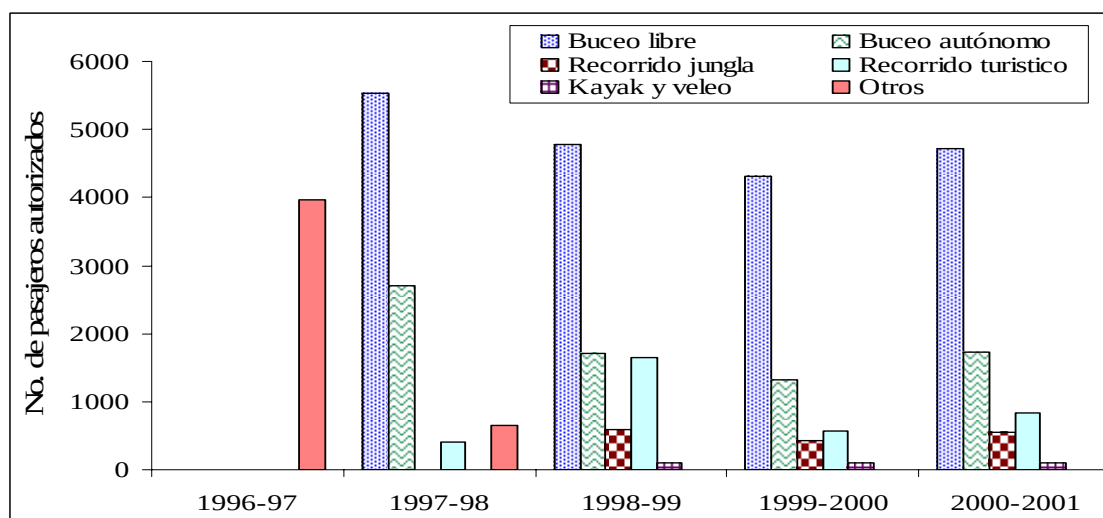


Figura 26. Número de embarcaciones autorizadas por actividad.

En el polígono de Punta Nizuc el 94.46% de las embarcaciones se utilizan para recorridos turísticos y esnórquel, frente a un 0.79 % que se usa para pesca deportiva fuera del polígono, combinada con esnórquel. En el polígono de Isla Mujeres el 82.81% de las embarcaciones se dedican al esnórquel, frente a un 5.10% que se dedica al buceo autónomo y el resto a actividades combinadas. La existencia de más de 634 lanchas con motor, registradas y autorizadas, genera un exceso de tráfico con un total de 6,451 pasajeros, suponiendo un sólo viaje al día (Juárez, 2002).



Problemática de la zona

No obstante que existe un gran esfuerzo por conservar a los arrecifes mediante la aplicación de diversas estrategias, son muchos los factores que dificultan esta labor, sobre todo porque las fuentes de afectación son muy variadas. En el aspecto turístico lo más frecuente es que éstas actividades se realicen equivocadamente, ya sea por buzos inexpertos o descuidados que provocan la ruptura de los corales, también se observa la extracción de trozos de coral y otros organismos que son llevados “como recuerdo”. Con el pateo a una distancia muy cercana del fondo se provoca la resuspensión de sedimentos que después se depositan sobre los corales, el uso de bronceadores no biodegradables es otro problema; los prestadores de servicios por su parte dañan el arrecife cuando se anclan sobre estos, o en algunos casos al operar inadecuadamente sus embarcaciones ocasionando el levantamiento de sedimentos con las propelas. El empleo intensivo de motores de dos tiempos provoca descargas de aceite constantemente directo al ambiente. Otras fuentes de perturbación potenciales en la zona son la descargas de contaminantes orgánicos por aguas negras de los sanitarios, vertimiento de detergentes no biodegradables, aceites lubricantes, residuos de solventes y combustibles por las aguas de sentinas, cambios de aceite efectuados en el mar, así como desechos inorgánicos sólidos como corcholatas, popotes, colillas de cigarros, envases desechables, bolsas de plástico, etcétera.

Otros problemas derivados del turismo son:

- La carga turística actual rebasa la capacidad de control y vigilancia sobre las distintas actividades.
- No existe un registro de la cantidad de turistas que se reciben en el Parque Marino.
- Existe una demanda de incremento de permisos para realizar actividades náutico-recreativas dentro del Parque y en particular en el polígono de Punta Nizuc.
- Uso del Parque sin el permiso correspondiente.
- Falta de difusión (señalamientos, posters, publicidad y difusión) para hacer del conocimiento general la información relativa al ANP.
- Falta de conciencia en los prestadores de servicio, pues aunque reciben capacitación muchas veces no existe un compromiso para cuidar el ambiente
- Ignorancia y falta de capacitación en los usuarios del Parque.



La mayoría de las actividades a las que se enfrenta el Área Natural Protegida están, desde la perspectiva causa-origen, definidas como actividades de impacto directo e indirecto, las primeras se definen así por ser las que afectan de una manera directa, permanente y creciente a la zona protegida, incidiendo en todo el ecosistema, como son las actividades derivadas de la pesca y el turismo; de éste último cabe señalar que el crecimiento de los cruceros permiten vislumbrar un futuro de mayor tránsito y estadía (INE-SEMARNAT, 1998), aunque esta prohibido hacer limpieza de cualquier tipo a las embarcaciones, existe un riesgo potencial de vertimiento de aguas jabonosas y otros contaminantes en la Bahía Mujeres por la escasa vigilancia que se tiene en la zona.

Los impactos indirectos son aquellos que se dan por actividades efectuadas fuera del Parque (en su zona de influencia), pero limítrofes con él. Su afectación puede ser de importantes magnitudes, provocadas por la operación de hoteles, construcciones (realizadas en la periferia del Parque cuya regulación generalmente es evadida), operación de muelles y zonas de playa. La contaminación en ecosistemas cercanos como es el Sistema Lagunar Nichupté igualmente tiene un efecto dañino significativo sobre los arrecifes debido a la estrecha relación ecológica entre estos ecosistemas (INE-SEMARNAT, 1998).

Actualmente en el Municipio de Benito Juárez existen 8 plantas de tratamiento de aguas que procesan 21 835 metros cúbicos por año (INEGI, 2003), y se considera que el sistema municipal de drenaje es eficiente y no hay drenajes clandestinos de hoteles, por lo que este aspecto ha dejado de preocupar a las autoridades, sin embargo persisten los escurrimientos de lixiviados que provienen de rellenos sanitarios, además, en la propia laguna se realiza a menudo la aplicación de pintura a embarcaciones, reparaciones con fibra de vidrio y derrames accidentales. Otro elemento es la constante tala del manglar de los márgenes; los rellenos de material y dragados que han modificado el perímetro del Sistema Lagunar y sus corrientes (INE-SEMARNAT, 1998).

La pesca furtiva es otro problema muy importante la cual se efectúa principalmente entre las 18:00 y las 8:00 horas cuando prácticamente no hay actividades turísticas y la vigilancia disminuye. La detectada con mayor frecuencia es la pesca con arpón, que se facilita en los sitios donde se alimenta a los peces para tratar de mantenerlos en el sitio y aumentar su abundancia, con lo que se logra un mayor atractivo para el turismo, como es el caso de los sitios de buceo del submarino "Atlantis". Se sabe también de personas que aprovechan la falta de vigilancia y realizan actividades pesqueras con redes en la bahía de Mujeres, de hecho a esto se le atribuye la desaparición de un atractivo banco de peces en el sitio denominado El Garrafón. Por otra parte, tanto pescadores profesionales como particulares realizan actividades de pesca con anzuelo, ya



sea desde las playas o con embarcaciones privadas de tal manera que no puede considerarse como pesca de autoconsumo por la cantidad que se pesca y por el alto valor de las especies que son extraídas

Diversos organismos del arrecife también son gravemente afectados, por ejemplo, estrellas de mar y moluscos de conchas llamativas son extraídos del arrecife para después ser vendidos en tiendas como adornos o en acuarios, un caso especial es el caracol rosado *Strombus gigas* que se encuentra en veda permanente por la sobreexplotación, no obstante, sigue extrayéndose de manera clandestina, precisamente ésta es una de las especies que se decomisa con mayor frecuencia. Estos decomisos los efectúa el personal de vigilancia del PMNCOIM-PC y PN y la PROFEPA quienes devuelven los organismos al arrecife, cuando se encuentran en buenas condiciones.

IV.4. ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS

En el estado de Quintana Roo, el Municipio de Benito Juárez alberga aproximadamente el 50 % del total de la población estatal actual (874,963), de acuerdo con el censo del INEGI 2003 ésta es de 419,815 habitantes, que a su vez se concentran en la ciudad de Cancún (Figura 27). En sus inicios la superficie que ocupaba era de aproximadamente 300 hectáreas y actualmente ocupa poco más de 4,000 (Figura 28), Actualmente el municipio abarca las poblaciones de Leona Vicario, Puerto Morelos, Puerto Juárez, y Alfredo V. Bonfil de Cancún (INEGI, 2003)

Cancún es un exitoso proyecto turístico emprendido hace 30 años por el Gobierno Federal que hoy es el principal polo de desarrollo turístico de la República Mexicana. La capacidad hotelera es poco mayor a los 25,000 cuartos de hotel.

Turismo

Las principales actividades económicas que se realizan en el estado de Quintana Roo están relacionadas directamente con el sector turístico el cual está basado principalmente en el comercio, restaurantes y hoteles, así como con el transporte, almacenamiento y comunicaciones, de tal manera que el turismo es plataforma de la actividad productiva (Figura 29), originando una economía terciaria cuyas fuentes básicas son los servicios turísticos y el comercio. El crecimiento de estas actividades ha sido permanente, a partir del desarrollo turístico de Cancún que se inició en los años 70; en 1999 recibió 2 millones 660 mil turistas captando más de 2 mil millones de dólares (4).

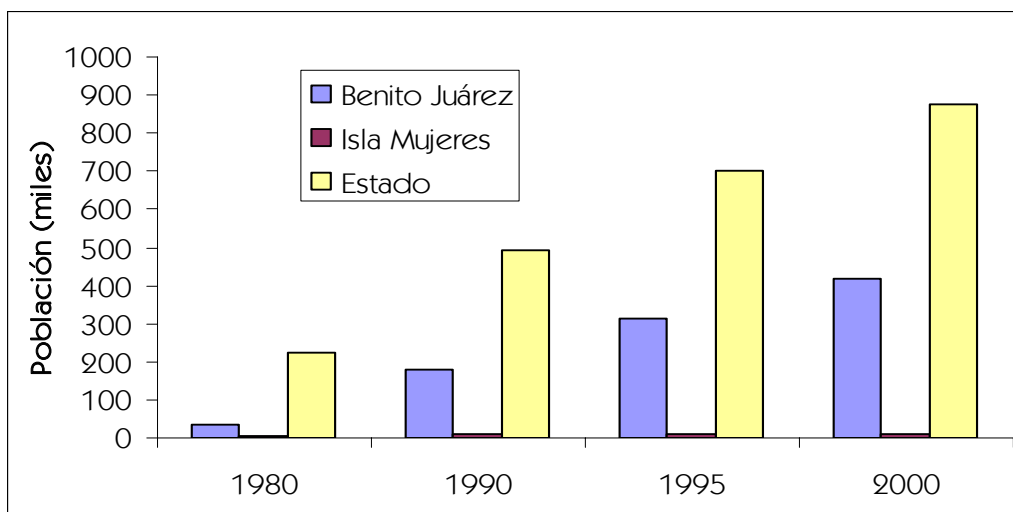


Figura 27. Población total del estado y de los municipios Benito Juárez e Isla Mujeres (INEGI, 2003)

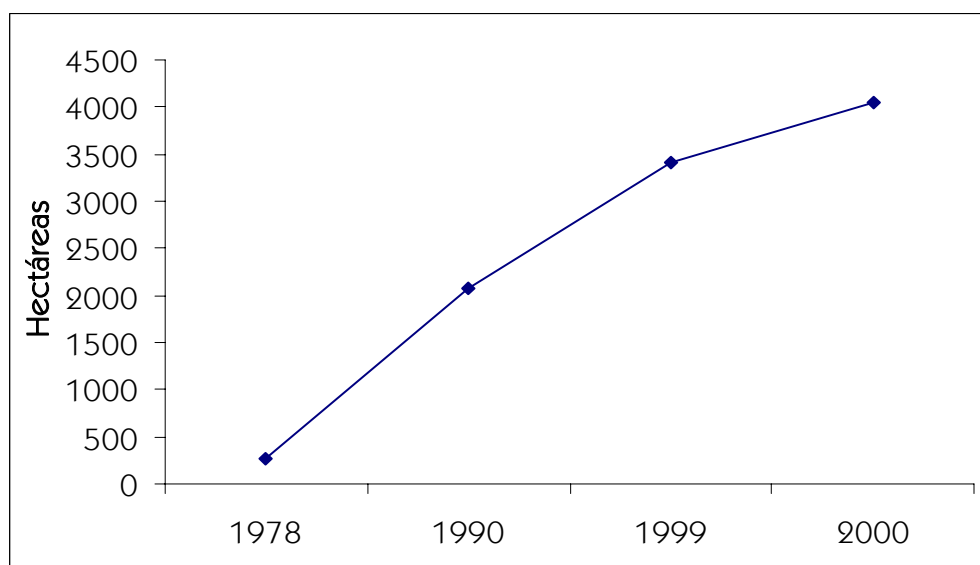


Figura 28. Crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Cancún.

