



# SIAN KA'AN

SERIE DOCUMENTOS

No. 4, DICIEMBRE 1995



# Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor "Cancún-Tulum", Quintana Roo, México.....</b>  | <b>3</b>  |
| DAVID GUTIÉRREZ CARBONELL, MARIO LARA PÉREZ SOTO, CLAUDIA PADILLA SOUZA,<br>JAVIER PIZAÑA ALONSO, GERARDO GARCÍA BELTRÁN, ROSA MARÍA LORETO VIRUEL, TOMÁS CAMARENA LUHRS              |           |
| <b>Prospección ecológica de los arrecifes coralinos de Cayos Arcas y Triángulos, Campeche, México. Impacto ambiental de una década de actividades de la industria petrolera .....</b> | <b>40</b> |
| ADRIAN R. FERRÉ-D'AMARÉ   |           |
| <b>Productividad pesquera de las comunidades de peces del Golfo de Ana María, Cuba .....</b>  | <b>49</b> |
| RAÚL COYULA, CONCEPCIÓN CARRILLO DE ALBORNOZ, ENRIQUE GÍMENEZ Y LEONEL ESPINOZA   |           |
| <i>Notas científicas</i>  |           |
| <b>Evaluación del impacto del huracán Gilberto en la pesquería de langosta de Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo .....</b>                        | <b>55</b> |
| ELOY SOSA CORDERO   |           |
| <b>Impacto del huracán Roxana en la pesquería de langosta en las bahías de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo .....</b>   | <b>60</b> |
| JAIME GONZÁLEZ CANO   |           |
| <i>Comunicaciones</i>   |           |
| <b>Recaptura de juvenil de tortuga carey (<i>Eretmochelys imbricata</i>) en Isla Contoy .....</b>   | <b>67</b> |
| JOSÉ CARLOS GONZÁLEZ MALPICA Y JORGE CARRANZA SÁNCHEZ   |           |
| <b>Registro de zorrillo listado (<i>Mephitis macroura</i>) para Quintana Roo .....</b>  | <b>67</b> |
| GONZALO MEREDIZ ALONSO  |           |
| <i>Resúmenes de tesis</i>   |           |
| <b>Zonación de las macroalgas bentónicas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo .....</b>   | <b>68</b> |
| ELENA TORRES MEJÍA  |           |
| <b>Folk Management and the campo system: private ownership in a Mexican lobster cooperative .....</b>   | <b>68</b> |
| KAREN LESLIE  |           |

**Los peces de puerto Morelos, Quintana Roo, México ..... 69**

MA. ANTONIA BURGOS LEGORRETA

**Análisis de la distribución y abundancia de los moluscos  
en la Laguna de Bojorquez, Quintana Roo, México ..... 69**

CITLALLI VALENTINA ALVAREZ SAULÉS

**Organización espacial de la comunidad  
de peces damisela (Pomacentridae) en la costa del Caribe Mexicano ..... 70**

ROSA MARIA LORETO VIRUEL

**Descripción de la zona de anidación y algunas características  
de dos especies de tortugas marinas en la porción central de la RBSK ..... 71**

JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

***Cartas al editor* ..... 71**

***Normas para los autores* ..... 73**



# Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor "Cancún-Tulum", Quintana Roo, México.

David Gutiérrez Carbonell<sup>1,3</sup>, Mario Lara Pérez Soto<sup>2</sup>, Claudia Padilla Souza<sup>2</sup>, Javier Pizaña Alonso<sup>1,2</sup>, Gerardo García Beltrán<sup>3</sup>, Rosa María Loreto Viruel<sup>3</sup>, Tomás Camarena Luhrs<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BIOCENOSIS, A. C. AP. POSTAL 409, CANCÚN, Q. ROO. C. P. 77500. MÉXICO.

<sup>2</sup>ICMYL-UNAM. AP. POSTAL 1152, CANCÚN, Q. ROO. C.P 77500. MÉXICO.

<sup>3</sup>AMIGOS DE SIAN KA'AN A. C. AP. POSTAL 770, CANCÚN, Q. ROO. C.P 77500. MÉXICO.

## RESUMEN

Se realizó la caracterización del área arrecifal que se extiende de Punta Petempich (21°00'N) a Tulum (20°11'45"N), Quintana Roo, México; esta área se ubica en el corredor turístico "Cancún-Tulum". Se muestreó mediante buceo autónomo en transectos de 20x2 metros, en tres zonas arrecifales: Laguna, Cresta y Arrecife Frontal. Según el grado de desarrollo de las zonas arrecifales se distinguieron 10 regiones, en cada una de las cuales se analizó la riqueza de especies, cobertura de tejido vivo o densidad de organismos y diversidad (H') de corales escleractinios y gorgonáceos, macroalgas y peces. Además, como resultado de una prospección general en el área de Punta Bete, se presenta un listado de especies de esponjas. Se detectaron dos áreas con diferente desarrollo arrecifal: 1) Entre Punta Petempich y Puerto Aventuras el arrecife muestra cambios notables en los patrones de zonación con respecto al área arrecifal del resto del estado de Quintana Roo ya que el Arrecife Frontal es incipiente y la Cresta Arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural. 2) Entre Puerto Aventuras y Tulum el Arrecife Frontal presenta un gran desarrollo con formaciones de "macizos y canales" y una alta diversidad de corales escleractinios y otros taxa. Los resultados obtenidos llevaron a proponer dos zonas de repoblación pesquera y apoyaron el Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Corredor "Cancún-Tulum".

**PALABRAS CLAVE:** Arrecifes coralinos, caracterización, estructura comunitaria, corredor "Cancún-Tulum", ordenamiento ecológico.

## ABSTRACT

A characterization of the coral reef system that extends from Punta Petempich (21°00' N) to Tulum (20°11' 45' N), in the state of Quintana Roo, Mexico; located in front of the "Cancun-Tulum Turistic Corridor" was accomplished. The survey was carried out by scuba diving utilizing transects of 20x2 meters at three different reef zones: Lagoon, Crest and Fore Reef. Based upon the different degree of development of the reef, 10 distinctive regions were defined. Within each one of them species richness, cover of living tissue or density of organisms and diversity (H) for scleractinian corals and gorgonians, as well as macroalgae and fishes were analyzed. Also as a result of a general prospection in Punta Bete, a list of sponge species is presented. Two areas of different development were detected: 1) Between Punta Petempich and Puerto Aventuras the reef shows important changes in the zoning pattern compared to the rest of the reefs in Quintan Roo; due to the very limited development of the Fore Reef and a higher development of the Reef Crest. Results conducted to the proposal of two Marine Fishery Reserves and gave support for the Ecological Zoning Regulation for the "Cancun -Tulum Turistic Corridor".

**KEY WORDS:** Coral reefs, characterization, community structure, "Cancun-Tulum Turistic Corridor", ecological zoning regulation.



## Introducción

La existencia de un gran número de comunidades de plantas y animales en los arrecifes coralinos está basada en la capacidad de los corales para construir estructuras resistentes al movimiento del agua. La interacción dinámica entre los procesos geológicos, físicos y biológicos que controlan el crecimiento de los arrecifes se encuentra bien ilustrado en el Caribe mexicano. Sus patrones de zonación son similares a los de otros arrecifes del mar Caribe.

Los arrecifes coralinos del mar Caribe mexicano se localizan al noroeste de la Región Zoogeográfica del Caribe (Milliman, 1973). Forman parte del litoral que se extiende por la costa oriental de la Península de Yucatán hasta Centro América. En México, se ubican en la costa del Estado de Quintana Roo y constituyen la parte norte de la barrera coralina del mar Caribe, la cual presenta su desarrollo más amplio frente a Belice. Aunque los arrecifes mexicanos son una continuación de esta barrera, con más de 350 km de franja costera, son de tipo bordeante. A pesar de esta diferencia, se asemejan a otras regiones arrecifales del Caribe (v.gr. Jamaica), tanto en su geomorfología como en el desarrollo de la comunidad béntica (Lara, 1996).

El tipo de arrecife que se encuentra en Quintana Roo ha sido definido siguiendo los criterios geomorfológicos de Guilcher (1988). De acuerdo a éstos se les considera como arrecifes bordeantes 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. Presentan del litoral hacia mar abierto, sobre el eje morfológico (*sensu* Pichon, 1981), tres zonas estructurales: (1) Laguna Arrecifal, que se forma sobre el canal; (2) Cresta Arrecifal, que es la parte más somera del arrecife y (3) Arrecife Frontal, que es la parte más profunda y se forma en barlovento. Dentro de estas zonas se reconocen varias subzonas (Padilla *et al.*, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1993).

En la costa del estado de Quintana Roo se pueden reconocer grandes áreas con distinto desarrollo arrecifal. Al norte del estado, de Punta Nizuc (21°02.5'N) hasta Punta Fátima (20°30'N), los arrecifes son de tipo bordeante con un canal bien definido o sin canal. A lo largo de toda el área el Arrecife Frontal se desarrolla en parches y cuando está presente se encuentran macizos y canales incipientes. La Cresta Arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural, debido a los numerosos crecimientos masivos de corales escleractinios (Lara y Padilla, manuscrito no publicado).

En el área centro-norte del estado, de Punta Fátima a Punta Allen (19°46'N), los arrecifes son de tipo bordeante con un canal incipiente o sin canal. La Laguna Arrecifal es incipiente en algunas pequeñas bahías o no existe. La Cresta Arrecifal sólo está bien desarrollada en la transición hacia el frontal. El Arrecife Frontal presenta un gran desarrollo estructural y una alta diversidad de corales escleractinios hermatípicos y otros taxa. En las zonas someras, como la Cresta Arrecifal la descarga de aguas continentales hacia el mar, que proviene principalmente de cenotes, ríos subterráneos, caletas y "ojos de agua", tiene una gran influencia en el desarrollo de las comunidades arrecifales. Los arrecifes de esta área representan un recurso importante en términos económicos y biológicos, pues se ubican en el corredor turístico "Cancún-Tulum" y la comunidad arrecifal exhibe en esta área una alta diversidad y riqueza específica que constituyen una gran reserva genética para los arrecifes de Quintana Roo, además de presentar el mayor desarrollo arrecifal en todo el estado, con excepción de Banco Chinchorro y áreas aledañas a Xcalak (18°17') en la frontera con Belice (Lara y Padilla, escrito no publicado).