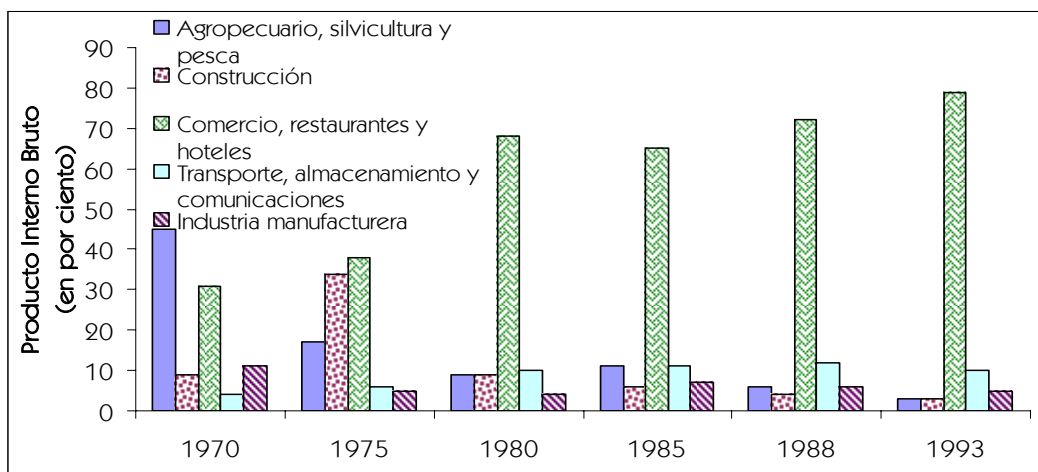


Figura 29. Producto interno bruto según gran división de actividad económica (en por ciento) (INEGI, 2003).

La segunda industria en importancia en el municipio es la de construcción, que se desarrolla al ritmo que marca el crecimiento de la oferta hotelera; el número de cuartos que se construyen es el motor que genera un fenómeno migratorio permanente y por ende, el acelerado crecimiento de Cancún (Figura. 29). Dadas las circunstancias, la mayoría de la población se emplea en actividades relacionadas con el sector turístico (figura 30).

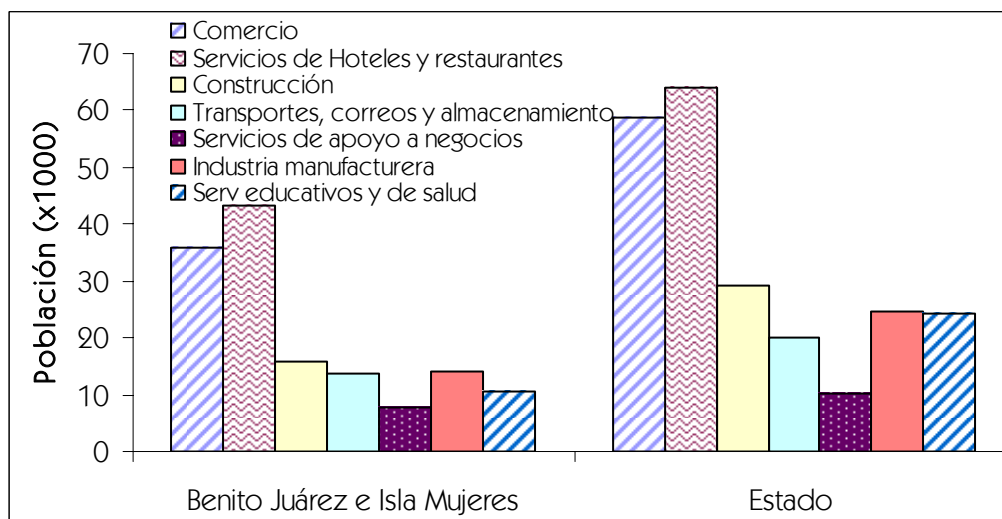


Figura 30. Población que se emplea en los principales sectores de actividad.

En 1975 existían tan solo 15 hoteles con 1,322 cuartos y había sido visitado por 100 mil turistas, la mayoría nacionales (el 73%), el crecimiento ha sido constante a partir de entonces;



actualmente el 61 % de los turistas entran al estado por este centro turístico (Figura 31) que en 1999 recibió 2 millones 660 mil turistas, captando más de 2 mil millones de dólares.

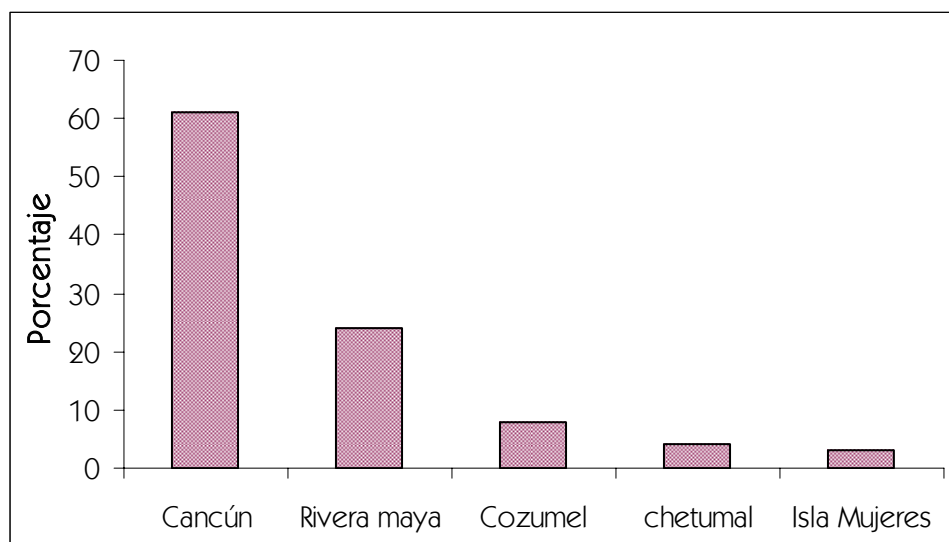


Figura 31. Turistas que se alojaron en establecimientos de hospedaje por principales centros turísticos en el 2000 (INEGI, 2002, 2003,)

El crecimiento de Cancún se identifica por tres periodos más o menos marcados (4): de 1970 a 1985, se construyeron 6,700 cuartos en 59 hoteles y su población llegó a 100 mil habitantes. Esta etapa fue un periodo de auge y el crecimiento hotelero fue sostenido, con un promedio anual de ocupación que se incrementó del 61 % en 1975 al 72 % en 1985. En 1981 se inició la construcción de la infraestructura para la segunda etapa de la zona turística, comprendida entre los kilómetros 12.5 y 20 del boulevard Kukulkán. El periodo de 1985 a 1990 se caracteriza por un incremento explosivo ya que, en sólo 5 años se construyeron 10,875 cuartos (5.9 cuartos al día), estimulado por un constante crecimiento hotelero y por la venta de SWAPS (instrumento financiero sustentado en la deuda pública). En ese periodo la oferta hotelera creció al 22 % promedio anual.

El tercer periodo de 1990 hasta la fecha se caracteriza por un crecimiento lento pero sostenido de la oferta turística. Los cuartos hoteleros han crecido a una tasa del 4 por ciento promedio anual, de modo que actualmente Cancún tiene aproximadamente 25 mil cuartos hoteleros en funcionamiento en 140 hoteles (Figura 32)

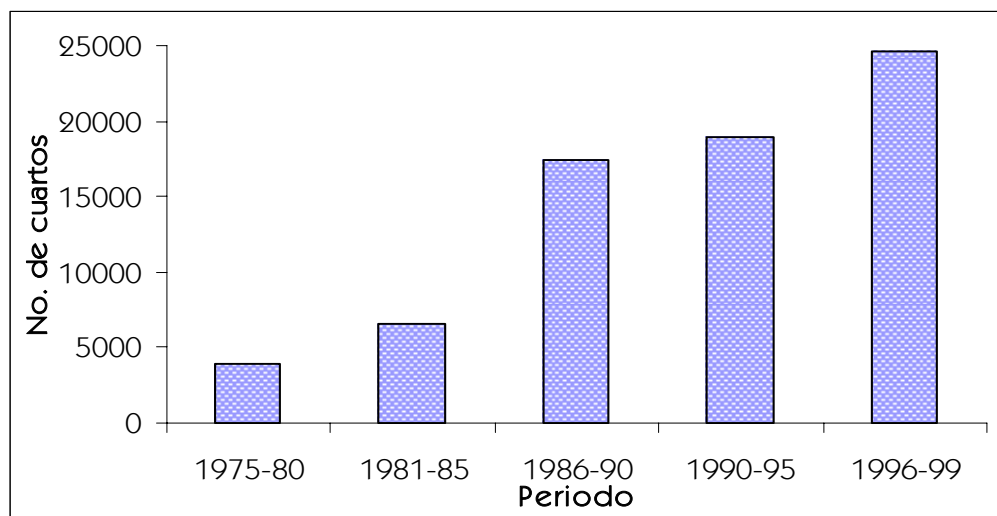


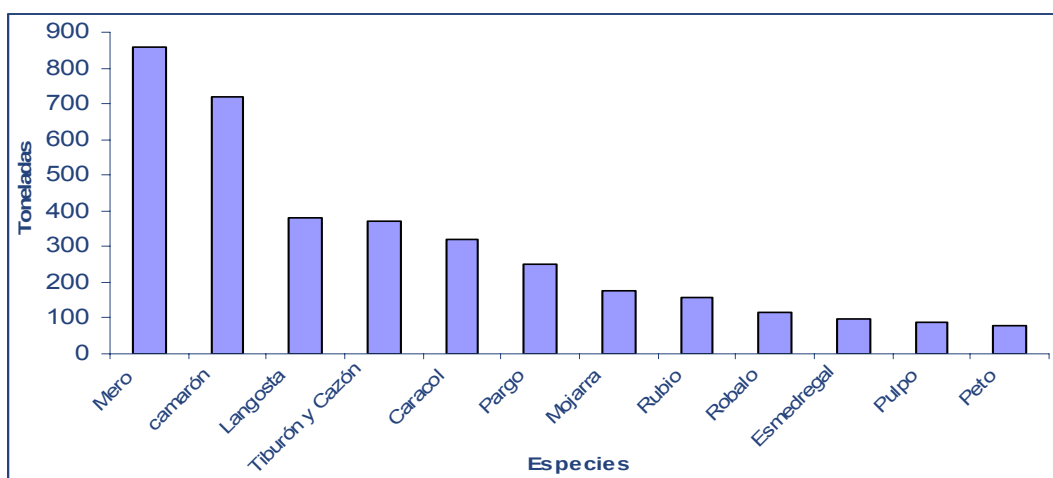
Figura 32. Crecimiento de la oferta de cuartos de hotel en Cancún.

El desarrollo turístico de Cancún está dividido en tres grandes zonas para su uso de suelo: turismo 17.7%; uso urbano 29.1% y zonas de conservación o reserva ecológica 53.2 %, de esta última el 38.0 % es zona lacustre y el 15.2% área de tierra firme (INP. Semarnat.gob.mx).

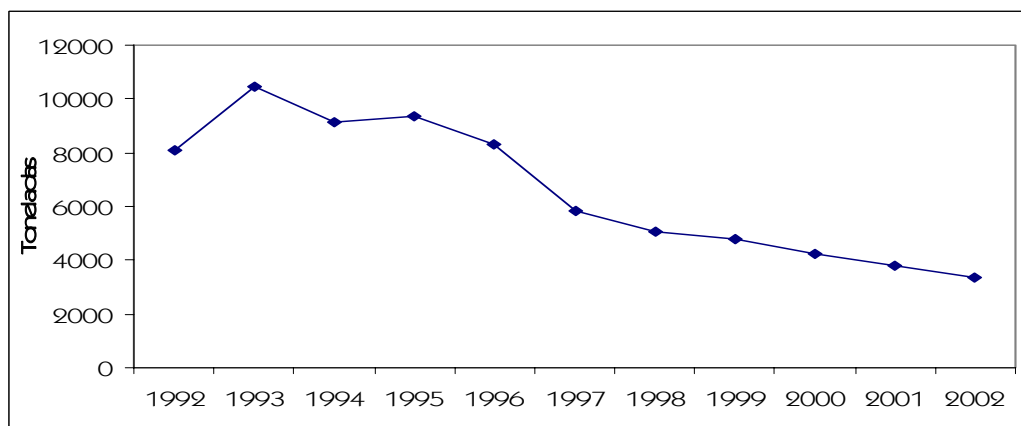


IV. 4.3. Actividad pesquera

El estado de Quintana Roo posee abundantes recursos hidrológicos y costeros; su ubicación geográfica en la Península de Yucatán le permite aprovechar recursos pesqueros del margen oriental del Golfo de México así como de la parte mexicana del Mar Caribe. Este estado aportó el 3.1 % de la producción pesquera del país en 1999. Dentro de las especies que se explotan se encuentran esmedregal, mojarra, robalo, rubia, pargo, mero, camarón, langosta, caracol y tiburón; no obstante las últimas cinco son las que aportan el mayor volumen de su producción pesquera, que en el año 2001 fue de 3, 781 toneladas (Figura 33-A) La tendencia histórica de las capturas es hacia la disminución (Figura 33-B). (Anuario estadístico de pesca, 2001, 2002).



A



B

Figura 33. A) Principales especies que se explotan en el estado de Quintana Roo B) Tendencia histórica de la producción pesquera según principales especies, 1992-2002.



Por su parte, la pesca en el Norte del estado de Quintana Roo ha tenido cambios importantes; en un principio, antes del desarrollo turístico Cancún, ésta se realizaba esencialmente para autoconsumo por la escasa población de Isla Mujeres, Holbox, del faro de Isla Contoy, Cabo Catoche y por tres pequeñas rancherías del extremo oriental de la península de Yucatán. A partir de la década de los años 60 se inició la captura de langosta y camarón y en los años 80 se impulsó la captura de escama (INE-SEMARNAT, 1997).

El caracol rosado *Strombus gigas* fue ampliamente explotado en la zona durante 1960 a 1996, en los últimos años que se practicó la explotación de ésta especie no se rebasaron las 30 toneladas. Los datos de esta pesquería a nivel estatal reflejan que la captura en 1999 (42 t) (Anuario estadístico, 2000) representó solamente el 9.27% con respecto al máximo histórico de 1979 que fue de aproximadamente 454 toneladas. Lo que sucedió con esta pesquería refleja uno de los efectos negativos que la pesca no regulada puede tener sobre los recursos, aunque actualmente existe una veda permanente este recurso en el noreste del estado sigue en riesgo debido a que continúa su demanda y pesca ilegal.

Es importante recalcar que dentro de los tres polígonos que conforman el parque marino Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc la actividad pesquera está restringida casi en su totalidad, con excepción de la pesca de langosta, la cual esta permitida en pequeñas zonas de la tercera barrera del polígono de Punta Nizuc (Figura 18). Otras especies de importancia pesquera en la zona son el mero, mojarra, jurel, sargo y pargo, las cuales se extraen principalmente de la laguna Nichupté (pesca y desarrollo sustentable). Los principales recursos de gran importancia económica para la zona son langosta, camarón y pulpo, por ser pesquerías bien establecidas se realizó un análisis de la situación en la que se encuentran ya que están catalogadas como explotadas al máximo permisible.

Previamente, cabe aclarar que el análisis esta basado en el aspecto del rendimiento óptimo. En teoría si el crecimiento sigmoide es simétrico como en el modelo logístico, el mayor índice de crecimiento (expresado como dN/dt) se observa cuando la densidad es igual a $K/2$ (la mitad de la densidad de saturación). Una fuerte presión sobre alguna población puede resultar en la disminución del rendimiento óptimo (Odum, 1972).

Camarón

Esta pesquería en el Caribe (estado de Quintana Roo) tiene una importancia relativamente baja a nivel del litoral, con la aportación de apenas el 1.1 % de las capturas totales del Golfo de México y Mar Caribe; no obstante, es la segunda actividad pesquera de mayor importancia a nivel local y la primera por su infraestructura pesquera instalada en el estado que reporta capturas



anuales promedio de 200 toneladas de camarón sin cabeza. La pesquería se dirige básicamente a la captura de camarón rojo (*Penaeus brasiliensis*) la cual es la más importante desde el punto de vista económico, y secundariamente al camarón de roca (*Sicyonia brevirostris*); no obstante, en las capturas también se reportan pequeñas cantidades de *F. duorarum*, *L. setiferus* y *L. schmitti* (Arreguín-Sánchez, 1981a)

La zona en la que se realiza esta pesca es al oriente de Isla Contoy cerca del límite entre Yucatán y Quintana Roo, donde existe un importante afloramiento de agua subsuperficial rica en nutrimentos, que parece estar sincronizada con el reclutamiento, los ciclos de abundancia y desplazamiento de las diferentes especies (Porras et al., 1994).

El camarón rojo (*Penaeus brasiliensis*) parece reclutarse a la pesquería de febrero a septiembre, con dos periodos de diferente magnitud. El primero y más importante de éstos se presenta de febrero a marzo y el segundo de menor intensidad de agosto-septiembre (Arreguín-Sánchez, 1981a; Araneda, 1990; Soto, 1992 y 1994; Porras et al., 1994).

Para la especie *Sicyonia brevirostris* (camarón de roca) se ha observado que los juveniles se encuentran desde zonas someras a profundas frente a Contoy, pero no dentro de las lagunas costeras de Quintana Roo o de Yucatán, como en el caso de la especie *F. brasiliensis* (Arreguín-Sánchez, 1981b).

En la zona de Contoy se han identificado seis áreas en las que se realiza un intenso esfuerzo pesquero. Desde 1994 los barcos operan en áreas ubicadas alrededor de las 60 millas náuticas de Isla Mujeres. La pesca de camarón se realiza en fondos planos y arenosos, libres de rocas y corales, con profundidades que oscilan entre los 35 y 60 m (Porras et al., 1994) y aún no existe una pesquería dirigida a la captura de camarones juveniles (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

Las capturas históricas de ésta pesquería han tenido fluctuaciones importantes en ambas especies; la máxima de camarón rojo se obtuvo de 1985 a 1987; en los años subsiguientes a 1988 las capturas decayeron aproximadamente a la mitad y después de 1997 han fluctuado alrededor de las 100 toneladas por año de camarón sin cabeza. Del camarón de roca la máxima captura se consiguió en 1989, año a partir del cual ésta no solo disminuyó de manera significativa sino que además tuvo grandes fluctuaciones. Entre los años de 1993 a 1995 se observó una ligera recuperación que pudo ser atribuible al efecto de la veda implantada durante ese periodo; para los siguientes años las capturas nuevamente decayeron y después de 1997 han sido menores a las 100 toneladas (Fig. 34) (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo,



2000; anuarios de años). La tendencia a la disminución parece sugerir síntomas de sobreexplotación que se ha hecho sobre estas especies.

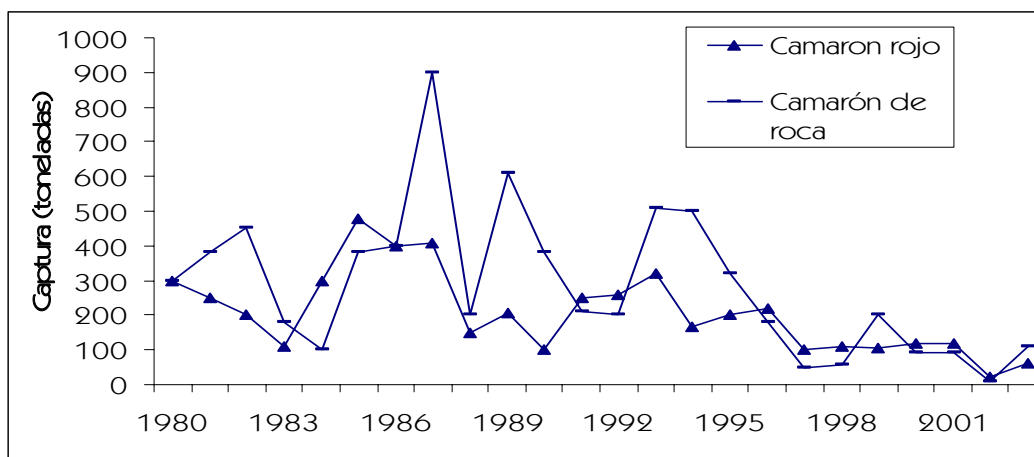


Figura 34. Tendencia histórica de las capturas de camarón rojo y de roca en el caribe.

Con los datos de las capturas de ambas especies se realizó un análisis de la situación en la que se encuentran, basado en la relación que tiene el rendimiento con el número de habitantes del municipio de Cancún como un indicador de la presión del desarrollo de esa porción del país sobre sus recursos; o sea, una medida indirecta del esfuerzo. La tendencia de la captura es hacia la baja en ambas especies, como se observa en el resultado del análisis de correlación realizado entre la captura y el número de habitantes, que describe una pendiente negativa. Al transformar estos datos y referirlos a una parábola, que es de esperarse que describan la tendencia de una población cuando sufre un incremento gradual en su explotación y consecuentemente en su tamaño y en su productividad. De acuerdo con este principio, este recurso soportaría una presión máxima de desarrollo humano comprendida entre los 350,000 y 400,000 habitantes, cifra que se ha superado por mucho (Figuras 35, 36). El último dato de la serie no fue considerado, por que su valor rebasa significativamente el número máximo aceptable para describir una tendencia parabólica con una variancia moderada.

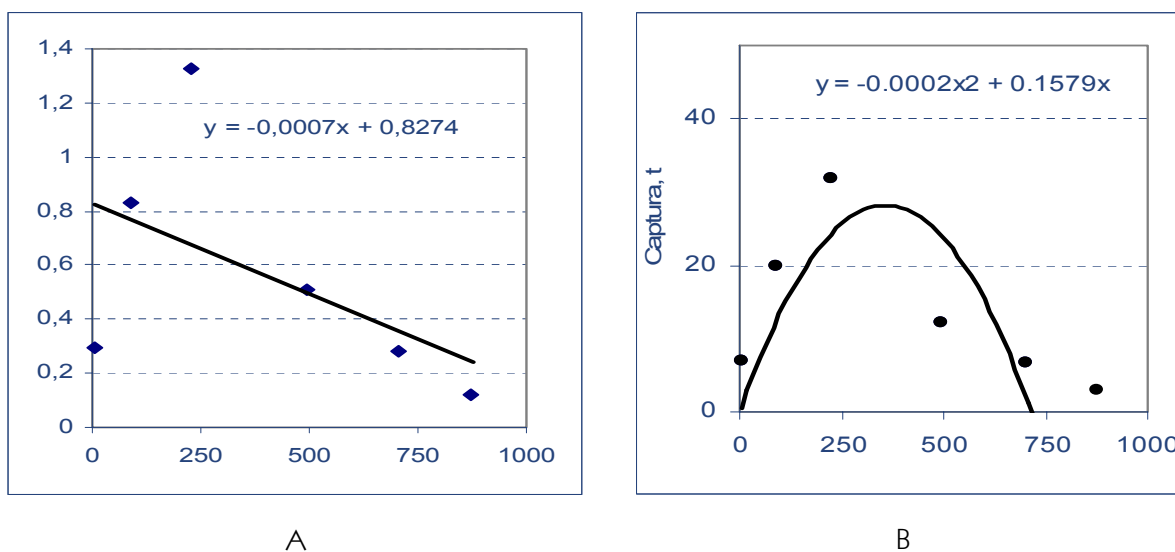


Figura 35. Camarón rojo. A) Pendiente de los últimos registros de la captura B) Ajuste de los datos de la captura con relación al número de habitantes en el municipio de Cancún

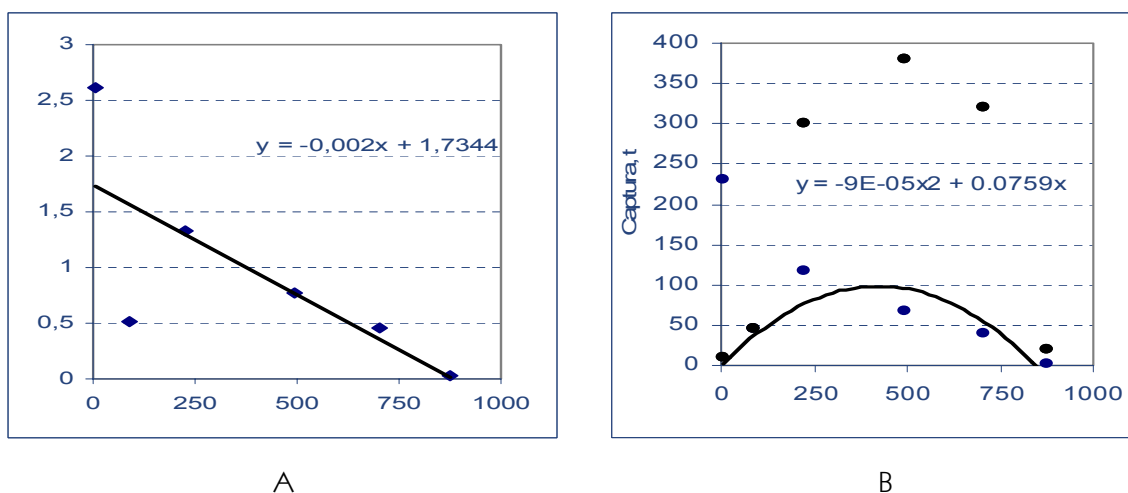


Figura 36. Camarón de roca. A) Pendiente de los últimos registros de la captura B) Ajuste de los datos de la captura con relación al número de habitantes en el municipio de Cancún

Un verdadero control del esfuerzo que se ejerce en estos recursos es complicado, ya que la flota pesquera en la región de Contoy ha sido muy variable desde que se inició la pesquería. Los registros en el año 2000 reflejaron que ésta se componía de aproximadamente 22 embarcaciones. En la zona pescan además de las embarcaciones de Isla Mujeres (que iniciaron la pesquería) embarcaciones de Campeche y Tamaulipas que ingresaron a partir de mitad de los años 80. Con lo



cual se duplicó el esfuerzo (Figura 37) (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000). Este fenómeno ha estado determinado por los cambios estacionales en las capturas de camarón de otras especies en otras regiones. La medida de regulación del recurso ha sido la implementación de vedas con la finalidad de reducir el esfuerzo pesquero. Con estas acciones se espera proteger a los reclutas y reproductores. A partir del año 2002 las fechas de veda para la zona han considerado criterios que permitan controlar y reducir el número de embarcaciones de otros estados que participan en la pesca de Contoy (Tabla 11).