Además de su importancia económica y biológica los arrecifes tienen otras funciones relevantes: protegen a la costa contra el oleaje y las tormentas, contribuyendo a la formación de playas arenosas y caletas y previniendo la erosión de las mismas; permiten el desarrollo de ambientes asociados a ellos como los manglares y las comunidades de pastos marinos; son fuente de materiales para la construcción, la joyería y objetos ornamentales y un buen número de especies del arrecife han demostrado contener sustancias con propiedades médicas (Green, 1977; Gómez y Green, 1984; IUCN/UNEP, 1988; Craik *et al.*, 1990).

La única forma de seguir gozando de estos beneficios es mediante la conservación de los sistemas arrecifales (Clark *et al.*, 1989; Craik *et al.*, 1990). Una planeación detallada de las áreas y sus usos, aunado a una participación de representantes de todas las actividades involucradas en el arrecife: investigadores, conservacionistas, autoridades, habitantes nativos, comerciantes, entre otros, pueden lograr el mantenimiento del ambiente natural, a la vez que se puedan sostener las actividades económicas, culturales y científicas (GBMPA, 1984; Craik *et al.*, 1990).

La zona continental de los Municipios Solidaridad y Benito Juárez presenta un acelerado proceso de desarrollo turístico, particularmente alrededor de Playa del Carmen y Puerto Morelos donde existen varios desarrollos propuestos o en sus etapas iniciales.



Con conocimiento de esta problemática el objetivo general de este trabajo es caracterizar el área arrecifal del corredor turístico "Cancún-Tulum" que incluye la Reserva Ecológica Marina del Municipio Solidaridad (REMS) Fracciones Norte y Sur, para proponer un plan de manejo de este ecosistema a nivel estatal y regional. Con este propósito se plantearon como objetivos particulares:

- a) Caracterizar los patrones de zonación arrecifal sobre el eje morfológico, de la costa hacia mar adentro.
- b) Definir regiones de acuerdo al grado de desarrollo de la zonación arrecifal.
- c) Describir y evaluar la estructura comunitaria de los principales grupos biológicos que conforman el arrecife, a saber: corales escleractinios y gorgonáceos, macroalgas bentónicas, peces y esponjas.
- d) Proponer el plan de manejo de la estructura arrecifal a nivel regional, de acuerdo a las actividades humanas, potencialidad económica y grado de desarrollo y conservación del arrecife.

Se anexa el Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Corredor "Cancún-Tulum" (D.O.F. 26 de octubre, 1994).

Este trabajo se realizó dentro del programa general efectuado de manera conjunta por Amigos de Sian Ka'an, A. C., la Estación Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y Biocenosis, A. C. A partir de este estudio se han obtenido resultados de gran importancia ya que apoyaron el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Corredor "Cancún-Tulum" y llevaron a proponer el establecimiento de dos Zonas de Repoblación Pesquera frente a Xaac y Punta Maroma con Política Ecológica de Protección; además, con él se tiene caracterizada una mayor área de los arrecifes de la costa de Quintana Roo (Padilla *et al.*, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1993).

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende desde Punta Petempich (21° 00'N) hasta Tulum (20°05'00" N), incluyendo la Reserva Ecológica Marina del Municipio Solidaridad (REMS). Esta área se encuentra dentro del corredor turístico "Cancún-Tulum" (Mapas 1 y 2, páginas 6 y 7).

La REMS fue creada por decreto estatal el 9 de marzo de 1987. Comprende desde la línea de costa hasta la isobata de

los 60 metros, y está constituida por las Fracciones Norte y Sur. La REMS Fracción Norte tiene una superficie aproximada de 5,000 hectáreas que incluyen desde el límite con el Municipio Benito Juárez (20°48'31.3") hasta 1.5 km al sur de Punta Xcalacoco (20°38'54.4"); tiene aproximadamente 60 km de longitud.

La REMS Fracción Sur tiene una superficie aproximada de 9,585 hectáreas que abarcan desde un punto localizado a 2.8 km al norte de Punta Fátima (20°30'N) hasta el límite norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (20°04'75"N). La extensión de esta sección arrecifal es de aproximadamente 40 km de longitud. Se continúa meridionalmente con los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, que tienen similitudes en cuanto al patrón de zonación (Padilla *et al.*, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1993). Independientemente de los valores ecológicos existentes en la porción terrestre del área, la porción marina presenta importantes formaciones arrecifales que en la actualidad son utilizadas para actividades turísticas de carácter subacuático y actividades de pesca por parte de cooperativas, pescadores libres y pescadores deportivos. Otras áreas importantes en la zona son las caletas como Chakalal, Xpu-ha, Xaac, Chemuyil y Xel-ha cuya presencia es un rasgo, al parecer único, de la REMS Fracción Sur.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### TRABAJO DE CAMPO

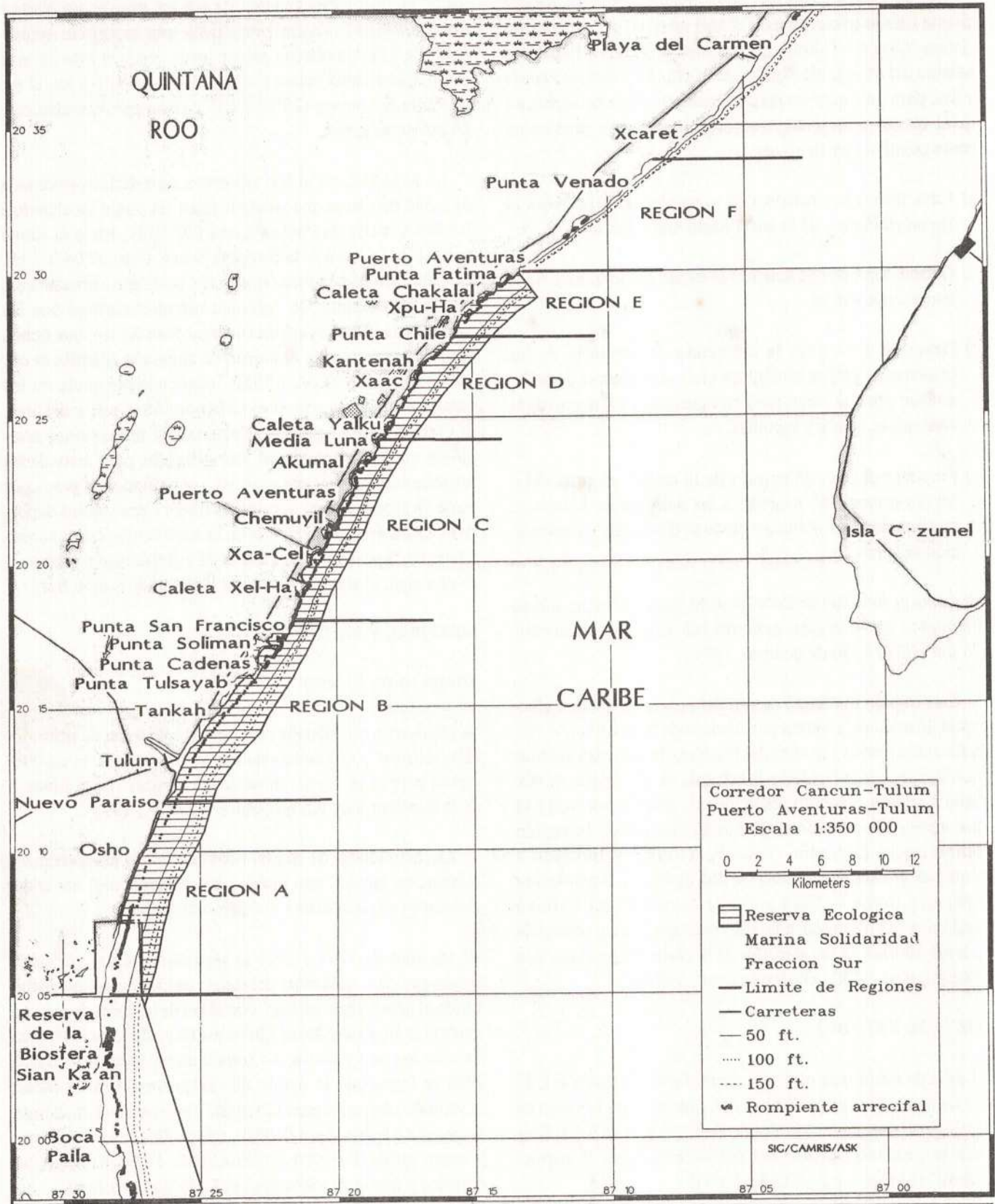
Se emplearon los mismos criterios para la toma de información, proceso y el análisis de los resultados que se establecieron para la caracterización de los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (Gutiérrez *et al.*, 1993).

Las actividades de campo consistieron en prospecciones (aéreas, en lancha, con buceo libre y autónomo) así como muestreos subacuáticos y análisis estadísticos.

En los años de 1991 a 1993 se realizaron cuatro vuelos de reconocimiento en la costa del estado de Quintana Roo, incluyendo el área de este estudio, con el fin de conocer de manera general el área arrecifal de Quintana Roo, elaborar los mapas base de la costa y ubicar las rompientes y bajos arrecifales. Esto se logró con la ayuda de cartas topográficas escala 1:50,000 elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), fotografías aéreas en blanco y negro escala 1:10,000 (FIDECARIBE, 1989) y fotografías de color y tomas de video resultado de estos vuelos.