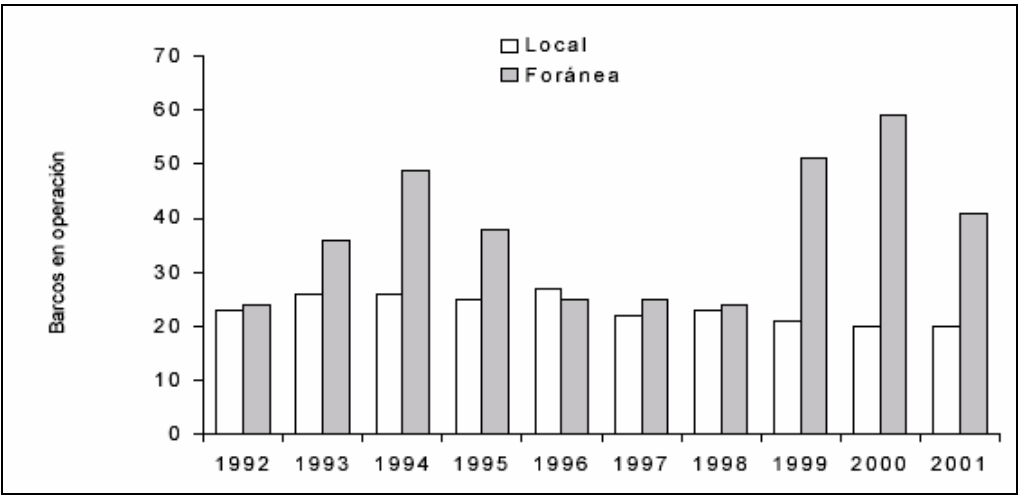


Figura 37. Barcos que operan en la zona adyacente a Isla Contoy para la pesca de camarón. (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

Tabla 11. Participación de la flota de Contoy y de otras regiones del Golfo de México durante (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

		2002			2003		
		Local	Foránea	TOTAL	Local	Foránea	TOTAL
Número de barcos		14	8	22	14	9	23
Número de viajes		41	10	51	80	20	100
Días de pesca		360	85	445	998	238	1236
Captura (t)	ROJO	21	8	29	61	7	68
(sin cabeza)	ROCA	13	4	17	106	42	148



Langosta

Esta es una pesquería importante para el país. La captura anual conjunta de los estados de Quintana Roo y Yucatán aportan el 23 % de la producción nacional anual (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

La captura de la langosta espinosa se vuelve comercial a partir de la década de 1950, con embarcaciones de madera a la vela (Caballero, 1994). Son tres especies de langosta espinosa las que se tienen registradas en el Golfo de México y el Caribe: *Panulirus guttatus* (langosta pinta), *Panulirus laevis* (langosta verde se presenta solo en algunas ocasiones) y *Panulirus argus* (langosta del Caribe); ésta última sustenta casi el 100% de la pesquería en los estados de Yucatán y Quintana Roo. Otra especie que se extrae es la langosta zapatera *Scyllarides nodifer*, la cual es poco apreciada por su aspecto exterior y sólo la consume la población local. (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

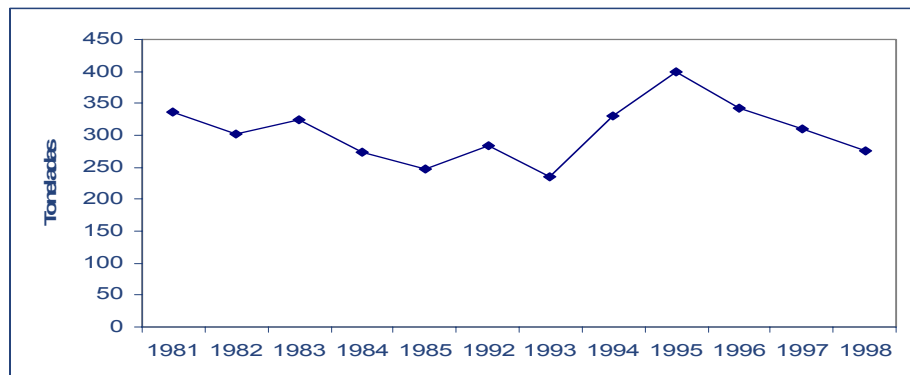
La pesca de langosta en Quintana Roo se desarrolla en todo el litoral del estado, que comprende desde la Isla de Holbox, en el norte hasta la entrada del río Bacalar Chico y la Bahía de Chetumal en el sur (Caballero, 1994). Dada la gran diferencia de las características ambientales, variedad de artes de captura y técnicas, el estado de Quintana Roo está dividido en tres zonas de pesca: zona norte, (abarca de Isla Holbox a Puerto Morelos) donde se pesca con compresora, trampas ahogadas, redes y casitas; zona centro (Puerto Morelos a Punta Herrero), la pesca es con casitas y zona sur (desde Punta Herrero hasta la frontera con Belice) donde se practica el buceo libre (Caballero, 1994). Las estadísticas de las temporadas de 1993 a 2000 señalan que la producción en la zona norte corresponde al 55.23%, centro 36.18% y sur 8.6% de la producción total del estado; debido a la gran diversidad de técnicas y artes complementarias existe consenso en que es difícil tener una sola unidad de esfuerzo. Actualmente tanto en Yucatán como en Quintana Roo, se utilizan embarcaciones que no superan los 10 m de eslora con motores fuera de borda de hasta 75 caballos de fuerza (Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo, 2000).

En Isla Mujeres desde que se inició el uso de buceo, las capturas generadas a través de trampas no han contribuido con más del 25 % de la producción total de la zona, mientras que el resto de la producción se obtiene con buceo libre pero principalmente con SCUBA y compresora. El porcentaje de la captura de estas dos últimas ha ido variando dependiendo de la distribución de langosta en el gradiente de profundidad.

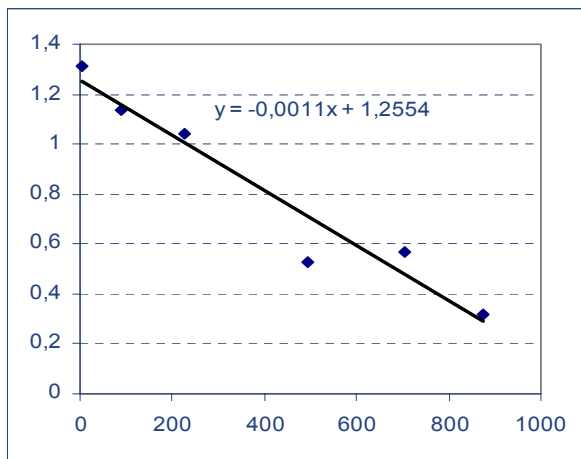
Esta pesquería ha tenido fluctuaciones importantes en la zona, la mayor captura se registró en 1995 con 399 toneladas. La relación entre las capturas y el número de habitantes del municipio



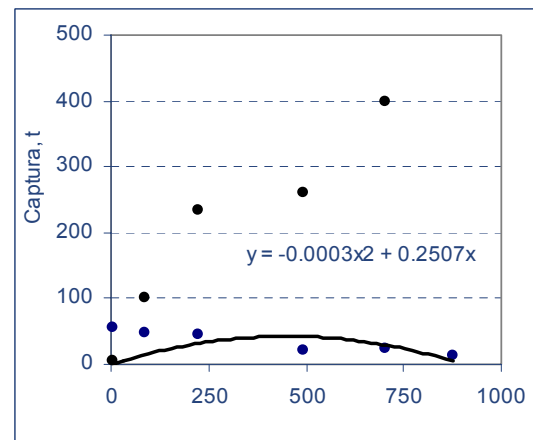
de Cancún (como una medida indirecta del esfuerzo) reflejaron una tendencia hacia la baja, esto se observa en la figura 39-B donde se presenta el resultado de la correlación; con la transformación de los datos y su referencia con una parábola que estaría relacionada con el grado de explotación que se está ejerciendo pudo determinarse que la langosta soportaría una presión máxima de desarrollo humano entre los 350,000y 400,000 habitantes, ésta cifra coincide con el análisis que se realizó para las dos especies de camarón. Actualmente la presión máxima se ha rebasado desde el año 2,000.



A



B



C

Figura 39. A) Tendencia histórica de las capturas de Langosta roja. B) Pendiente de los últimos registros de la captura, C) Ajuste de los datos de la captura con relación al número de habitantes en el municipio de Cancún



Pulpo

La especie *Octopus maya* es endémica de la península de Yucatán, habita la plataforma continental en resquicios de rocas y oquedades del fondo. Su pesca se inició en Campeche a partir de 1949 registrando 50 toneladas; poco a poco se fueron sumando a la producción otros puertos de este estado como Isla Arenas, Isla Aguada, ciudad del Carmen y Celestún en Yucatán, que para 1973 eran los principales productores (Solís-Ramírez y Chávez, 1986).

A partir de 1976 se registran capturas de pulpo en el norte del estado de Quintana Roo (Solís-Ramírez y Chávez, 1986) desde Isla Holbox hasta Isla Mujeres, utilizando embarcaciones menores de 25 pies de eslora con motores fuera de borda de 60 HP, y hasta 1980, buceo libre o con compresora. En 1989, los pescadores de esa región introdujeron las “jimbas”, al igual que sus homólogos de Campeche y Yucatán, lo cual se reflejó en incrementos sustanciales en los volúmenes de captura. De este año a 1994 la captura fue en aumento y aunque variable en promedio se obtuvieron 86 t (Sustentabilidad y pesca responsable 2002). Las mayores capturas se registraron en 1995 y 1996 con 366 y 395 toneladas respectivamente, posterior a estos años hubo decrementos significativos y actualmente no se pescan más de 100 toneladas.

A los datos de ésta pesquería se les aplicó el mismo tratamiento que en los casos anteriores y se encontró nuevamente una clara tendencia hacia la baja de la captura después de realizar la correlación entre éstos datos y el número de habitantes (esto se observó por la pendiente negativa) (Figura 40-A), la transformación de estos datos y su referencia a una parábola relacionada con el número de habitantes reflejó que la presión que el recurso toleraría, esta entre los 600 00 y 650 000 habitantes (Figura 40-B), actualmente esta cifra se rebasa por 100 000.

Se considera que el estatus de la especie *Octopus maya* esta

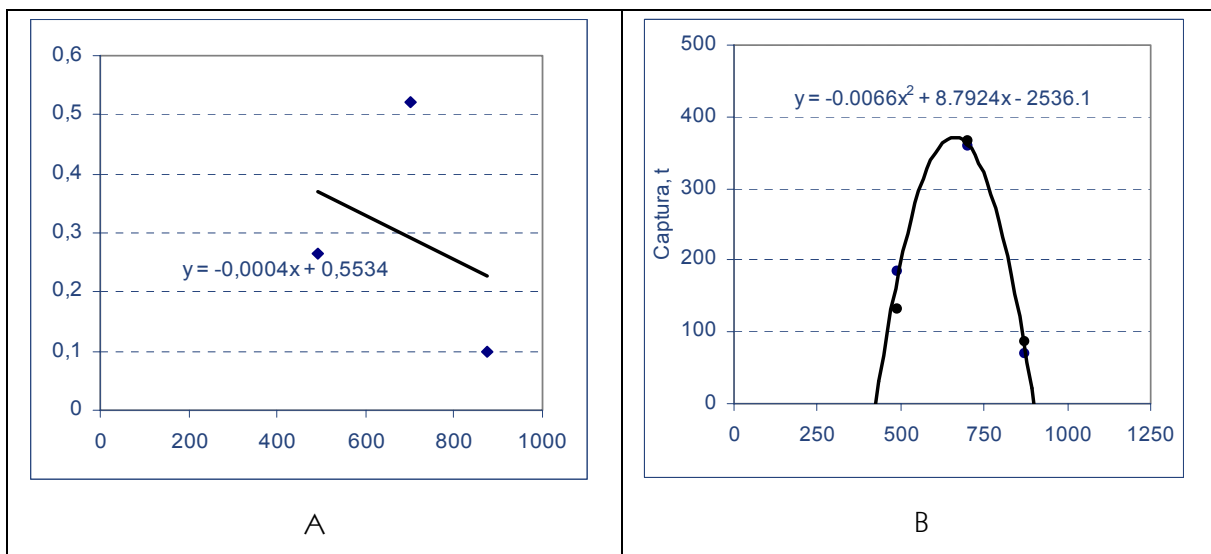
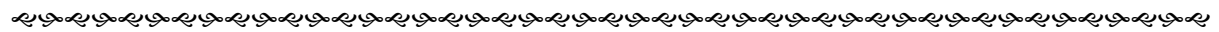


Figura 40. A) Pendiente de los últimos registros de la captura, B) Ajuste de los datos de la captura con relación al número de habitantes en el municipio de Cancún

Para el mejor manejo del esfuerzo pesquero del molusco, así como para proteger a esta especie durante la temporada de reproducción y cuidado de crías, se toma como base el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación del 3 de diciembre de 1994, en el cual se establece veda para la pesca de las especies de pulpo (*Octopus maya*) y (*Octopus vulgaris*) en las aguas de jurisdicción federal de los litorales de los Estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roó, en el período comprendido del 16 de diciembre al 31 de julio de cada año (SAGARPA-INP, 2004).



DISCUSION

De acuerdo con los estudios realizados por el Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT, 1998) en la zona se encuentran 34 especies de coral duro y 37 de coral blando. Puede decirse que la riqueza es alta, considerando que en el estudio hecho por Castañares y Soto (1982), donde se hizo una sinopsis taxonómica de los corales escleractínios de la costa noreste de la península de Yucatán se identificaron 38 especies. En la Reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Padilla et al. (1992) y Jordán et al. (1994) determinaron una riqueza de 37 y 36 escleractinios respectivamente. En otros arrecifes que se localizan en el noreste de la península de Yucatán y en el Caribe se han determinado riquezas similares (Tabla 10).

Tabla 10. Riqueza específica de corales escleractínios en arrecifes del Mar Caribe.

Riqueza	Arrecife	Especie dominante	Referencia
29	Akumal	<i>Acropora palmata</i>	Muñoz-Chagín y de la Cruz-Agüero (1993)
40	Isla de Cozumel	<i>Acropora palmata</i> y <i>Montastraea annularis</i>	Jordán (1989)
45	Banco Chinchorro	<i>Millepora complanata</i> , <i>Acropora palmata</i> y <i>Agaricia tenuifolia</i>	Jordán y Martín (1987)
34	Arrecifes del Caribe mexicano	<i>Acropora palmata</i> , <i>Montastraea annularis</i> , <i>Porites porites</i> y <i>Agaricia</i>	Jordán et. al. (1981)
38	Arrecifes del Caribe mexicano	<i>Acropora palmata</i> y <i>M. annularis</i>	Jordán (1979)
41	Arrecifes del Caribe mexicano	<i>Montastraea annularis</i> , <i>Montastraea cavernosa</i> , <i>Agaricia agaricites</i> , <i>Agaricia tenuifolia</i>	Chávez (1997)
15	Banco Chinchorro	<i>Diploria strigosa</i> , <i>Agaricia agaricites</i> , <i>Porites astreoides</i>	Chávez et al. (1985)
38	Arrecifes del Caribe mexicano	<i>Agaricia agaricites</i> , <i>Montastraea annularis</i> , <i>Siderastrea siderea</i> , <i>Acropora palmata</i> , y <i>Acropora cervicornis</i>	Borges-Souza (2003)



43	Arrecifes de Puerto Rico	<i>Montastraea annularis</i> , <i>Montastraea cavernosa</i> , <i>Porites astreoides</i> y <i>Diploria strigosa</i>	García et al. (2003)
29	Arrecifes de Guatemala	<i>Siderastrea siderea</i>	Fonseca y Arrivillaga (2003)
41	Arrecifes de Costa Rica	<i>Siderastrea siderea</i> , <i>Agaricia agaricites</i> , <i>Porites astreoides</i> y <i>Diploria strigosa</i>	Cortés y Jiménez (2003)
69	Arrecifes de Venezuela	<i>Acropora cervicornis</i> , <i>Montastraea faveolata</i> , <i>Montastraea annularis</i> , <i>Millepora</i> , <i>Colpophyllia natans</i> , <i>Diploria strigosa</i> , <i>Porites astreoides</i> y <i>Porites porites</i>	Weil (2003)

Jordán (1979) encontró que en el Caribe mexicano los arrecifes se caracterizan por tener un desarrollo variable pudiendo diferenciarse en la barrera diversas zonas. El arrecife no es continuo y hay secciones grandes (de varios kilómetros) separadas por canales de 200 a 300 m; en las zonas donde no existe una plataforma arrecifal la profundidad media, a la misma distancia de la costa, es de 26 m cuando en la barrera es de tan solo 40 a 50 cm, otro aspecto notorio es el relativamente pobre crecimiento de los hexacorales en la parte frontal de los arrecifes, los cuales se implantan sobre roca calcárea de origen considerablemente anterior al de la comunidad presente; la comunidad coralina es abundante y diversa y el piso es de roca calcárea de origen anterior a esta comunidad. Por otro lado, en la mayoría de las zonas de la playa existe una extensión que va de la frontera playa-agua, hasta unos 10 m mar adentro, en donde no hay vegetación de fondo, por lo que se forma un pequeño canal de aproximadamente 80 cm de profundidad por el que corre una corriente que no es permanente. Cuando la orilla es rocosa, las algas *Turbinaria turbinata* y *Sargassum* sp. son dominantes, mientras que los únicos corales que se observan pertenecen a los géneros *Porites* y *Siderastrea*.

Algunos de los géneros de escleractinios más comunes que se pudieron identificar en la visita prospectiva a la zona de estudio son: *Acropora*, *Agaricia*, *Montastraea*, *Porites*, *Diploria*, *Favia*, *Solenastrea* y *Siderastrea*; estos son algunos de los que caracterizan los arrecifes del Caribe, que han sido reportados por otros autores en investigaciones realizadas en la zona (Jordán et al., 1981; Jordán, 1988, 1989; Fenner, 1988) y en otros países como en Cuba (Alcolado et al., 2003), Puerto



Rico (García et al., 2003), Belice (Gibson y Carter, 2003), Nicaragua (Ryan y Zapata, 2003), Jamaica (Hughes, 1994), Costa Rica (Cortés y Jiménez, 2003), Panamá (Guzmán, 2003), Colombia (Garzón-Ferreira y Manuel-Díaz, 2003), Venezuela (Weil, 2003) y en Brasil (Leão, 2003).

En estudios como el de Carbonell y Soto (1994) se pudo definir que algunas asociaciones de especies de corales escleractinios caracterizan diferentes zonas arrecifales que por su abundancia son las principales constructoras del arrecife. Ellos encontraron en las zonas profundas *Montastraea annularis* y *Agaricia agaricites*; en zonas intermedias observaron asociaciones dependiendo de las características particulares de cada región, no obstante la especie más abundante también fue *Montastraea annularis*, y en ciertos sitios *Acropora palmata*, donde el arrecife está bien desarrollado. Finalmente, en las zonas más someras los géneros *Agaricia*, *Porites* y *Montastraea* son abundantes.

La cobertura coralina que tienen los arrecifes de la zona de estudio es baja, de hecho en arrecifes como Cuevas de afuera, San Toribio, La Iglesia, Barbones, El Gampín, La Herradura, El farito y la Punta sur de Isla Mujeres ésta es inferior al 10 % (Figura 9). El arrecife que aparentemente se encuentra en un mejor estado de conservación es el de Punta Nizuc con hasta un 27 % de cobertura coralina; no obstante, en estudios anteriores se había registrado una cobertura de 31.80 % en la zona de la cresta arrecifal (Jordán et al., 1981). En ausencia de datos de coberturas anteriores a 1996 que sirvan como línea de base para hacer un análisis del estado en que se encuentran los arrecifes de la zona de estudio, es importante señalar que en general, las coberturas que se han registrado en otros arrecifes del Caribe mexicano son superiores como lo determinó Jordán (1981) en Puerto Morelos (43.64 %), Punta Maroma (18.89 %), y Bajo Finduvet (18.8 %); Fenner (1988) en los arrecifes de Santa Rosa (43.1%), Palancar (48.8%) y Colombia (31.2%), Carbonell y Soto (1994) estimaron que la cobertura de tejido coralino en varios arrecifes coralinos del centro de Quintana Roo se encuentra entre el 15 y 60 %. Padilla et al., (1992) en los arrecifes de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an encontró que la cobertura es de 12.72 a 42.31 %; esta situación es verdaderamente preocupante, ya que hay que agregar que los estudios temporales que se han efectuado muestran una elevada cobertura por algas con ligera tendencia a su aumento. La cobertura de corales es baja en comparación con otros arrecifes, pero es más o menos estable, excepto en el arrecife de Punta Nizuc, donde ha disminuido (Figuras 12 y 13); este es un indicio de que los arrecifes de la zona de estudio se encuentran bajo una fuerte presión que aunque puede estar originada por varios factores ya sean naturales o artificiales, los antropogénicos parecen ser los más importantes en estos arrecifes, que son la principal atracción del gran desarrollo turístico de Cancún. Por ejemplo, el arrecife Cuevones está cerrado al turismo desde



1999, y si bien, en él no se observan evidencias de recuperación de la comunidad coralina (dada la baja tasa de renovación de las especies de escleractinios que dominan la comunidad), si se aprecia mayor diversidad y densidad de los peces, según se pudo constatar en la visita prospectiva a la zona, aspecto contrario a los otros arrecifes fotografiados que actualmente reciben una presión turística importante (Figura 17).

Cambios en la cobertura coralina y algal se han observado en otros lugares del Caribe; por ejemplo, en los arrecifes de Guatemala, Belice y Costa Rica, se ha registrado deterioro de la comunidad coralina, que se refleja en un decremento de su cobertura por diversos fenómenos ambientales y por las distintas actividades económicas que se realizan en la costa, como pesca artesanal, turismo y contaminación (Fonseca y Arrivillaga, 2003; Gibson y Carter, 2003; Cortés y Jiménez, 2003).

Hughes (1994) encontró que el impacto en los arrecifes de Jamaica, es enorme. Los censos en sitios separados entre 5 a 30 km a lo largo de más de 300 km de costa entre 1977 a 1980 y de 1990 a 1993, muestran una declinación en la cobertura de coral de una media de 52 a 3 % y un incremento de la cobertura por macroalgas de 4 a 92 %. El mencionado autor señala que actualmente ya no se observa el clásico patrón de zonación de los arrecifes que había sido descrito en Jamaica en décadas anteriores y que ha ocurrido una marcada fase de cambio, de una comunidad dominada por corales a un sistema dominado por algas, debido principalmente tanto a los efectos directos como los indirectos que provienen de la sobrepesca. El daño comenzó desde los años 70, de tal forma que dos subsecuentes huracanes y la muerte por enfermedad del erizo *Diadema* fueron determinantes para causar una fase de cambio radical favoreciendo a las algas. En 1973 el número de canoas de pesca era de 1800 aproximadamente (3.5 canoas por kilómetro cuadrado); esto era dos o tres veces más de la capacidad del ecosistema para soportar una explotación sostenible. La composición taxonómica de los peces fue cambiando marcadamente en el transcurso de los últimos 30 a 40 años y especies depredadoras como tiburones, lutjánidos, carángidos, balístidos y serránidos fueron desapareciendo, al igual que las tortugas y manatíes. Los peces que pueden encontrarse son los escáridos y acantúridos, pero éstos son pequeños. Por su parte, el erizo de mar *Diadema antillarum* (un buen depredador de macroalgas), sufrió mortalidades masivas en distintos lugares de la isla entre 1982 y 1984 por un patógeno específico; su número disminuyó de un promedio de 10 m^{-2} a 0.1 m^{-2} . Sin este herbívoro y con la continua sobre explotación de los peces herbívoros, el sistema arrecifal de Jamaica sufrió un espectacular florecimiento de algas que comenzó en 1983 y actualmente continúa en todas las profundidades. En un inicio las algas fueron pequeñas y escasas, pero después de dos a tres años,



las especies fueron reemplazadas por otras de larga vida (*Sargassum*, *Lobophora* y *Halimeda*). Como consecuencia de esto no se da nuevo reclutamiento de coral; adicionalmente se observó mortalidad adicional por el blanqueamiento en 1987, 1989 y 1990, debido en gran medida a la intensidad del fenómeno de El Niño.

En Jamaica el huracán Allen que golpeó en 1980 causó varios daños en el arrecife, los más enérgicos fueron en sitios someros, los corales más afectados fueron *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, además de camas del coral blando *Zoanthus* que ocupaba grandes espacios. Corales con morfologías más robustas o que viven a mayor profundidad (> 10 o 15 m) fueron mucho menos susceptibles a la destrucción por la fuerza física, así, los huracanes incrementan la abundancia relativa de especies incrustantes o colonias masivas. Inmediatamente después del paso del Huracán apareció la rodofita *Liagora* probablemente a causa de los nutrientes y los sedimentos suspendidos y de una temporal depresión de los herbívoros, pero unos meses después el alga desapareció y se observó un substancial reclutamiento de coral. El reclutamiento de *Acropora* fue mínimo en los siguientes 3 años y las ramas rotas sobrevivieron pobremente, pero otros corales como agaricidos y *Porites* se establecieron en el espacio libre (Hughes, 1994).

En contraste con lo anterior, en el arrecife de Puerto Morelos (México) se tiene registrada a la especie *Acropora palmata* como una de las que presentan alta tasa de sobrevivencia de los fragmentos generados, además de ser muy eficiente en la regeneración por de tejido perdido por lesiones, características que le permiten una recuperación rápida y eficiente del deterioro causado por tormentas de modo que es una de las principales especies constructoras arrecifales de la zona somera de los arrecifes del Caribe (Padilla et al., 1994).

Adicionalmente, los efectos que pueden provocar los enriquecimientos por materia orgánica en los arrecifes se han abordado en varios trabajos. En los arrecifes donde hay incrementos en la sedimentación, el reclutamiento se ve reducido (Cortés y Risk, 1985), mientras que el aporte de nutrimento provoca diversos efectos sobre la comunidad coralina, al igual que sobre pastos y algas (Duarte, 1995). Cuando el aporte de drenaje es crónico, especies como *Porites astreoides*, *P. porites*, *Siderastrea radians* y *Agaricia agaricites* pueden ser las especies mas afectadas; las formas menos resistentes a la sedimentación, como *Montastraea cavernosa* y *Meandrina meandrites* tienden a desaparecer (Campos-Vázquez et al., 1999).

Cerca del arrecife de Punta Nizuc existía una plataforma para servicios turísticos, en ese lugar Campos-Vázquez et al., (1999) hicieron una investigación para determinar los efectos en el bentos de la elevada intensidad de turistas que la visitaban para lo cual consideraron tres puntos



de muestreo, el sitio I estaba localizado a 30 m de distancia de la plataforma con profundidades entre los 1.5-2 m donde la carga de visitantes era de 3,000 a 4,000/día en temporada alta y de 2,000 a 3,000 en la baja; el sitio II estaba a 250 m de distancia entre profundidades de 2-2.5 m muy cerca del canal de navegación por donde transitan las embarcaciones al salir de la laguna Nichupté. El sitio III se encontraba a 500 m; aunque aparentemente este no presentó un impacto humano directo, se observó pedacería de corales cuerno de ciervo. Los índices de riqueza específica y abundancia (Margalef, 1974) mostraron una clara tendencia al aumento en relación directa con la distancia de la plataforma; esto también se observó con el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Por otra parte, de los organismos analizados, el único grupo que presentó resultados que podrían explicar las diferencias entre los sitios fue el de los poliquetos, pues su biomasa mostró tendencias similares a las indicadas por los índices anteriormente mencionados. No obstante, es recomendable tomar estos datos con reserva, ya que en el estudio no se consideró un muestreo control.

Infortunadamente los arrecifes de Cancún se enfrentan a una elevada presión turística y a las diferentes amenazas que esto conlleva, al ser creado Cancún, el sistema lagunar fue dragado y rellenado en diferentes lugares para crear zonas residenciales, estacionamientos y plazas comerciales, de tal manera que algunos sitios que permitían el intercambio de agua entre el mar y la laguna fueron cerrados. El problema de la contaminación por efluentes de los hoteles hacia la Laguna Nichupté, que se generó principalmente por el desarrollo hotelero de Cancún, actualmente ha disminuido considerablemente; los problemas que se tenían a mediados de los años 80 como producto de las descargas de aguas negras, filtraciones de lixiviados (provenientes del antiguo basurero clausurado en 1994), presencia de materia orgánica, pipas de aguas negras y carencia de alcantarillado en la ciudad, se han solventado con la creación de una red de drenaje, al igual que con el funcionamiento de plantas de tratamientos de aguas. No obstante, el riesgo de contaminación por las descargas clandestinas permanece latente, pues un reporte de Ecología Municipal en el 2000, reveló que había 132 descargas, entre clandestinas y pluviales (ubicadas principalmente en Punta Cancún) (5) las cuales fueron clausuradas y cuando se realizó la visita prospectiva a la zona, personal de la PROFEPA confirmó la existencia reciente de 4 descargas, una de las cuales salía directamente al mar.

Aparentemente, los esfuerzos de las autoridades y organizaciones por frenar esta situación no han sido suficientes y aunque han disminuido las descargas clandestinas aún falta mucho por hacer, como realizar la conexión de toda la población a la red de alcantarillado, la canalización del 100 % de las aguas negras a plantas de tratamiento, evitar que continúen los rellenos y la tala de



mangle, así como realizar un monitoreo regular de la calidad del agua para poder hacer un seguimiento y eventual control de la situación.