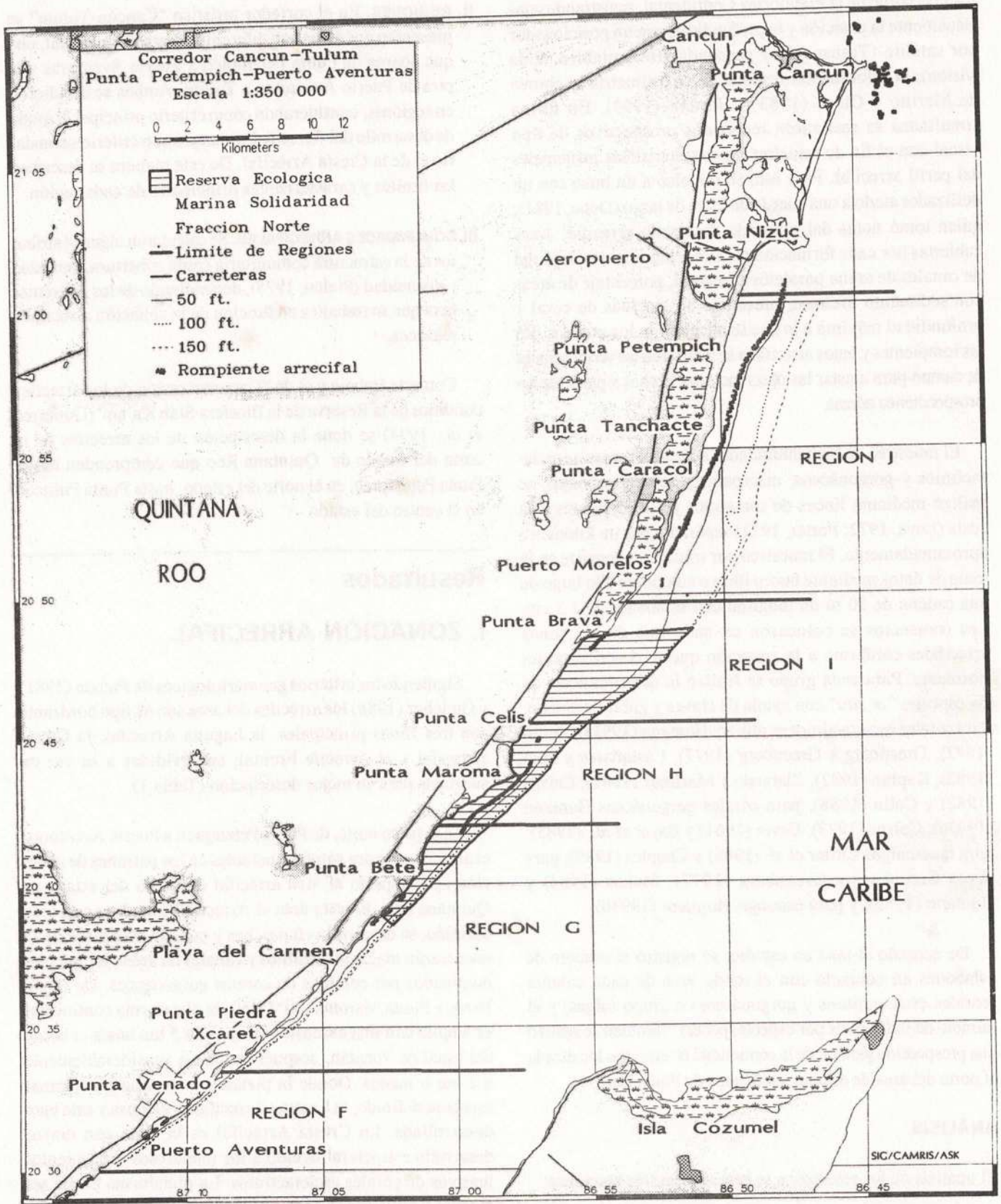
Con el propósito de describir el perfil batimétrico del área se realizaron recorridos en lancha desde la Cresta Arrecifal





MAPA 1. ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DE XCARET A LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN.





MAPA 2. ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DE PUNTA PETEMPICH A PUERTO AVENTURAS.



hacia el borde de la Plataforma Continental, registrando continuamente la posición y la profundidad con un posicionador por satélite (Transpack) y ecosonda (Humminbird Wide Vision); la información restante sobre batimetría se obtuvo de Merino y Otero (1983) y Jordán (1993). En forma simultánea se realizaron recorridos prospectivos de tipo visual con el fin de registrar las características principales del perfil arrecifal. Para esto se remolcó a un buzo con un deslizador atado a una cuerda de 20 m de largo (Done, 1981), quien tomó notas del grado de desarrollo arrecifal, áreas cubiertas por cada formación coralina, presencia y amplitud de canales de arena paralelos a la costa, porcentaje de áreas con sedimento arenoso, presencia de macizos de coral y profundidad máxima a la que se encuentran los mismos. En las rompientes y bajos arrecifales se realizaron las verificaciones de campo para ajustar las observaciones hechas a partir de las prospecciones aéreas.

El muestreo de las comunidades arrecifales: corales escleractinios y gorgonáceos, macroalgas, peces y esponjas, se realizó mediante líneas de transectos perpendiculares a la costa (Loya, 1972; Porter, 1972) separadas por un kilómetro aproximadamente. El muestreo por transectos consiste en la toma de datos mediante buceo libre o autónomo a lo largo de una cadena de 20 m de longitud con eslabones de 3.3 cm. Los transectos se colocaron en cada una de las zonas arrecifales conforme a la zonación que se describe posteriormente. Para cada grupo se realizó la determinación de las especies "in situ" con ayuda de claves y guías de campo. Para corales escleractinios se utilizó: Humann (1993a), Smith (1972), Greenberg y Greenberg (1977), Castañares y Soto (1982), Kaplan (1982), Zlatarski y Martínez (1982), Cairns (1982) y Colin (1988); para corales gorgonáceos Humann (1993a), Cairns (1977), Bayer (1961) y Bayer *et al.* (1983); para macroalgas Littler *et al.* (1989) y Chaplin (1989); para peces Greenberg y Greenberg (1977), Stokes (1984) y Humann (1989); y para esponjas Humann (1993b).

De acuerdo al taxa en estudio, se registró el número de eslabones en contacto con el tejido vivo de cada colonia (corales escleractinios y gorgonáceos) o grupo (algas) y el número de individuos por especie (peces). También se realizó una prospección general de la comunidad de esponjas localizada al norte del área de estudio, en la zona de Punta Bete.

## ANÁLISIS

El análisis de los resultados se presenta en tres secciones:

**I. ZONACIÓN ARRECIFAL.** Se destacan las características principales de las zonas y subzonas del arrecife.

**II. REGIONES.** En el corredor turístico "Cancún-Tulum" se presentan dos áreas con diferente desarrollo arrecifal, una que abarca de Punta Petempich a Puerto Aventuras y la otra de Puerto Aventuras a Tulum. Ambas se dividieron en regiones, considerando como criterio principal el grado de desarrollo del Arrecife Frontal y como criterio secundario el de la Cresta Arrecifal. De esta manera se describen los límites y características principales de cada región.

**III. COMUNIDADES ARRECIFALES.** Se calcularon algunos atributos de la estructura comunitaria como cobertura, densidad y diversidad (Pielou, 1975), dependiendo de los diferentes taxa que se trabajó y en función de la zonación arrecifal y regiones.

Con este trabajo y el de "Caracterización de los arrecifes coralinos de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an" (Gutiérrez *et al.*, 1993) se tiene la descripción de los arrecifes de la costa del estado de Quintana Roo que comprenden desde Punta Petempich, en el norte del estado, hasta Punta Pulticub en el centro del estado.

## Resultados

### I. ZONACIÓN ARRECIFAL

Siguiendo los criterios geomorfológicos de Pichon (1981) y Guilcher (1988) los arrecifes del área son de tipo bordeante con tres zonas principales: la Laguna Arrecifal, la Cresta Arrecifal y el Arrecife Frontal; subdivididas a su vez en subzonas para su mejor descripción (Tabla 1).

En la parte norte, de Punta Petempich a Puerto Aventuras, el arrecife muestra cambios notables en los patrones de zonación con respecto al área arrecifal del resto del estado de Quintana Roo. En esta área el Arrecife Frontal no está bien definido, se desarrolla en parches y cuando está presente se encuentran macizos coralinos y canales de arena incipientes dominados por colonias de corales gorgonáceos. De Punta Nizuc a Punta Maroma (20°43'N), la plataforma continental es amplia con una extensión de más de 5 km hasta el borde del canal de Yucatán, después se reduce considerablemente a 2 km o menos. Donde la plataforma es amplia, el canal está bien definido, la Laguna Arrecifal es extensa y esta bien desarrollada. La Cresta Arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural debido a los numerosos crecimientos masivos de corales escleractinios. La plataforma puede ser extensa y entonces se caracteriza por la presencia de varias interrupciones en la Rompiente Arrecifal, mismas que reciben el nombre de "bocanas". Si no es amplia, sólo se observa el



TABLA 1. PATRÓN DE ZONACIÓN ARRECIFAL OBSERVADO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

| Zona   | Subzona   | Características principales  |
|--|---|--|
| <i>Laguna Arrecifal</i>  | Playa   | Arena fina, macroalgas y pastos marinos; al norte del estado de Q.Roo sólo arena fina o roca.  |
|  | Parches   | Pastos marinos, «cabezos» y gorgonáceos.   |
|  | Bajos   | Conjunto de «cabezos», gorgonáceos y algas.  |
| <i>Cresta Arrecifal</i>  | Arrecife Posterior  | «Cabezos», algas, pedacera y arena media.  |
|  | Rompiente Arrecifal   | Hidrocorales pétreos, algas, «cabezos» y pedacera gruesa.  |
|  | Transición Barlovento   | Macizos y canales incipientes.   |
| <i>Arrecife Frontal</i>  | Frontal Interior  | En la REMS Fracción Sur hay macizos y canales más o menos desarrollados; al norte del estado de Q.Roo los macizos son pequeños, en caso de estar presentes.                      |
|  | Frontal Exterior  | En la REMS Fracción Sur hay macizos y canales bien desarrollados; al norte del estado de Q.Roo están prácticamente ausentes y hay arenales o comunidades de algas y gorgonáceos. |
|  | Frontal Profundo  | Sólo en la REMS Fracción Sur, entre 35 y 60 m de profundidad. Algas, corales planos e incrustantes, antipatarios y gorgonáceos de profundidad.                                   |
|  | Cantil  | Sólo en la REMS Fracción Sur, a más de 60 m de profundidad. Corales como discos, antipatarios y esponjas masivas.  |
|  | REMS FRACCIÓN SUR = RESERVA ECOLÓGICA MARINA DEL MUNICIPIO SOLIDARIDAD FRACCIÓN SUR, COMPRENDE DE PUERTO AVENTURAS A TULUM. |  |
| NORTE DE Q.ROO = COMPRENDE DE PUNTA PETEMPICH A PTO. AVENTURAS, INCLUYENDO LA RESERVA ECOLÓGICA MARINA SOLIDARIDAD FRACCIÓN NORTE. |   |  |

desarrollo de la Transición Barlovento, tal es el caso de Punta Bete (20°40.25'N) a Punta Fatima (20°30').

En la parte sur, de Puerto Aventuras a Tulum, el área arrecifal continúa meridionalmente con los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, con los que tiene similitudes en cuanto al patrón de zonación (Padilla *et al.*, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1993). La plataforma continental es estrecha. La Laguna Arrecifal es incipiente en algunas bahías pequeñas o no existe. La Cresta Arrecifal sólo se encuentra completa frente a determinadas bahías y está bien desarrollada en la transición hacia el frontal. El Arrecife Frontal presenta un gran desarrollo estructural y una alta diversidad de especies (Lara y Padilla, manuscrito no publicado).

### LAGUNA ARRECIFAL

La zona de la Laguna Arrecifal comprende de la línea de costa hasta la Cresta Arrecifal. De Punta Petempich a Puerto Aventuras, el canal donde se forma esta zona es amplio, presentando una anchura mayor a 1,500 m frente a Punta Petempich; su profundidad es en general de dos metros alcanzando un máximo de cinco metros. De Puerto Aventuras

a Tulum una gran parte de la costa está formada por puntas, playas y cantiles rocosos. En algunos de estos lugares el canal no está formado y no hay Laguna Arrecifal, en otros no está bien definido o bien es muy estrecho; así se pueden citar las Puntas Fátima, Chakalal, Chile, Akumal y Aventuras, Tulsayab y Cadenas, como playas rocosas se encuentran la parte norte de Xpu-ha, parte sur de Kantenah y Tankah. Como cantil rocoso se observan Xaac, de Xel-ha al norte de Punta San Francisco, alrededor de Tulum y segmentos de Nuevo Paraíso a Osho.

A continuación de la playa, los pastos marinos constituyen la comunidad bentónica dominante, *Thalassia testudinum* es la especie más notable, aunque cerca de las playas *Syringodium filiforme* es muy abundante. Es común encontrar áreas cubiertas de pastos marinos, alternadas con otras de arena fina y media llamadas "blanquizales" o con "cabezos" de corales escleractinios y/o crecimientos aislados de corales gorgonáceos. A esta área se le nombró "de parches", se encuentra frente a Punta Maroma, desde Puerto Morelos a Punta Petempich y en las pequeñas ensenadas y bahías como en Kantenah, Akumal, las bahías entre las Puntas San Francisco y Tulsayab, y en Tulum.



En la parte cercana a la Cresta Arrecifal la presencia de crecimientos masivos de coral es mayor haciendo la navegación difícil, sobre todo cerca de Punta Caracol; esto corresponde a la subzona de "bajos". En muchas áreas esta subzona es poco evidente, como sucede en Akumal, Xcacel y Tankah. En algunos lugares estos bajos son muy abundantes, pero prácticamente forman parte del Arrecife Posterior como en Rancho Viejo, la Media Luna y entre el sur de Tulum y el límite norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.

### CRESTA ARRECIFAL

Es una zona con alta intensidad del oleaje y mucha turbulencia, ahí el fondo marino presenta su menor profundidad e incluso algunas áreas son expuestas con la bajamar.

La subzona del Arrecife Posterior es la que presenta la menor energía del oleaje, tiene una profundidad que en general es de 1.5 m y su anchura nunca es mayor a 300 m. El sustrato está formado por arena, pedacería de coral y colonias ramificadas de corales escleractinios de las especies *Acropora palmata* y *Porites porites*, o bien por láminas de *Agaricia tenuifolia* y *Agaricia agaricites*, o colonias masivas de *Montastrea annularis* y *Diploria clivosa*. Estos crecimientos pueden presentar tejido vivo o simplemente ser exoesqueletos en pie, algunas veces cubiertos por algas de varios tipos y/o esponjas incrustantes como *Cliona langae*. En la REMS Fracción Sur se desarrolla en algunas bahías y ensenadas, pero las extensiones más grandes se observaron en la Media Luna, Akumal y Tankah.

La subzona de la Rompiente Arrecifal se caracteriza por una gran energía del oleaje, por crecimientos abundantes de los hidrocorales pétreos *Millepora complanata* y *Millepora alcicornis* y en algunos lugares por esponjas incrustantes como *Ectyoplasia ferox*. Forma una franja continua de crecimiento coralino que sobresale con la marea baja; esto se observa entre Puerto Morelos y Punta Petempich —con excepción de las llamadas "bocanas" frente al astillero "Rodman"—, al norte de Punta Tanchacté, frente a Punta Maroma, sur de Punta Fátima, parte de Akumal, Chemuyil y el área entre Punta San Francisco y Nuevo Paraíso, donde también se alterna con numerosas "bocanas". En otros lugares las rompientes se asocian a puntas rocosas o están ausentes, o bien las olas rompen en el lugar más somero ubicado a 1.5 o 2 m de profundidad, donde se marca el cambio de pendientes entre el barlovento y el sotavento, como sucede en la mayoría de las bahías y ensenadas de la REMS Fracción Sur. Al igual que el Arrecife Posterior, esta subzona no es tan evidente a lo largo de la costa, de hecho, con vientos moderados es difícil apreciar el rompimiento de las olas.

A diferencia de las anteriores subzonas de la Cresta Arrecifal, la Transición hacia el Barlovento está mejor desarrollada y ampliamente extendida, su anchura puede ser mayor a 300 m. Es un área con mucha turbulencia. En general, presenta una gran diversidad de corales escleractinios con numerosas colonias de tallas pequeñas como en Punta Chile, Kantinah, Xaac y Yalkú. En otros lugares de la REMS Fracción Sur la losa calcárea, que se rellena y litifica en esta subzona, presenta canales que probablemente se forman por la erosión de las corrientes, donde también la diversidad de corales gorgonáceos y escleractinios es elevada como en Punta San Francisco, Punta Solimán, Punta Tulsayab y Tankah. La presencia de corales del género *Solenastrea* es muy evidente desde Punta Celis hasta Punta Caracol, lo que indica un ambiente más severo en cuanto a temperatura del agua y mayores tasas de sedimentación (Rosado, 1990). En esta subzona la pendiente se acentúa hacia mar adentro; de Punta Petempich a Puerto Aventuras por lo general es poco pronunciada y termina en un escalón muy marcado a aproximadamente 15 m de profundidad. De Puerto Aventuras a Tulum existen lugares donde termina entre cinco y seis metros de profundidad, con abundante pedacería de coral, algunos crecimientos de *Millepora* spp. y densos parches de corales gorgonáceos como en la parte norte de la REMS Fracción Sur. Hay otros sitios donde la pendiente alcanza hasta 10 o 12 m de profundidad y la losa calcárea puede presentar macizos y canales, destacando algunos crecimientos masivos y dispersos de los corales *Acropora palmata*, *Agaricia tenuifolia* y *Montastrea annularis*, así como parches de corales gorgonáceos.

### ARRECIFE FRONTAL

En el centro de Quintana Roo la característica más importante es la presencia de franjas perpendiculares a la línea de costa, con grandes acumulaciones de esqueletos de corales escleractinios llamadas "macizos" que forman elevaciones en la losa calcárea, dejando espacios entre ellos, donde se depositan sedimentos más finos, a los que se conoce como "canales". A esta estructura se le denomina "sistema de macizos y canales" (Goreau y Goreau, 1973). Estos sistemas comúnmente están separados por terrazas de arena paralelas a la línea de costa. Los macizos crecen hacia la superficie y se alargan en dirección al barlovento, su extensión y altura es variable.

El Arrecife Frontal está muy poco desarrollado a partir de Puerto Aventuras y prácticamente desaparece frente a Playa del Carmen. Frente a Punta Maroma vuelve a presentarse, aunque muy difícilmente se puede disociar de la Transición Barlovento. Nuevamente desaparece desde Punta Celis y es prácticamente nulo a partir de Puerto Morelos. De Puerto



Aventuras a Tulum el Arrecife Frontal se encuentra en diferentes grados de desarrollo, siendo los macizos coralinos bastante altos hacia el centro del área; donde se observaron macizos de más de 90 m de longitud y hasta 12 m de altura.

En toda el área de estudio la subzona del Arrecife Frontal Interior presenta pendientes entre los 15 y 20 grados y se desarrolla entre los 7 y 15 m de profundidad. Destacan los crecimientos masivos de *Acropora palmata* y *Agaricia tenuifolia*, que generalmente crecen sobre grandes "cabezos" de *Montastrea annularis*. En algunos sitios la pendiente es suave y los corales gorgonáceos son de talla pequeña y más conspicuos que los corales escleractinios. De Punta Petempich a Puerto Aventuras es notable tanto el bajo número de especies como la baja diversidad. La mayoría de las colonias son de talla pequeña y hay un gran reclutamiento, lo que podría ser consecuencia del paso del huracán "Gilberto" en septiembre de 1988 (Romero, 1991). De Puerto Aventuras a Tulum los macizos pueden encontrarse bien desarrollados y con una alta diversidad de corales hermatípicos, tal es el caso del área entre Kantenah y Yalkú, y entre Tankah y Nuevo Paraíso.