Actualmente existe la propuesta de incluir al Sistema Lagunar en la Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua, donde se propone que de las seis mil 700 hectáreas, 55.2% sean destinadas a la conservación. Con esta medida se crearía un cuarto polígono que formaría parte del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, sería diseñado un plan de manejo y la Federación destinaría recursos para su protección; aparentemente esta propuesta está avanzando (5), pero la perspectiva es difícil porque la PROFEPA tendría problemas para vigilar 3,700 hectáreas adicionales. Adicionalmente, los prestadores de servicios en la entidad continuamente manifiestan su oposición a cobrar más a los turistas por la visita a las zonas arrecifales, lo que podría provocar que no existan recursos suficientes para financiar las actividades de vigilancia del parque.

Los arrecifes de la zona de estudio se encuentran protegidos por el Parque Marino Nacional Costa Occidental Isla Mujeres, Punta Cancún Punta Nizuc; para su control y vigilancia existe un Programa de Manejo dirigido a usuarios, planificadores, administradores, científicos, gobierno municipal, estatal y federal. En él se plantean los siguientes objetivos (INE-SEMARNAT, 1998):

- ☼ Desarrollar estrategias y proponer acciones que propicien la protección y conservación de los recursos naturales, así como la restauración de las zonas que así lo requieran.
- ☼ Proponer y establecer las bases de coordinación interinstitucionales para reforzar las acciones de operación, protección, vigilancia y manejo de recursos.
- ☼ Proponer y establecer las bases de concertación con los distintos sectores involucrados.
- ☼ Lograr la compatibilidad entre el uso sustentable de los recursos naturales del Parque y la protección de los mismos.

En las reglas administrativas del programa de manejo se determinan los límites de los polígonos que constituyen el parque, se definen cuales son las actividades náutico-recreativas, la zonificación dentro de cada uno de los polígonos para las actividades que están permitidas, que embarcaciones deben circular y cuantas, cuales son las autorizaciones, permisos y concesiones, de definen las prohibiciones, así como las sanciones entre otros aspectos. Esto esta bien establecido en el papel; sin embargo, aspectos fundamentales como cual es el tránsito del parque es desconocido, pues a pesar de que se han dado un número específico de permisos para ello, no se tiene información de cuantos viajes realizan al día. En 1998 se contaba con el reporte de la



existencia de más de 634 lanchas con motor registradas y autorizadas que generaba un sobre tráfico con un total de 6,461 pasajeros, suponiendo un solo viaje al día; actualmente la mayoría de las embarcaciones autorizadas tienen la capacidad de transportar un máximo de 2 personas, no obstante, el número de viajes se ha incrementado, pues el número de turistas que visitan el parque ha ido en aumento (Juárez, 2002). Infortunadamente la vigilancia no es suficiente y de acuerdo con la información recopilada, tampoco se sabe con exactitud cuantos visitantes se tienen en cada polígono y/o que intensidad de visitantes hay en cada uno de los arrecifes.

Existe un rezago en el cumplimiento de los objetivos que se plantean en el plan de manejo, pues aunque este considera la investigación y monitoreo de los arrecifes esto está realizándose lentamente, lo que origina falta de información fundamental que sirva de base para reorganizar el uso que se le esta dando al Parque y a sus arrecifes; es urgente definir su capacidad de carga y proponer rotación de las zonas arrecifales que esté permitido visitar, por solo citar algunas opciones.

No obstante que el desarrollo turístico provee grandes beneficios económicos por concepto de divisas, esto debe tomarse con reserva si se analiza el costo ambiental que tiene que pagarse. Cancún es el más importante centro turístico del país, que al ser creado nadie imaginó su acelerado y aparentemente imparable crecimiento; la economía del estado de Quintana Roo se sustenta principalmente en el turismo y las actividades con las que se relaciona (Figura 30), de tal manera que la demanda de recursos ha ido aumentando al igual que la presión sobre el ambiente. El sector pesquero es un claro ejemplo de la critica situación, pues refleja una situación de colapso absoluto desde hace 15 años aproximadamente causado por la sobreexplotación (Figura 41); las capturas totales declinaron desde 1990-1991 cuando se registró la máxima captura de 10, 456 toneladas en el estado, en la actualidad las capturas no son superiores a las 4,000 t. (Secretaría de pesca, 1992; SEMARNAP, 1995; SAGARPA, 2002).

El registro de la captura de langosta, pulpo y camarón, que son de las más importantes en el noreste de la península de Yucatán, también reflejan los efectos de la sobreexplotación; cabe señalar que los análisis que se realizaron para estas pesquerías y los efectos globales que se muestran en la figura 47 son un ejercicio que pretende reflejar la fuerte presión que existe desde décadas anteriores sobre los recursos tomando simplemente el incremento de la población humana como un indicador de la presión sobre el ambiente y sus recursos, ya que no se tienen datos del esfuerzo pesquero.

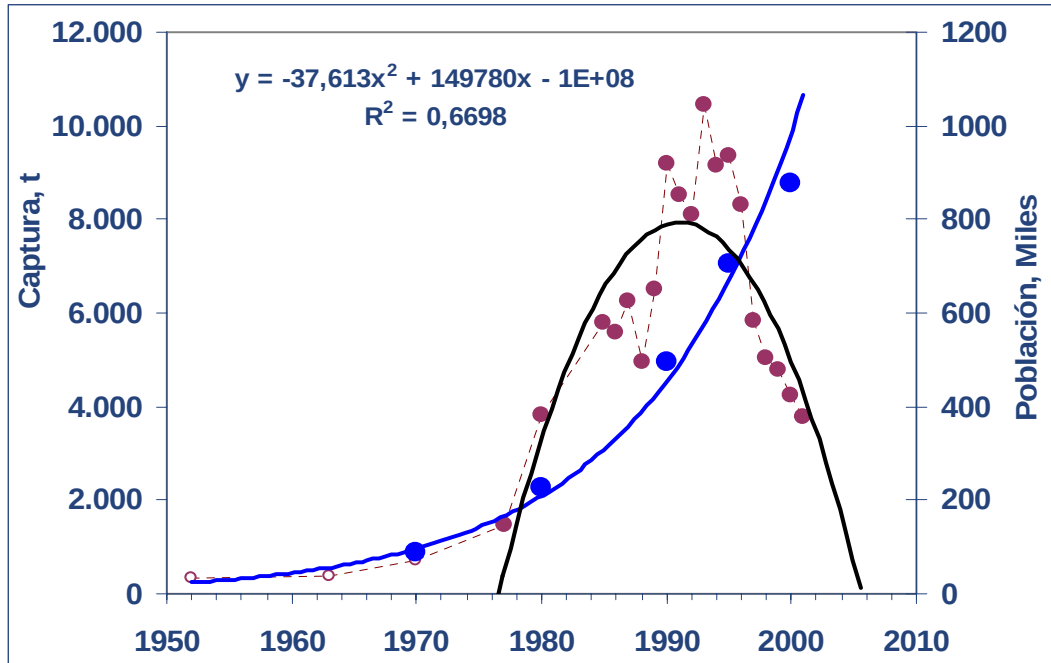


Figura 41. Captura pesquera total y crecimiento de la población del estado de Quintana Roo

En otros arrecifes del Caribe Mexicano se han detectado indicios de sobrepesca, como en Banco Chinchorro; esto se ha inferido debido a que las poblaciones de peces comerciales están disminuyendo y los individuos son más pequeños (Loreto, 2003). En este arrecife entre las especies que enfrentan amenazas y que están sometidas a cierto grado de impacto por capturan figuran el caracol rosado, la langosta espinosa, la tortuga blanca, carey, caguama, el lagarto, el mero y la barracuda. En el caso de la langosta sus capturas han tenido un decremento de 45 toneladas anuales durante los años 80 a 30 toneladas desde 1990, no obstante las capturas se mantienen (Aguilar-Perera y Aguilar-Dávila, 1993)

La explotación sostenida de los recursos en ecosistemas complejos, como los arrecifes coralinos, presenta características especiales debido a la gran diversidad de especies y lo complejo de sus interacciones, por lo que las actividades pesqueras intensas pueden afectarlos, la vulnerabilidad de éstas podría estar relacionada con las características del ciclo de vida de los organismos tropicales y con el dinamismo trófico (flujo energético) de los arrecifes coralinos. Por ejemplo, muchos peces de arrecife aparecen siempre en los mismos lugares (territorialidad, escasa movilidad) o están restringidos a determinados hábitats o profundidades (Munro y Williams, 1985). Además, los ecosistemas arrecifales están localizados en zonas consideradas como desiertos de



nutrimento, por lo que dependen de un rápido y eficiente reciclaje de éstos, lo que les permite soportar altos niveles de productividad.

La pesca afecta directamente la población o la comunidad al extraer los organismos, pero también indirectamente cuando las diferentes técnicas de pesca crean cambios en los hábitats o alteran los procesos biológicos y ecológicos como el crecimiento, reproducción, mortalidad, o el reclutamiento (Russ, 1991). Las pesquerías tienden inicialmente a concentrarse en los individuos más grandes (que generalmente crecen más lentamente, maduran a mayor edad y son más longevos) de tal forma que se eliminan los organismos que poseen un mayor potencial reproductivo y características genéticas más favorables. Cuando una población está sometida a una intensa explotación pesquera, puede verse afectada genéticamente por la disminución de éstos individuos, perdiéndose así una gran proporción del potencial de su variabilidad genética. A nivel poblacional los efectos directos de la pesca abarcan cambios en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), la captura total, la abundancia, la composición por tallas, la biomasa, la mortalidad, el reclutamiento, la inversión sexual, la estructura de la población, el comportamiento y la distribución. CITA

Es común que tanto los prestadores de servicios como los turistas realicen acciones que dañan los arrecifes ¿Que sucede? hace falta aumentar la vigilancia, las multas (tanto a prestadores de servicios como a usuarios por acciones indebidas) y crear nuevos planes de manejo. Lo realmente indispensable es tener una verdadera conciencia de que cada una de nuestras acciones repercuten en la salud de estos ecosistemas; es necesario reconocer que los arrecifes como todos los ecosistemas del planeta tienen el mismo derecho a existir que los seres humanos y que no tenemos derecho a destruirlos.



Necesidades de investigación y recomendaciones.

Las investigaciones urgentes a realizar son tanto básicas como aquellas que provean información aplicable de inmediato. Las primeras engloban investigaciones en oceanografía, geología marina, química marina, ecología terrestre y ecología marina de esta forma se contará con datos específicos para la zona. Las segundas es necesario enfocarlas primordialmente a obtener elementos para el manejo.

Básicas

Como parte de la vigilancia es necesario tener un registro de parámetros abióticos, aspectos bióticos y elementos socioeconómicos, con el registro de estos aspectos sería más fácil detectar condiciones de perturbación y/o mejoría. En la laguna es recomendable realizar un ciclo diurno cada mes tomando muestras cada 3 hrs a medio metro de la superficie. Procurando que la red de estaciones abarque todo el cuerpo, pero enfatizando las estaciones en Punta Cancún y a lo largo del desarrollo hotelero. Dentro de los polígonos que constituyen al parque marino también es necesario implementar una red de estaciones (Figura 42)

- a) **Parámetros abióticos**, se contempla el registro continuo de lo siguiente dentro del parque y zonas aledañas:
 - ☼ Temperatura
 - ☼ Turbiedad
 - ☼ Sedimentación
 - ☼ Nutrientes (NO_2 , NO_3 , PO_4)
 - ☼ Calidad del agua (Cantidad de oxígeno disuelto, grasas y presencia de coliformes)
- b) **Aspectos bióticos**, los muestreos deben enfocarse a:
 - ☼ Determinar los principales elementos ecológicos de los arrecifes como riqueza, cobertura, estado de salud de las colonias y abundancia de otros organismos como peces.
 - ☼ Efectuar una descripción lo más detallada posible de la estructura de los arrecifes.
 - ☼ Realizar también monitoreo de otros organismos del bentos (algas, moluscos, poliquetos, etc.) con la finalidad de encontrar especies que puedan ser bioindicadoras.
 - ☼ Actualmente no se tiene conocimiento cuantitativo de la carga turística que reciben cada uno de los arrecifes, sin embargo por medio de entrevistas directas con los prestadores de servicios se puede saber tentativamente cuales son los más visitados (ya sea para buceo autónomo o con snorkel), en estos es urgente



determinar su estado de conservación y así poder definir si es necesario cerrarlos al turismo temporalmente

- ☼ Buscar y aplicar técnicas que permitan evaluar el impacto ambiental de las actividades que se realizan en el parque sí como su radio de acción, como antecedente para delimitar las zonas.
- ☼ Es recomendable evaluar la factibilidad de situar en la zona arrecifes artificiales que ayuden a disminuir la presión turística sobre los arrecifes coralinos.
- ☼ Poner en práctica un sistema de rotación e intensidad del uso de los arrecifes de acuerdo con las características de su estructura, por ejemplo, aquellos arrecifes que son muy someros (con profundidades menores a 3 m de profundidad) son más susceptibles al daño por pataleo, por lo cual es necesario tener un mayor control.
- ☼ Realizar un diagnóstico y el cambio que ha tenido el ecosistema terrestre contiguo, en este caso contemplando la laguna Nichupte y el manglar.

Programa de monitoreo del uso

c) **Aspectos relacionados con el uso del parque marino**, se requiere un monitoreo continuo de:

- ☼ El número real de embarcaciones que están haciendo uso del parque.
- ☼ Número de viajes que realizan por día y número de pasajeros.
- ☼ Número de turistas que realizan cada una de las actividades permitidas en parque.
- ☼ Número de turistas en cada zona arrecifal para determinar la carga turística que tienen.

d) **Otros elementos socioeconómicos:**

- ☼ Número de pescadores.
- ☼ Compilar y analizar las más importantes pesquerías que se efectúan en la zona principalmente la artesanal (que se realiza en las inmediaciones).
- ☼ Realizar encuestas con los usuarios y prestadores de servicios acerca del servicio que se presta.

Finalmente con estos datos puede alimentarse un Sistema de Información Geográfica que además de abarcar el parque marino y sus inmediaciones contemple toda el área del desarrollo hotelero y el ecosistema lagunar Nichupté, esto facilitaría la visualización por medio de mapas de diversos elementos como:



- ☀ La zonación del estado de conservación (bueno, regular o deteriorado) de los arrecifes y la superficie real de estas zonas.
- ☀ Cuales son las zonas contaminadas y el grado de ésta.
- ☀ Identificación de zonas con una mayor carga turística.
- ☀ Áreas en las que se

Actividad pesquera

Los tres recursos analizados están catalogados por parte del Instituto Nacional de la Pesca como aprovechados al máximo permisible (Carta Nacional Pesquera, 2004).