La subzona del Arrecife Frontal Exterior está prácticamente ausente de Punta Petempich a Puerto Aventuras. De Puerto Aventuras a Tulum esta es la subzona donde se encuentran los macizos de mayores dimensiones, aunque existen áreas donde no se encuentran bien formados como ocurre frente a Punta San Francisco, Punta Solimán y en menor grado Punta Tulsayab. Esta subzona tiene una pendiente de 30 grados o más y una profundidad que varía entre 18 y 45 m. Dominan *Montastrea annularis*, *Montastrea cavernosa* y *Agaricia agaricites*, que representan más del 60 % de la cobertura total de corales escleractinios. En algunos sitios la diversidad de escleractinios disminuye, pero la cobertura de tejido vivo es mayor, como se puede observar

en las áreas aledañas a Xaac y Kantenah. En otros lugares de la REMS Fracción Sur tanto la diversidad como la cobertura de corales son altas como en Xacel, Xel-ha, Tankah y Tulum. La subzona del Arrecife Frontal Profundo está ausente de Punta Petempich a Puerto Aventuras. De Puerto Aventuras a Tulum, al igual que en los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, se desarrolla a más profundidad, llegando hasta el borde de la plataforma, ahí la pendiente es mayor a 45° y aumenta con la profundidad.

La subzona del "cantil" no fue explorada de Punta Petempich a Puerto Aventuras. De Puerto Aventuras a Tulum comprende desde el borde de la plataforma hasta el área de la pared vertical, se encuentra entre 50 y 60 m de profundidad y algunos organismos crecen sobre esta pared. En el arrecife profundo y en el cantil las especies dominantes de corales escleractinios pertenecen al género *Agaricia* que forman crecimientos incrustantes y aplanados en forma de discos, también se encuentran varias especies de coral negro del género *Antiphatés*, gorgonáceos de profundidad, esponjas masivas y una gran cobertura de algas como *Lobophora variegata*.

## II. REGIONES

En el corredor "Cancún-Tulum" se tienen dos áreas con diferente desarrollo arrecifal, que se dividieron en regiones considerando como criterio principal el grado de desarrollo del Arrecife Frontal y como criterio secundario el de la Cresta Arrecifal.

Una de estas áreas cubre de Puerto Aventuras a Tulum e incluye las regiones de la A a la E. La otra área abarca de Punta Petempich a Puerto Aventuras y comprende las regiones F a la J (Tabla 2).

TABLA 2. REGIONES EN LAS QUE SE DIVIDIÓ EL ÁREA DE ESTUDIO.

| Regiones | Límite Norte | Límite Norte a Sur   |
|----------|--------------|--|
| A        | 20°11'45"N   | Sur de Tulum al límite Norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an         |
| B        | 20°18'00"N   | Punta San Francisco, Punta Solimán, Tankah, Sur de Tulum                     |
| C        | 20°24'15"N   | Bahía de la Media Luna, Akumal, Chemuyil, Xacel, Xel-ha                      |
| D        | 20°27'45"N   | Punta Chile, Kantenah, Xaac, Yalkú   |
| E        | 20°30'00"N   | Puerto Aventuras, Punta Fátima, Chakalal, Xpu-ha                             |
| F        | 20°33'50"N   | Punta Venado, Punta Yanten, Paamul   |
| G        | 20°42'50"N   | Punta Bete, Punta Xcalacoco, Playa del Carmen, Punta Piedra, Xcaret          |
| H        | 20°45'40"N   | Punta Celis, Punta Maroma  |
| I        | 20°49'40"N   | Punta Tampo, Punta Brava   |
| J        | 21°00'00"N   | Punta Petempich, Punta Tanchacté, Punta Caracol, Puerto Morelos, Punta Brava |



## REGIÓN A

Esta región se extiende desde el sur de Tulum ( $20^{\circ}11'45''N$ ) hasta una zona fuera de los límites de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, en la isobata de los 60 m de profundidad ( $20^{\circ}05'00''N$ ).

La línea de costa alterna playas rocosas y arenosas, estas últimas muy extensas hacia el sur.

En general, la Laguna Arrecifal está ausente o es muy incipiente con pequeños parches de pastos marinos.

La Cresta Arrecifal también es incipiente y está formada por numerosos "bajos" dispersos en el área. Por esta razón, las diferencias entre la Laguna Arrecifal y la Cresta Arrecifal no son muy evidentes y el área de bajos es muy amplia—hasta 500 m—, con escasos parches de pastos marinos y mucha pedacería en el sustrato, la profundidad varía entre dos y cuatro metros y la mayoría del sustrato lo forman restos de *Agaricia tenuifolia* y *Acropora palmata* que también presenta colonias vivas. Es notoria la densidad de los corales gorgonáceos *Eunicea laxispica* y *Eunicea mammosa*. La Transición Barlovento se forma sobre el extremo de la laja donde se asienta la Cresta Arrecifal. Se observa un sistema de macizos y canales muy incipiente, con macizos delgados, largos, con una altura menor a un metro y dominados por gorgonáceos. Es notoria una fina capa de sedimentos sobre el sustrato y algunas áreas con grandes colonias de la esponja incrustante *Ectyoplasia ferox*.

El Arrecife Frontal se estructura en parches de macizos y canales y su desarrollo es muy variable. A lo largo de la región se observa un canal de arena muy amplio, sobre una terraza casi sin pendiente, que separa al Arrecife Frontal Interior del Frontal Exterior. El Arrecife Frontal Interior es muy similar a la Transición Barlovento, pero a diferencia de esta presenta algunos crecimientos masivos de corales escleractinios. La laja donde se asienta esta subzona va de 10 a 18 m de profundidad. Los gorgonáceos tienen una densidad alta y es notoria la abundancia de erizos y peces damisela. Frente al Hotel Osho se encontraron abundantes colonias del coral *Solenastrea* sp. El Frontal Exterior se forma al final de la terraza, a una profundidad mayor a los 25 m. Presenta macizos de 2 a 3 m de altura, como frente a San Eric, con algunas colonias de *Acropora cervicornis* sobre ellos. En otros lugares son más evidentes las colonias masivas de esponjas.

## REGIÓN B

Comprende desde Punta San Francisco ( $20^{\circ}18'00''N$ ) a la parte sur de Tulum ( $20^{\circ}11'45''N$ ).

La línea de costa está formada por bahías y ensenadas separadas por puntas rocosas y un acantilado no muy extenso en el área de Tulum.

La Laguna Arrecifal está poco desarrollada en las bahías del norte de la región y frente a Tulum, forma una estrecha franja a lo largo de la misma y la profundidad no es mayor a los dos metros e incluso, con bajamares extremas algunos parches de pastos quedan expuestos, principalmente cerca de las playas en las bahías entre Punta San Francisco, Punta Solimán y Punta Tulsayab. El área cubierta de pastos marinos es alta comparada con otras regiones. Frente a Tankah algunos bajos presentan numerosas colonias de *Acropora cervicornis*.

La Cresta Arrecifal forma una barrera incipiente, con numerosas "bocanas" a lo largo de toda la región. En los bajos la cobertura es variable, algunas áreas como Tulum y Nuevo Paraíso tienen abundante tejido vivo de corales escleractinios. En el resto de la región los bajos se forman de esqueletos masivos de *Acropora palmata* y *Agaricia tenuifolia*. La Transición Barlovento se encuentra bien definida en toda la región. La laja calcárea donde se asienta es notoria hasta los 10 m de profundidad. La diversidad de corales escleractinios es alta y la mayoría de las colonias son pequeñas, aunque se encuentran algunos "cabezos" de coral de gran tamaño. Los corales gorgonáceos presentan una alta densidad y dominan el fondo.

El Arrecife Frontal está bien desarrollado en casi toda su extensión, entre Punta San Francisco y Punta Tulsayab éste ocurre entre los 10 y 20 m de profundidad y de Tankah a Nuevo Paraíso, incluyendo Tulum, se presenta entre los 20 y 35 m. Cuando el Frontal Interior está bien desarrollado los macizos alcanzan una altura de cuatro a seis metros. En caso contrario, los gorgonáceos son dominantes y se asientan sobre macizos incipientes no mayores a dos metros de altura. Donde el Frontal Exterior está bien formado; los macizos son mayores a los seis metros de altura, como en Tulum y Tankah. Cuando no es así, los macizos miden más de dos metros y las colonias masivas de esponjas son abundantes.

## REGIÓN C

Ocupa desde la Bahía de la Media Luna ( $20^{\circ}24'15''N$ ) hasta el sur de Xel-ha ( $20^{\circ}18'00''N$ ).

La línea de costa es muy heterogénea, presenta playas arenosas y rocosas, puntas rocosas, un pequeño acantilado y una caleta grande en Xel-ha.

La Laguna Arrecifal prácticamente no existe, sólo se encuentra como parches de pastos marinos dispersos y no muy



densos. También se encuentran algunas áreas de "blanquiza-les", algunos cabezos de coral y agregaciones de gorgonáceos. En las partes más someras de ensenadas y bahías y en la caleta de Xel-ha se observaron áreas cubiertas por "tapetes" algales. En las bahías de la Media Luna, Akumal y Chemuyil es notoria la alta cobertura de zoántidos como *Palithoa* sp. y *Zoanthus* sp. y actinarios como *Stochactis helianthus*, que al parecer son indicadores de altas concentraciones de materia orgánica en los sedimentos (Rosado, 1990).

La Cresta Arrecifal está bien desarrollada frente a las playas y la caleta, frente al acantilado y puntas rocosas sólo se encuentra la Transición Barlovento. El Arrecife Posterior presenta numerosos bajos formados por restos masivos de corales. En algunos lugares como Akumal, también se encuentran tramas calcáreas sobre sustrato arenoso, formadas por restos de *Acropora cervicornis*. La cobertura de tejido vivo en esta subzona es muy baja y hay un gran movimiento de sedimentos que provoca turbidez y enterramiento de colonias pequeñas, como en la Media Luna, Akumal, Chemuyil y Xel-ha. En la Rompiente Arrecifal, conjuntos de bajos forman pequeñas barreras al norte de la Media Luna y Akumal, en Chemuyil y en la boca de Xel-ha. En otras áreas, como en Xcacel y la parte sur de las bahías, la rompiente se forma por un cambio de pendiente entre el barlovento y el sotavento; junto a estos lugares se encuentran las llamadas "bocanas". En la Transición Barlovento se observó un sistema de macizos y canales incipiente con gran cobertura de corales gorgonáceos, no obstante hay lugares como frente a la Media Luna, Akumal y Xcacel donde los macizos pueden estar más desarrollados, y en otros como Xel-ha, la subzona es muy estrecha y hay un gran banco de arena. En el canal de arena paralelo que separa la Transición Barlovento del Arrecife Frontal Interior es notoria la presencia del coral *Siderastrea* sp., de los gorgonáceos *Pterogorgia guadalupensis* y *Pseudopterogorgia americana* y las macroalgas *Avrainvillea* sp. y *Udotea* sp.

El Arrecife Frontal está bien estructurado en toda la región, pero el estado de conservación y desarrollo de los macizos es muy variable. En la Media Luna y Akumal, la mayoría de las colonias de corales escleractinios presentan mortalidad parcial y en la cima de los macizos se observó gran cobertura de algas como *Lobophora variegata*. En el Frontal Interior se encuentran lugares, como la Punta de Akumal, Chemuyil y Xcacel, donde los macizos y canales están bien definidos y presentan alta diversidad biológica. En otros sitios, como las bahías de Akumal y Aventuras, están poco desarrollados y tienen una gran cobertura de gorgonáceos. Pero también hay lugares, como Xel-ha, donde están poco definidos y forman áreas de parches con algunos cabezos de coral y grandes bancos de arena. En el Frontal Exterior

los macizos pueden alcanzar hasta seis metros de altura y en la cima presentan un entramado de corales ramificados como *Madracis mirabilis* y *Acropora cervicornis*. Al final del sistema de macizos y canales, entre los 27 y 45 m de profundidad, es común encontrar colonias de corales gorgonáceos de profundidad y varias especies de coral negro del género *Antiphatas*.

## REGIÓN D

Está ubicada entre Punta Chile (20°27'45"N) y Yalkú (20°24'15"N).

La línea de costa es predominantemente rocosa con varias caletas y una playa en Kantenah. En el área hay numerosos aportes de agua dulce y fría hacia el arrecife, seguramente provenientes de sistemas de ríos subterráneos abundantes cerca de la región, que como ojos de agua o bocas de las caletas provocan un área de mezcla con el agua tibia y salada del mar, por lo que es posible distinguir termoclinas cerca de la línea de costa.

La Laguna Arrecifal es una zona reducida e incipiente que se encuentra exclusivamente frente a Kantenah. Se alterna con parches de pastos marinos, "blanquiza-les" arenosos, algunos cabezos de coral y agregaciones de gorgonáceos.

La Cresta Arrecifal está poco desarrollada y en casi toda la región es representada solamente por la Transición Barlovento que se forma a continuación del acantilado. El Arrecife Posterior y la Rompiente Arrecifal, al igual que la Laguna Arrecifal, sólo están representados frente a Kantenah. En el Arrecife Posterior se encuentra abundante pedacería de coral, algunos parches de gorgonáceos, numerosas colonias del hidrocoral pétreo *Millepora complanata* y una alta cobertura de la esponja incrustante *Cliona langae*. En la rompiente el sustrato está cubierto de pedacería, arenas medias y gran abundancia de *M. complanata*.

El Arrecife Frontal está bien desarrollado y comparativamente tiene un buen estado de conservación, evaluado por un registró de cobertura de tejido vivo superior al 60%. En el centro de la región, principalmente en Xaac, se encuentran los macizos más grandes con hasta 50 m de ancho y 6 m de altura, donde se observan colonias muy grandes de *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans*; los canales son angostos. En los extremos de la región los macizos disminuyen sus dimensiones gradualmente y los canales son más anchos. En algunas áreas como Punta Chile y Kantenah, el coral ramificado *Acropora cervicornis* forma una trama calcárea sobre los macizos. De Xaac a Yalkú, la trama se



mezcla con colonias fragmentadas de *Montastrea annularis* en el Frontal Exterior y con *Acropora palmata* y *Agaricia tenuifolia* en el Frontal Interior. Después del Frontal Exterior la pendiente es muy aguda, a 100 m de distancia promedio se llega al cantil ubicado a 60 o 70 m de profundidad.

## REGIÓN E

Comprende de Punta Fátima (20°30'00"N) al sur de Xpu-ha (20°27'45"N).

La línea de costa presenta playas estrechas, algunas puntas rocosas y la caleta de Chakalal.

La Laguna Arrecifal es incipiente, se desarrolla solo en las ensenadas o bahías de la región. Esta representada por escasos parches de pastos marinos no muy densos y es notable la gran cantidad de sedimento arenoso, aparentemente de formación reciente.

La Cresta Arrecifal es estrecha y exclusivamente la parte correspondiente a la Transición Barlovento es continua y está bien desarrollada. Tanto el Arrecife Posterior como la Rompiente están poco desarrolladas, se forman en pequeños parches que son evidentes en áreas como Punta Fátima, Rancho Viejo y Xpu-ha. En la Rompiente abunda la pedacería y en el Arrecife Posterior las arenas finas. En contraste, la Transición Barlovento es la subzona más diversa de la región, su desarrollo es casi continuo de Punta Fátima a Xpu-ha, los escleractinios abundan en formas de crecimiento verticales, se observan numerosas colonias fragmentadas y se encuentran cabezos masivos de *Montastrea annularis*.

El Arrecife Frontal presenta su mayor desarrollo en los extremos de la región, siendo continuo desde Chakalal hasta el norte de Xpu-ha, incluyendo la Bahía de Rancho Viejo. Es notoria la gran cantidad de sedimento sin consolidar en Punta Fátima y Bahía de Puerto Aventuras, que se compone de arenas finas y gruesas y pedacería calcárea. Los macizos más grandes se encuentran entre 20 y 30 m de profundidad, tienen 40 m de largo, de 10 a 15 m de ancho y tres metros de altura. Los canales son amplios y en algunos lugares, como en Chakalal, se observó una matriz calcárea formada por restos de *Acropora cervicornis* con abundantes crecimientos de algas. En el Frontal Interior destacan los crecimientos masivos de *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans*.

## REGIÓN F

Comprende desde la parte sur de la zona industrial Calica (20°33'50"N) hasta Punta Fátima (20°30'00"N).

La línea de costa presenta playas rocosas. El desarrollo arrecifal es incipiente, no existe Rompiente Arrecifal. El Arrecife Frontal Interior y Exterior están bien definidos y separados por arenales, aunque son poco diversos en corales escleractinios. No existen macizos coralinos bien formados, pero se observan algunos en etapas de formación primaria. La pendiente es muy pronunciada a partir de los 33 m de profundidad, con algunas colonias aisladas de escleractinios y abundancia de esponjas.

Las especies del género *Montastrea* fueron las dominantes en el Arrecife Frontal, mientras que *Acropora palmata* lo fue en las zonas someras.

## REGIÓN G

Esta región se encuentra entre Punta Bete (20°42'50"N) y la zona industrial Calica (20°33'50"N).

La línea de costa es predominantemente de playa arenosa, con excepción de la zona de Calica a Xcaret donde existe una caleta rodeada de un acantilado que se continua con playa rocosa. Hay una amplia plataforma arenosa que se inicia en la playa y termina entre los 21 y 33 m de profundidad, esto es muy notable frente a Playa del Carmen. La corriente en esta región es particularmente fuerte debido a la presencia de la Isla de Cozumel, ya que se forma una corriente "jet" entre la isla y el continente. Esta corriente llega a tener velocidades de 4 nudos y es particularmente fuerte al final de la primavera y durante el verano.

La Laguna Arrecifal es incipiente y se encuentra exclusivamente frente a las caletas y orilla de las playas.

La Cresta Arrecifal está poco desarrollada y está representada en toda la región casi de manera exclusiva por la Transición Barlovento que se forma a continuación del acantilado.

El Arrecife Frontal está poco desarrollado. La zona es pobre en corales escleractinios, particularmente a partir de los 15 m de profundidad. A partir de los 33 m de profundidad la pendiente aumenta bruscamente y se caracteriza por la presencia de algas, briozoarios, alcionarios y escasos escleractinios, principalmente de las especies *Manicina areolata* y *Millepora alcicornis*.

## REGIÓN H

Ocupa desde el sur de Punta Celis (20°45'40"N) hasta el sur de Punta Maroma (20°42'50"N).



La línea de costa es heterogénea, presenta playas y puntas arenosas y rocosas. Frente a Punta Maroma se encuentra una estructura arrecifal muy grande, bien desarrollada y sumamente diversa, donde están bien conformadas las rompientes arrecifales y por tanto el Arrecife Posterior y la Laguna Arrecifal.

La Laguna Arrecifal es amplia y profunda, de hasta 500 m al norte de Punta Maroma y con numerosos Parches Arrecifales. El Arrecife Posterior es diverso. En la Transición Barlovento se encuentran grandes macizos coralinos de *Acropora palmata* que no llegan a alcanzar más de 1.5 metros de altura, pero la mayor parte de ellos están formados por exoesqueletos de corales cubiertos por algas. El Arrecife Frontal está poco estructurado en toda la región y el estado de conservación y desarrollo de los macizos de *Acropora* y cabezos de *Montastrea* es muy variable.

### REGIÓN I

Comprende de Punta Tampó (20°49'40"N) a Punta Celis (20°45'40"N).

La línea de costa está formada por playas arenosas y rocosas alternadamente. Es notable el aumento en el ancho de la plataforma continental y la disminución de la pendiente arrecifal. Existe una enorme cantidad de sedimento sobre la laja calcárea y se observaron oquedades en el fondo que posiblemente representan el lugar de salida de corrientes de agua dulce. Existe una baja cobertura coralina, apareciendo de manera clara algunos corales como *Solenastrea*.

Punta Tampó presentó características únicas, con estructuras coralinas en forma de macizos aproximadamente a 100 m de distancia del borde de la laja calcárea y a 11 m de profundidad; los macizos tienen hasta dos metros de altura y gran cobertura coralina. En contraste los macizos que se encuentran sobre la laja son muy amplios, separados por anchos canales de arena y cubiertos en su mayor parte por corales gorgonáceos. Después del escalón hay un extenso arenal que sólo está interrumpido por algunos "parches".

### REGIÓN J

Comprende desde Punta Petempich (21°00'N) hasta Puerto Morelos (20°49'40"N).

La línea de costa contiene largas playas arenosas, a excepción de Punta Caracol. Frente al poblado de Puerto Morelos las rompientes inician en un bajo arrecifal que se continúa hasta más allá de Punta Petempich, siendo interrumpido solamente por las llamadas "bocanas".