Conclusiones

- Los arrecifes coralinos en la zona de estudio han sufrido un deterioro muy evidente.
- La presión turística y sus efectos directos e indirectos están afectando gravemente la salud del ecosistema de arrecifes en la zona de estudio.
- La integración de un Sistema de Información Geográfica es una herramienta útil para la caracterización rápida y generalizada de los arrecifes de la zona.
- No obstante que la mayoría de las actividades que se practican son náutico-recreativas, muchos de los arrecifes presentan un deterioro grave que podría ser debido en gran medida a la contaminación con aguas negras procedente de los hoteles del Sistema Laguna Nichupté.
- En el área existe una fuerte presión turística, pues con el uso pleno de su capacidad instalada, recibe 2,500,000 turistas anualmente, no obstante, es factible que el desarrollo y la aplicación de nuevas técnicas como los SIG faciliten la visualización de la problemática y aporte elementos para una reorganización del manejo.
- Hasta la fecha las investigaciones ecológicas son insuficientes para proporcionar información veraz que permita un verdadero uso sostenible de la zona.
- Las principales pesquerías muestran una sobreexplotación de sus poblaciones. Sin embargo, el total de las capturas pesqueras tiende a un colapso absoluto como resultado de la creciente presión de pesca y otro tipo de presiones menos evidentes inducidas por el desmesurado crecimiento de este centro turístico.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Perera, A y W. Aguilar-Dávila, 1993. Banco Chinchorro: arrecife coralino en el Caribe. pp 807-816 En: Biodiversidad Marina y Costera de México. S-I. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Alcolado, P. M., R. Claro-Madruga, G. Menéndez-Macías, P. García-Parrado, B. Martínez-Daranas y M. Sosa. 2003. The Cuban Coral reefs. pp 53-76. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Arreguín-Sánchez, F. 1981a. Diagnósis de la pesquería de camarón rojo (*Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817) de Contoy, Quintana Roo, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex., 25:37-77.
- Arreguín-Sánchez, F. 1981a. Diagnósis de la pesquería de camarón de roca (*Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1871) de Contoy, Q. Roo, México.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Bojórquez-tapia L. A. I. Azura, E. Ezcurra y O. Flores-Villela. 1995. Identifying conservation priorities in México through geographic information systems and modeling. Ecological Applications. 5 (1). 215-231.
- Borges-Sousa, J. M. 2003. Estructura y composición de la comunidad bentónica de los arrecifes de Quintana Roo, México. Tesis. CICIMAR-IPN. 99 pp.
- Brusca, R. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson. 513 pp.
- Caballero P. P. I. 1994. La pesca de la langosta en Quintana Roo. Oceanología. 181-197.
- Campos-Vazquez C., L. F. Carrera-Parra, N. E. González y S. I. Salazar-Vallejo. 1999. Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. Rev. Biol. Trop. 47(4): 799-808.
- Castañares L. G. y L. A. Soto, 1982. Estudio sobre los corales escleractinios hermatípicos de la cota noreste de la Península de Yucatán, México. Parte I: sinopsis taxonómica de 38 especies. (Cnidaria, anthozoa, scleractinia). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 9 (1):295-344.
- Cortés, J. y C. Jiménez. 2003. Past, present and future of the coral reefs of y the Caribbean coast of Costa Rica. pp 223-240. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Chávez, E., E. Hidalgo y M. A. Izaguirre. 1985. A comparative analysis of Yucatán coral reefs. Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti. 6: 355-361.



- Chávez, E. y E. Hidalgo, 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* 15(1):167-176.
- Chávez, E. 1997. Sampling design for the study of Yucatán reefs, northwestern Caribbean. *Proceedings of the eighth International Coral Reef Symp.* 2:1465-1470.
- Chávez, E. A. 2000. Perspectivas de conservación y explotación del sistema arrecifal Mesoamericano. En: Aburto Oropeza, O. y C. A. Sánchez Ortiz (eds.). *Recursos arrecifales del Golfo de California*. 138 pp.
- Cortés, J. y M. J. Risk, 1985. A reef under saltitation: Cahuita, Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.* 36: 331-336.
- Duarte, C. M. 1995. Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimens. *Ophelia* 41: 87-112.
- Fenner, D. P. 1988. Some Leeward reefs and corals of Cozumel, México. *Bulletin of Marine Science* 42 (1): 133-144.
- Fonseca, A. C. y A. Arrivillaga. 2003. Coral reefs of Guatemala. pp 159-170. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Framhein, R. 1996. Análisis del costo-beneficio de la protección del arrecife de coral. *Resúmenes del Octavo Simposio Internacional sobre Arrecifes de Coral*. Panamá 1996.
- García J. R., J. Morelok, R. Castro, C. Goenaga y E. Hernández-Delgado. 2003. Puerto Rican reefs: research synthesis, present threats and management perspectives. pp 111-130. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Garzón-Ferreira, J. y J. M. Díaz. 2003. The Caribbean coral reefs of Colombia. pp 275-302. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Gibson, J. y J. Carter. 2003. The reefs of Belize. pp171-201. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Guzmán, H. M. 2003. Caribbean coral reefs of Panama: present status and future perspectives. pp 241-274. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Hernández-Cruz L. R. 2003. Remote characterization of black mangrove areas in the estuarine bay of Bahía de Jobos, Puerto Rico.
- Huges, T. E. 1994. Catastrophes, phases shifts, and Large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*. 265 (5178): 1547-1551.
- INEGI, 2003. *Anuario Estadístico Quintana Roo*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 381 pp.
- INE-SEMARNAT. 1997. Programa de Manejo del Parque Nacional Isla Contoy. INE. 123.



- INE-SEMARNAT. 1998. Programa de Manejo Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. INE. 159 pp.
- Jordán, D. E., de la Torre, R. y M. Angot. 1978a. Prospección biológica de la Laguna de Nichupté, Cancún, Q. R., México: nota científica. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.
- Jordán, D. E. y R. S. Nugent. 1978b. Evaluación poblacional de *Plexaura homomalla* (esper) en la costa noreste de la península de Yucatán (octocoralia). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 5(1):189-200.
- Jordán, D. E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos, en la región noreste de la península de Yucatán, México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6 (1): 69-86.
- Jordán, D. E.; Merino, M, Moreno, O. y E. Martín. 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, vol. 2.
- Jordán, D. E. y E. Martín. 1987. Chinchorro: Morphology and composition of a caribbean atoll. Atoll Research Bulletin (310): 5-21.
- Jordán, D. E. 1988. Arrecifes profundos de la isla de Cozumel, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 15(2):195-208.
- Jordán, D. E. 1989a. Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs. Bulletin of Marine Science. 45(3): 678-696.
- Jordán, D. E. 1989b. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 16 (1): 105-118.
- Jordán, D. E. 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano. UNAM. Inst. de Ciencias del Mar y Limnología. 110 pp.
- Jordán, D. E., Martín-Chávez E., Sánchez-Segura M. y A. González de la Parra. 1994. The Sian Ka'an Biosphere Reserve Coral Reef System, Yucatán Península, México. Atoll Research bulletin 423:1-19.
- Jordán, D. E. y R. E. Rodríguez-Martínez. 1998. Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Península, México. Bulletin of the Marine Science. 63(1): 213-228.
- Jordán, D. E. y R. E. Rodríguez-Martínez, 2003, The Atlantic coral reefs of México. pp 131-158. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortes (Edit.). Elsevier Science. 497 pp.
- Juárez, E. L. S. 2002. Presión turística en el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, en el estado de Quintana Roo. Tesina de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 91 pp.



- Levinton, J.S. 1995. Marine Biology. Function, Biodiversity, Ecology. Oxford University Press. E.U.420 pp.
- Leão, Z. M. A. N., F. K. Kikuchi y V. Testa. 2003. Corals and reefs of Brazil. pp 9-52. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- Loreto, R.M., M. Lara y J. J. Schmitter-Soto. 2003. Coral reef fish assemblages at Banco Chinchorro, Mexican Caribbean. Bulletin of Marine Science. 73(1):153-170.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Ed. Omega. 915 pp.
- Muñoz-Chagín, R. F y G. de la Cruz-Agüero. 1993. Corales del Arrecife de Akumal, Quintana Roo. En: Salazar-Vsillejo S. I. y N. E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Odum, E. P. Ecología. Ed. Interamericana, tercera edición. 639 pp.
- Padilla, C., D. Gutiérrez, M. Lara y C. García. 1992. Coral reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam, (2) 986-992.
- Padilla, C., M. Lara y C. García. 1994. Crecimiento y regeneración de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. III Congreso de ciencias del mar. 170 pp.
- Quintela-Fernandez, 1995. El inventario, el análisis y el diagnóstico geoecológico de los paisajes mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica. Resumen de la tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. Universidad de la Habana. Cuba. 30 pp.
- Ryan, J. y Y. Zapata. 2003. Nicaragua's coral reefs: status, health and management strategies. pp 203-222. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.
- SAGARPA, 2002. Anuario Estadístico de Pesca 2002. SAGARPA-CONAPESCA. 266 pp.
- SAGARPA-INP, 2004. Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la península de Yucatán. 2004.
- Sale, P.F., Chávez, E. A., Hatcher, B.G., Mayfield, C. y J. J. H. Ciborowski. 2000. Guidelines for Developing a Regional Monitoring and Environmental Information System. Final Report to the World Bank.
- Secretaría de Pesca, 1986. Pesquerías de langosta. Dirección General de administración de pesquerías. 125 pp.



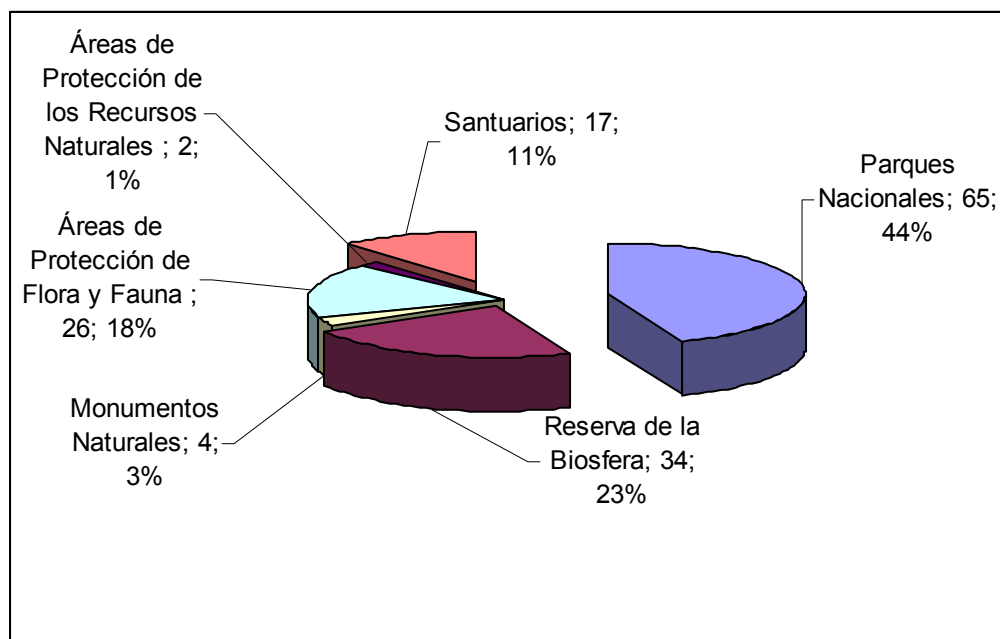
- Secretaría de Pesca, 1992. Anuario Estadístico de Pesca 1990. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. 127 pp.
- SEMARNAP. 1995. Anuario Estadístico de Pesca 1995. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 235 pp.
- Solís-Ramírez, M y E. A. Chávez. 1986. Evaluación y régimen óptimo de pesca del pulpo en la península de Yucatán, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13(3): 1-18.
- Vázquez-Domínguez, E. 2000.Importancia de la biodiversidad arrecifal. En: Aburto Oropeza, O. y C. A. Sánchez Ortiz (eds). Recursos arrecifales del Golfo de California. 138 pp.
- Weil, E. 2003. The coral and coral reefs of Venezuela. pp 303-330. En: Latin American Coral Reefs. J. Cortés (editor). Elsevier. 497 pp.