La Laguna Arrecifal es amplia, hasta de 3 m de profundidad, con un máximo de 1,500 m de amplitud y dominancia de *Thalassia testudinum*. Tanto la Rompiente Arrecifal como el Arrecife Posterior están bien formados e integrados en su mayor parte por las especies *Acropora palmata* y *Millepora complanata*.

Desde la Transición Barlovento hasta el Arrecife Frontal se observa una laja calcárea muy pareja, con oquedades formadas por aportes de agua dulce. Existe una gran cantidad de colonias, tanto de corales escleractinios como de gorgonáceos, en estadios tempranos de desarrollo, probablemente como resultado del paso del huracán Gilberto en septiembre de 1988. En ambos sitios son notorias las colonias de *Solenastrea* y *Stephanocoenia*. La diversidad de escleractinios es baja en el Arrecife Frontal, aumentando conforme se acerca a la costa. Hacia Punta Tanchacté se encontró el mayor desarrollo arrecifal en cabezos muy altos y alargados, de gran diversidad coralina y abundancia de especies. Lara (obs. pers.) ha identificado sitios muy puntuales en el Arrecife Frontal de Puerto Morelos en los que se presentan macizos y canales de poca altura. Al parecer estas estructuras fueron sepultadas durante algún evento en el pasado y debido al paso del Gilberto el sedimento que los cubría fue desplazado y las estructuras carbonatadas afloraron nuevamente para cubrirse posteriormente con nuevas colonias de escleractinios y otros organismos bentónicos. Para corroborarlo es necesario hacer prospecciones más detalladas de la zona.

## III. COMUNIDADES ARRECIFALES

En esta sección se presentan algunos parámetros de la comunidad como cobertura, densidad y diversidad dependiendo del grupo taxonómico en estudio y con referencia a la zonación arrecifal y regiones.

### ESCLERACTINIOS

Debido a que los corales escleractinios son los principales constructores del arrecife, el crecimiento coralino modifica tanto la topografía del sustrato como la estructura geológica, a la vez que provocan una heterogeneidad del sustrato en el cual se crean multitud de hábitats que funcionan como refugios y zonas de crianza a otros organismos arrecifales; además tienen una gran importancia económica como atractivo turístico y como fuente de materiales para la construcción.

Se registraron 45 especies de corales escleractinios pertenecientes a 22 géneros y 10 familias (Tabla 3). El número de especies fue mayor en la zona del Arrecife Frontal de la



REMS Fracción Sur (regiones A a la E) y en la Transición Barlovento de la parte norte del estado de Quintana Roo (regiones F a la J). En la mayoría de las regiones se observó que el número de especies es mayor en las zonas profundas como el Arrecife Frontal y Transición Barlovento, que en las partes someras como la Rompiente y Arrecife Posterior (Tabla 4).

El porcentaje de tejido vivo coralino varía entre 7 y 41% siendo las regiones B,C, D, F y J las que presentaron el mayor porcentaje. En la REMS Fracción Sur (regiones de la A a la E) la zona del Arrecife Frontal tuvo la cobertura más alta, cercana al 50%; en la Rompiente Arrecifal y el Arrecife Posterior el porcentaje de coral vivo fue menor y se estimó entre 10 y 20%. En la parte norte (regiones de la F a la J) la cober-

TABLA 3. LISTA DE ESPECIES DE CORALES ESCLERACTINIOS E HIDROCORALES.

| Familia                     | Género                | Especie  |
|-----------------------------|-----------------------|--|
| Acroporidae                 | <i>Acropora</i>       | <i>A. cervicornis</i> (Lamarck, 1816)                  |
|                             |                       | <i>A. palmata</i> (Lamarck, 1816)                      |
| Agaricidae                  | <i>Agaricia</i>       | <i>A. agaricites</i> (Linnaeus, 1758)                  |
|                             |                       | <i>A. fragilis</i> Dana, 1848                          |
|                             |                       | <i>A. humilis</i>                                      |
|                             |                       | <i>A. lamarcki</i> Milne Edwards and Haime, 1851       |
|                             |                       | <i>A. tenuifolia</i> Dana, 1848                        |
|                             |                       | <i>A. undata</i>                                       |
| Astrocoenidae               | <i>Leptoseris</i>     | <i>L. cucullata</i> (Ellis and Solander, 1786)         |
|                             | <i>Stephanocoenia</i> | <i>S. michelinii</i> Milne Edwards and Haime, 1848     |
| Caryophyllidae              | <i>Eusmilia</i>       | <i>E. fastigiata</i> (Pallas, 1766)                    |
| Favidae                     | <i>Colpophyllia</i>   | <i>C. amaranthus</i>                                   |
|                             |                       | <i>C. breviserialis</i>                                |
|                             |                       | <i>C. natans</i> (Houttuyn, 1772)                      |
|                             | <i>Diploria</i>       | <i>D. clivosa</i> (Ellis and Solander, 1786)           |
|                             |                       | <i>D. labyrinthiformis</i> (Linnaeus, 1758)            |
|                             |                       | <i>D. strigosa</i> (Dana, 1848)                        |
|                             | <i>Manicina</i>       | <i>M. areolata</i> (Linnaeus, 1758)                    |
|                             | <i>Montastrea</i>     | <i>M. annularis</i> (Ellis and Solander, 1786)         |
|                             |                       | <i>M. cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)                   |
|                             | <i>Favia</i>          | <i>F. fragum</i> (Esper, 1797)                         |
|                             | <i>Solenastrea</i>    | <i>S. buornoni</i>                                     |
|                             |                       | <i>S. hyades</i>                                       |
|                             |                       | <i>S. cylindrus</i> Ehrenberg, 1834                    |
| Meandrinidae                | <i>Dendrogyra</i>     | <i>D. stokesi</i> Milne Edwards and Haime, 1848        |
|                             | <i>Dichocoenia</i>    | <i>M. meandrites</i> Linnaeus, 1758                    |
|                             | <i>Meandrina</i>      | <i>I. sinuosa</i> (Ellis and Solander, 1786)           |
| Mussidae                    | <i>Isophyllia</i>     | <i>I. rigida</i> Dana, 1848                            |
|                             | <i>Isophyllastrea</i> | <i>M. aliciae</i> Well, 1973                           |
|                             | <i>Micetophyllia</i>  | <i>M. danaana</i> Milne Edwards and Haime, 1849a       |
|                             |                       | <i>M. ferox</i> Well, 1973                             |
|                             |                       | <i>M. lamarckiana</i> Milne Edwards and Haime, 1848    |
|                             | <i>Mussa</i>          | <i>M. angulosa</i> (Pallas, 1766)                      |
|                             | <i>Scolymia</i>       | <i>S. cubensis</i> Milne Edwards and Haime, 1849       |
|                             |                       | <i>S. lacera</i> Pallas, 1766                          |
| Poritidae                   | <i>Porites</i>        | <i>P. astreoides</i> Lamarck, 1816                     |
|                             |                       | <i>P. branneri</i>                                     |
|                             |                       | <i>P. colonensis</i>                                   |
|                             |                       | <i>P. divaricata</i> Lesueur                           |
|                             |                       | <i>P. furcata</i> Lamarck                              |
|                             |                       | <i>P. porites</i> (Pallas, 1766)                       |
|                             |                       | <i>M. decactis</i> (Lyman, 1859)                       |
| Seriatorporidae             | <i>Madracia</i>       | <i>M. mirabilis</i> (Duchassaing and Michelotti, 1860) |
|                             |                       | <i>S. radians</i> Pallas, 1766                         |
| Siderastreidae              | <i>Siderastrea</i>    | <i>S. siderea</i> (Ellis and Solander, 1786)           |
|                             |                       |  |
| <b>Hidrocorales pétreos</b> |                       |  |
| Milleporidae                | <i>Millepora</i>      | <i>M. alcicornis</i> Linnaeus, 1758                    |
|                             |                       | <i>M. complanata</i> Lamarck, 1816                     |



tura más baja (1.06%) a 23.63%) se registró en el Arrecife Frontal y los valores más altos (38.63%) se registraron en el Arrecife Posterior (Tabla 4).

El área arrecifal incluida en las regiones A a la E es típica del área del mar Caribe, tiene la mayor cobertura coralina en la zona del Arrecife Frontal donde existen formaciones de macizos y canales (Goreau y Goreau, 1973; Rützler y Macintyre, 1982; Gutiérrez *et al.*, 1993). Es común que no exista un desarrollo arrecifal notable, si existe un ambiente de alta severidad ambiental y un sustrato poco propicio para el establecimiento de una comunidad coralina. En las zonas someras hay varios procesos físicos que determinan la estructura comunitaria de los corales como son la energía del oleaje, exposiciones a baja mar, tormentas y huracanes, mezcla de agua dulce por lluvias y ríos, así como aporte de sedimentos (Huston, 1985). La mayoría de estas zonas se caracterizan por baja cobertura y densidad de tejido vivo, esto se debe a que son pocas las especies que pueden tolerar las condiciones adversas.

A nivel de zonas arrecifales y tomando como base la mayor cobertura de tejido vivo, en el Arrecife Posterior dominan las especies del género *Porites* y la especie *Acropora palmata*.

Estas especies tienen un tamaño de pólipo pequeño, lo que favorece altas tasas de reproducción y crecimiento (Dodge *et al.*, 1974). Además, presentan capacidad para colonizar sustrato libre, características por las cuales se les ha considerado como especies pioneras (Pichon, 1981); se encuentran en todas las zonas del arrecife, pero al no ser fuertes competidoras, sólo son abundantes donde la competencia específica no es muy intensa, es decir en medios inestables con altas perturbaciones físicas como en las zonas someras. En la Rompiente Arrecifal de todas las regiones dominan los hidrocorales pétreos del género *Millepora* y en las regiones F a J, también destaca *Acropora palmata*. En la Transición Barlovento las especies del género *Montastrea* son importantes constructores arrecifales por los grandes cabezos que llegan a formar.