CITAS DE INTERNET

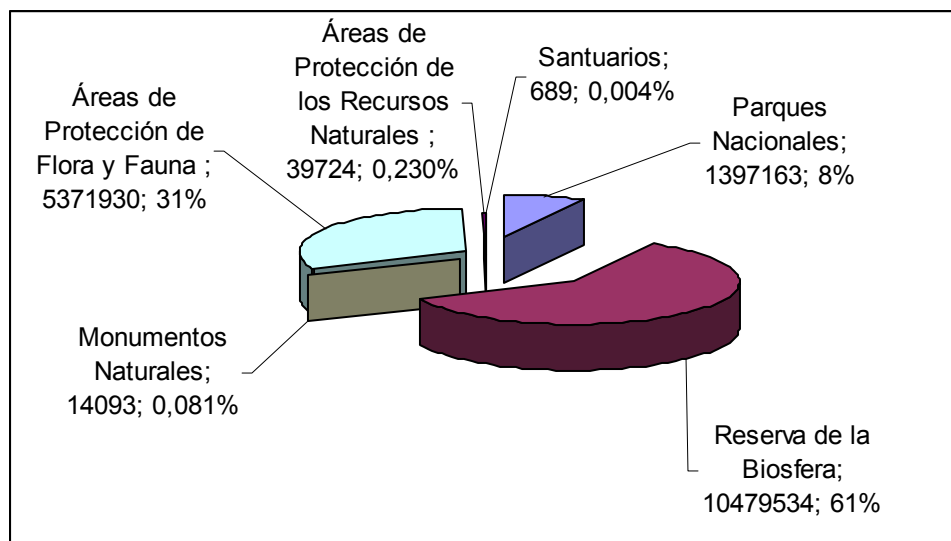
- (1) [www. Semarnat.gob.mx](http://www.Semarnat.gob.mx) 2004
- (2) www.conanp.gob.mx
- (3) www.femica.org
- [4] www.ReefKeeper.org 2003
- (4). www.ugto.mx
- (5) www.novedades de Quintana Roo.com



Anexo A. Información general

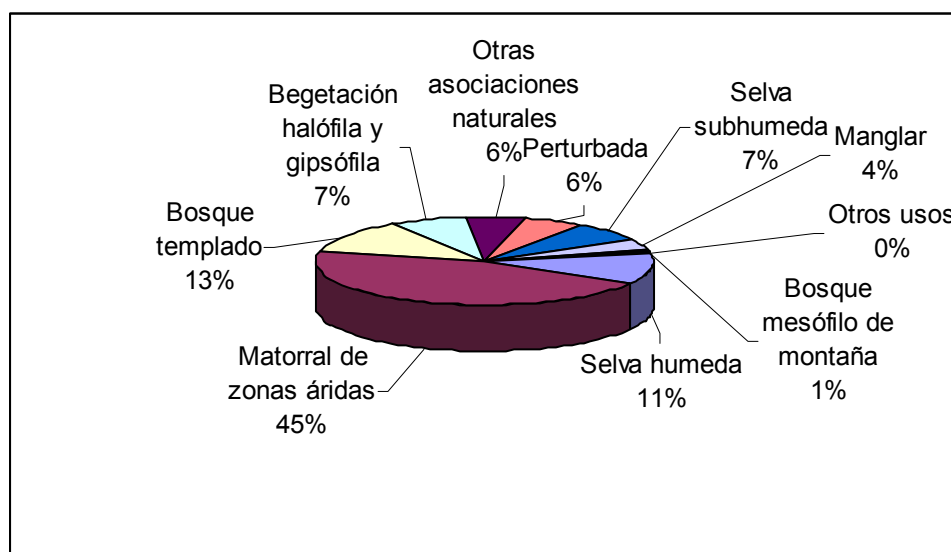


A



B

Figura a-1. (A) Número y porcentaje de Áreas Naturales Protegidas por categoría de manejo, (B) superficie protegida por cada una de las categorías de manejo.



A

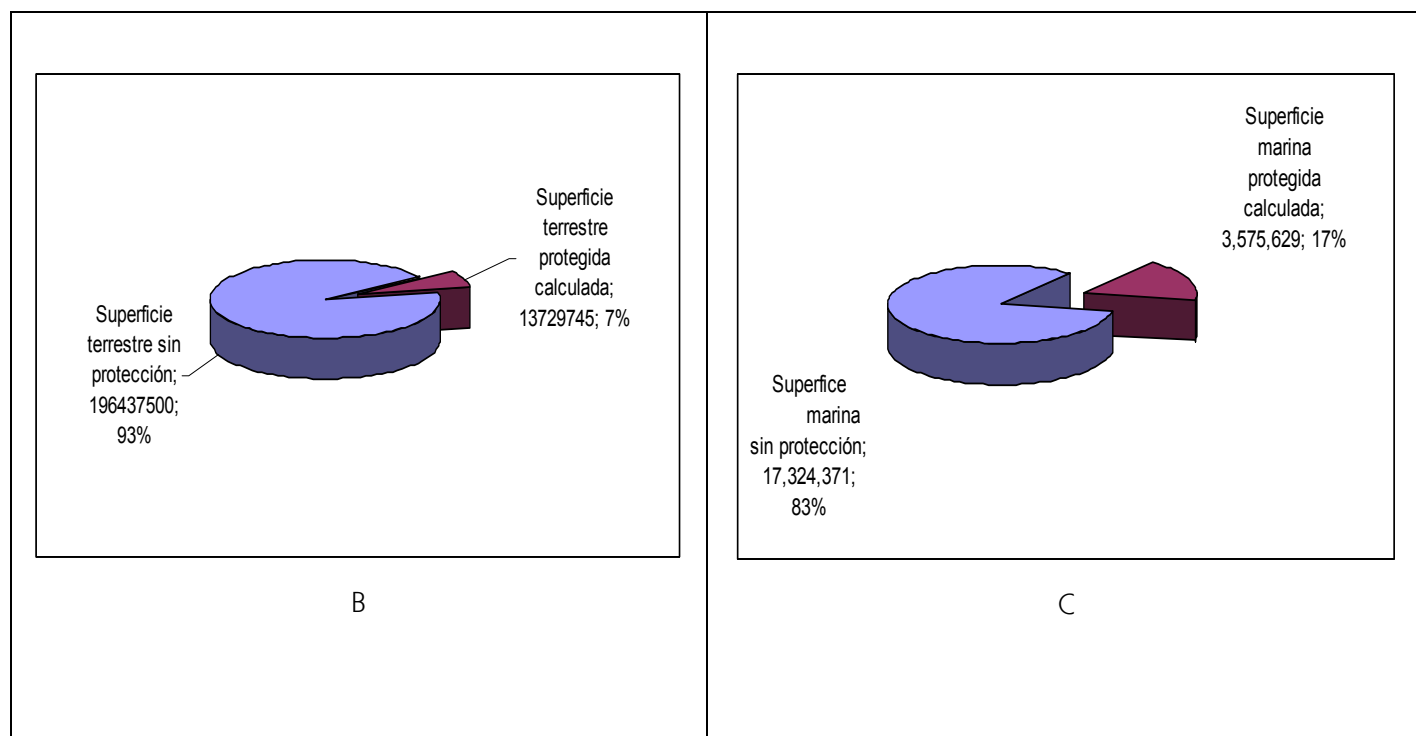


Figura A-2. (A) Principales tipos de ecosistemas que resguardan las ANPs, (B) superficie terrestre protegida, (C) superficie marina con protección.



Figura b. Ventana del programa Map Info que se empleó generar los mapas



Tabla 1. Listado sistemático de las principales especies bentónicas en la zona de estudio, basado en el plan de manejo del Parque Marino Nacional Costa Occidental Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc y en observaciones personales por medio de fotografías submarinas tomadas durante la prospección en algunos arrecifes (febrero de 2004).

Corales duros

Phylum Cnidaria

Clase Anthozoa

Orden Milleporina

Familia Milleporidae

Género Millepora

Millepora alcicornis

Millepora complanata

Subclase Hexacorallia

Orden Scleractinia

Suborden Astrocoeniina

Familia Astrocoeniidae

Género Stephanocoenia

Stephanocoenia michilini

Familia Pocilloporidae

Género Madracis

Madracis decactis

Familia Acroporidae

Género Acropora

Acropora cervicornis

Acropora palmata

Suborden Fungina

Familia Agariciidae

Género Agaricia

Agaricia agaricites

Agaricia fragilis



Agaricia humilis

Agaricia lamarcki

Agaricia tenuifolia

Género Leptoseris

Leptoseris cucullata

Familia Siderastreidae

Género Siderastrea

Siderastrea siderea

Siderastrea radians

Familia Poritidae

Género Porites

Porites astreoides

Porites divaricata

Porites furcata

Porites porites

Suborden Faviina

Familia Faviidae

Género Favia

Favia fragum

Género Diploria

Diploria clivosa

Diploria labyrinthiformis

Diploria strigosa

Género Colpophyllia

Colpophyllia natans

Género Montastrea

Montastrea annularis

Montastrea cavernosa

Género Solenastrea

Solenastrea bouroni

Familia Meandrinidae



Género Meandrina

Meandrina meandrites

Género Dichocoenia

Dichocoenia stokessi

Género Dendrogyra

Dendrogyra cylindrus

Familia Mussidae

Género Scolymia

Scolymia cubensis

Género Isophyllia

Isophyllia rigida

Isophyllia sinuosa

Género Isophyllastrea

Isophyllastrea rigida

Género Mycetophyllia

Mycetophyllia aliciae

Mycetophyllia lamarck

Suborden Caryophyllidae

Género Eusmilia

Eusmilia fastigiata

Corales blandos

Subclase Octocorallia

Orden Gorgonacea

Suborden Scleraxonia

Familia Briaridae

Género Briareum

Briareum asbestionum

Familia Anthothelidae

Género Erythropodium

Erythropodium caribaeorum



Género Iciligorgia

Iciligorgia schrammi

Suborden Holaxonia

Familia Gorgoniidae

Género Gorgonia

Gorgonia flabellum

Gorgonia mariae

Gorgonia ventalina

Género Pseudopterogorgia

Pseudopterogorgia acerosa

Pseudopterogorgia americana

Pseudopterogorgia bipinnata

Pseudopterogorgia rigida

Familia Plexauridae

Género Eunicea

Eunicea calyculata

Eunicea fusca

Eunicea laxispica

Eunicea mammosa

Eunicea palmeri

Eunicea succinea

Eunicea tourneforti

Eunicea sp.

Género Muricea

Muricea atlantica

Muricea elongata

Muricea laxa

Muricea muricata

Género Muriceopsis

Muriceopsis flavida

Género Plexaura



Plexaura flexuosa

Plexaura homomalla

Género *Plexaurella*

Plexaurella dichotoma

Plexaurella grandiflora

Plexaurella grisea

Plexaurella nutans

Plexaurella spp.

Género *Pseudoplexaura*

Pseudoplexaura crucis

Pseudoplexaura flagellosa

Pseudoplexaura porosa

Pseudoplexaura wagnaari

Género *Pterogorgia*

Pterogorgia anceps

Pterogorgia citrina

Pterogorgia guadalupensis



Tabla 2. Listado de las especies de peces y del bentos registradas en la visita prospectiva al área de estudio

Especies de peces en el Arrecife Cuevones.

Abudefduf saxatilis

Acanthurus chirurgus

Acanthurus coeruleus

Anisotremus virginicus

Aulostomus maculatus

Chaetodon sp.

Chromis sp.

Ginglymostoma cirratum

Haemulon carbonarium

Haemulon plumieri

Haemulon flavolineatum

Haemulon sciurus

Haemulon sp.

Halichoeres maculipinna

Holacanthus bermudensis

Microspathodon chrysurus

Negaprion brevirostris

Sparisoma sp.

Sphyaena sp.

Thalassoma bifasciatum

Pez sp.

Pez sp.

Especies de peces en Punta Nizuc turístico

Abudefduf saxatilis

Acanthurus sp.

Gobiidae sp.

Labridae sp.



Lutjanidae sp.

Pomadasyidae sp.

Holacanthus sp.

Especies de peces en Punta Nizuc

Abudefduf saxatilis

Aulostomus maculatus

Chaetodon capistratus

Pomadasyidae sp.

Fistularia tabacaria

Halichoeres maculipinna

Scarus coeruleus

Sp. 1

Sp2

Especies de corales en Cuevones

Acropora palmata

Acropora cervicornis

Porites porites

Agaricia agaricites

Diploria strigosa

Especies de Gorgónidos

Gorgonia flabellum



Anexo B. Fotografías de la zona de estudio



Foto 1. Se aprecia la importante incidencia de turistas en la primera barrera de Punta Nizuc, los cuales se trasladan hasta la primera barrera en estas lanchas con capacidad para dos personas



A



B

Foto 2. Fotografía submarina de la zona de estudio, donde se aprecian las especies (A) *Acropora palmata* y (B) *A. cervicornis* que son muy comunes en la zona.



Foto 5. Algunas colonias coralinas de la zona Punta Nizuc turístico, que se encuentran en mal estado



Foto 6. Foto submarina del arrecife Cuevones donde se aprecia la abundancia de los peces.



Foto 7. . Foto submarina del arrecife Cuevones donde se aprecia la diversidad coralina.



Anexo C. Actividades en el Parque Marino Nacional Punta Cancún Punta Nizuc.



En el Programa de Manejo se definen como actividades náutico-recreativas aquellas que realizan los prestadores de servicios y los usuarios, siendo las más frecuentes las que se describen a continuación:

- a) Buceo libre: es la 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, cinturón con plomos y chaleco salvavidas.
- b) Buceo autónomo: es la actividad subacuática que se realiza con el auxilio de un equipo de respiración autónomo, tanque con aire comprimido, regulador de presión y chaleco de compensación, además del equipo de buceo libre.
- c) Recorridos o actividades de playa en embarcaciones no motorizadas: hacerse a la mar a bordo de embarcaciones de propulsión humana, de viento (vela) o de oleaje, entre las que se encuentran: kayacs, pedalones, canoas, tablas de vela, veleros sin motor, tablas de oleaje en todos sus tipos y dimensiones, colchones de playa con o sin aditamentos transparentes para la observación de la vida submarina.
- d) Recorridos o visitas en embarcaciones motorizadas: hacerse a la mar a bordo de embarcaciones de cualquier tipo y dimensión, cuyo medio de propulsión sean motores de combustión interna o eléctricos, con transmisión dentro, fuera, o dentro-fuera de borda; entre las que se encuentran los motodeslizadores, las menores tipo biplaza y las mayores de todos tipos, incluyendo los submarinos, semi-submarinos, las de pontones transparentes y cualquier otro artefacto diseñado o adaptado para paseo o navegación.
- e) Recorrido en la jungla: es la actividad que se realiza a bordo de embarcaciones biplaza, en flotilla, conducidas por los usuarios, bajo la supervisión de conductores, con la finalidad de visitar los canales del manglar y las áreas del Parque Nacional en las que se autorice realizar actividades de buceo libre, de acuerdo con la zonificación.
- f) Remolque recreativo: arrastre de artefactos inflables, tales como las denominadas bananas o tubos; el esquí acuático, los paracaídas, planeadores o alas ligeras, así como cualquier otro objeto con el cual una o más personas sean izadas, arrastradas o transportadas con fines de recreación, mediante una embarcación motorizada.
- g) Videograbación y fotografía submarina: son las actividades que se realizan con fines comerciales, haciendo aprovechamiento de los recursos paisajísticos, o bien, acompañando a los usuarios en las actividades de buceo para grabar su visita al Parque con cámaras submarinas de video o de fotografía.