A nivel de regiones, en las B, C y D la cobertura y densidad de *Siderastrea siderea* es importante. En las regiones I y E *Montastrea cavernosa* se presenta entre las más importantes, mientras que en las regiones F y H *Montastrea annularis* es la segunda en importancia. Ambas especies del género *Montastrea* se presentan generalmente en crecimientos masivos, ya sea en grandes colonias o pequeños cabezos. En algunos sitios donde el arrecife está bien desarrollado la

TABLA 4. NÚMERO DE ESPECIES (R), COBERTURA RELATIVA (C%) Y DIVERSIDAD (H') DE CORALES ESCLERACTINIOS POR REGIÓN Y SUBZONA ARRECIFAL.

| Regiones                |    | A  | B   | C   | D   | E   | F    | G    | H    | I   | J  |
|-------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|----|
| <b>Laguna Arrecifal</b> |    |    |     |     |     |     |      |      |      |     |    |
| Arrecife Posterior      | R  | 12 | 17  | 19  | 7   | 11  | 5    | 6    | 6    |     | 24 |
|                         | C% | 10 | 28  | 19  | 6.2 | 12  | 38   | 6.41 | 7.08 |     | 40 |
|                         | H' | 2  | 1.9 | 2.1 | 1.3 | 2.1 | 0.2  | 1.37 | 1.3  |     | 2  |
| <b>Cresta Arrecifal</b> |    |    |     |     |     |     |      |      |      |     |    |
| Rompiente Arrecifal     | R  | 9  |     | 16  | 4   | 10  | 4    | 8    | 10   |     | 21 |
|                         | C% | 21 |     | 25  | 23  | 10  | 28   | 11.8 | 9.4  |     | 27 |
|                         | H' | 1  |     | 2.2 | 1.2 | 1.6 | 1    | 1.39 | 1.9  |     | 2  |
| Transición Barlovento   | R  | 16 | 28  | 24  | 27  | 25  | 17   | 21   | 25   | 16  | 33 |
|                         | C% | 13 | 36  | 35  | 37  | 54  | 8.28 | 11.4 | 21.3 | 4.9 | 33 |
|                         | H' | 2  | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.1 | 2.3  | 2.51 | 2.5  | 3   |    |
| <b>Arrecife Frontal</b> |    |    |     |     |     |     |      |      |      |     |    |
| Interior                | R  | 23 | 25  | 33  | 35  | 21  | 22   | 16   | 12   | 16  | 32 |
|                         | C% | 14 | 21  | 30  | 46  | 26  | 16.2 | 7.2  | 12.3 | 14  | 19 |
|                         | H' | 2  | 2.6 | 2.7 | 2.4 | 1.9 | 2    | 2.1  | 2.3  | 2   | 3  |
| Exterior                | R  | 11 | 29  | 29  | 29  | 27  | 21   | 9    | 4    | 8   |    |
|                         | C% | 30 | 40  | 54  | 50  | 42  | 23.6 | 1.0  | 1.8  | 8   |    |
|                         | H' | 2  | 2.1 | 2.1 | 2   | 2.1 | 2.2  | 1.8  | 1.1  | 2   |    |



presencia de grandes colonias de *Acropora palmata* es característica, como en las regiones D, F y J (Tabla 5).

En las regiones A a la E, la diversidad fue mayor en la Transición Barlovento y disminuyó tanto en el Frontal

Exterior e Interior como en la Rompiente y Arrecife Posterior. Este patrón de diversidad implica que en el Frontal Exterior, aunque la cobertura coralina es alta, existe marcada dominancia de alguna(s) especie(s). La especie con mayor cobertura en el Arrecife Frontal fue *Montastrea annularis*, una

**TABLA 5.** LISTA DE ESPECIES DE CORALES ESCLERACTINIOS E HIDROCORALES Y ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA RELATIVA EN CADA REGIÓN CON BASE EN LA COBERTURA. DOMINANTE (D) = > 20%, ABUNDANTE (A) = 10-20%, COMUN (C) = 5-10%, ESCASA (E) = 1-5%, RARA (R) = < 1%.

| Especie                     | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>A. cervicornis</i>       | R | E | E | C | E | E | - | E | - | E |
| <i>A. palmata</i>           | E | E | E | E | R | D | R | E | E | D |
| <i>A. agaricites</i>        | C | C | C | C | A | A | C | A | C | C |
| <i>A. fragilis</i>          | R | R | R | R | R | R | E | - | - | R |
| <i>A. humilis</i>           | - | R | R | - | - | R | - | - | R | R |
| <i>A. lamarcki</i>          | R | R | - | R | - | - | R | - | - | - |
| <i>A. tenuifolia</i>        | E | C | E | E | R | - | R | E | - | E |
| <i>A. undata</i>            | - | R | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>H. cucullata</i>         | R | R | E | R | R | R | R | R | - | R |
| <i>S. michelini</i>         | E | R | R | R | E | R | E | E | R | R |
| <i>E. fastigiata</i>        | - | R | R | R | - | R | E | - | - | R |
| <i>C. amaranthus</i>        | - | - | R | - | R | - | - | - | - | - |
| <i>C. breviserialis</i>     | R | R | R | R | E | - | - | - | - | - |
| <i>C. natans</i>            | - | E | E | E | E | R | - | - | - | E |
| <i>D. clivosa</i>           | C | E | E | E | E | E | R | - | - | E |
| <i>D. labyrinthiformi</i>   | - | E | R | E | E | E | E | - | E | R |
| <i>D. strigosa</i>          | E | E | E | E | C | E | A | A | C | C |
| <i>M. areolata</i>          | R | - | - | R | - | R | R | R | E | R |
| <i>M. annularis</i>         | E | D | D | D | D | A | C | A | C | C |
| <i>M. cavernosa</i>         | D | C | E | E | C | A | C | A | D | C |
| <i>F. fragum</i>            | - | - | - | - | R | - | - | R | - | R |
| <i>S. buornoni</i>          | E | - | - | - | R | - | E | R | E | R |
| <i>S. hyades</i>            | - | - | - | R | R | - | E | E | R | - |
| <i>D. cylindrus</i>         | R | R | R | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>D. stokesii</i>          | E | E | E | R | R | E | E | E | E | E |
| <i>M. meandrites</i>        | E | E | E | E | E | E | E | E | C | E |
| <i>I. sinuosa</i>           | E | R | R | R | R | - | R | R | - | R |
| <i>I. rigida</i>            | R | R | R | R | R | - | R | R | - | R |
| <i>M. aliciae</i>           | - | R | R | R | R | - | - | - | - | R |
| <i>M. danaana</i>           | - | R | R | R | R | - | - | R | - | R |
| <i>M. ferox</i>             | R | R | R | R | R | - | R | - | - | - |
| <i>M. lamarckiana</i>       | R | R | E | E | R | R | - | - | - | R |
| <i>M. angulosa</i>          | - | - | R | R | - | R | - | R | R | R |
| <i>S. cubensis</i>          | - | - | R | - | - | - | - | R | - | R |
| <i>S. lacera</i>            | - | R | R | R | R | - | - | - | - | R |
| <i>P. astreoides</i>        | A | C | C | C | E | E | C | C | C | C |
| <i>P. branneri</i>          | - | - | R | - | R | - | - | - | R | R |
| <i>P. colonensis</i>        | - | - | - | - | - | - | R | - | - | - |
| <i>P. divaricata</i>        | - | E | R | - | R | R | R | C | - | R |
| <i>P. furcata</i>           | R | R | R | R | R | R | - | R | - | R |
| <i>P. porites</i>           | E | C | C | C | E | E | E | E | E | E |
| <i>M. decactis</i>          | R | R | R | R | - | R | - | - | R | R |
| <i>M. mirabilis</i>         | E | E | E | R | E | - | - | - | - | - |
| <i>S. radians</i>           | E | R | R | R | R | E | R | R | R | R |
| <i>S. siderea</i>           | E | C | E | E | E | R | E | C | C | C |
| <b>Hidrocorales pétreos</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>M. alcornis</i>          | R | E | R | E | R | E | D | C | A | E |
| <i>M. complanata</i>        | E | E | E | E | A | E | E | E | E | C |



especie poco frecuente en las zonas someras, excepto en algunos bajos donde forma grandes cabezos. En las regiones F a la J, la diversidad resultó mayor en la Transición Barlovento y Frontal Interior; siendo menor en el Arrecife Posterior (Tabla 4).

## GORGONÁCEOS

Los corales blandos o gorgonáceos tienen una gran importancia comercial y turística. Ciertos productos derivados de su metabolismo son bactericidas eficientes, producen prostaglandinas que funcionan como hormonas, son usados para ornato y otros son explotados en joyería; además en los arrecifes de la región del Caribe forman parte de la fauna

más conspicua y espectacular para los buceadores, por su colorido, forma y tamaño (Weinheimer y Spraggins, 1969; Kinzie, 1982; Grigg, 1977). Los gorgonáceos no son verdaderos constructores arrecifales, pero sus espículas constituyen una porción significativa de las arenas (Opresko, 1973). Sirven de refugio a otros organismos arrecifales como son peces, equinodermos y algunos moluscos que los usan como sustrato permanente o como fuente de alimento (Grigg, 1977).

En el área de estudio se registraron 41 especies de gorgonáceos pertenecientes a 12 géneros y 4 Familias (Tabla 6). En la mayoría de las regiones la riqueza de especies fue mayor

TABLA 6. LISTA DE ESPECIES DE CORALES GORGONÁCEOS.

| Familia       | Género                          | Especie  |
|---------------|---------------------------------|--|
| Anthothelidae | <i>Erythropodium</i>            | <i>E. caribaeorum</i> (Duchassaing and Michelotti) |
|               | <i>Iciliogorgia</i>             | <i>I. schrammi</i> Duchassaing                     |
| Briareidae    | <i>Briareum</i>                 | <i>B. asbestinum</i> (Pallas)                      |
| Plexauridae   | <i>Eunicea</i>                  | <i>E. calyculata</i> (Ellis and Solander)          |
|               |                                 | <i>E. fusca</i>                                    |
|               |                                 | <i>E. laciniata</i> (Pallas)                       |
|               |                                 | <i>E. laxispica</i>                                |
|               |                                 | <i>E. mammosa</i> Lamouroux                        |
|               |                                 | <i>E. palmeri</i>                                  |
|               |                                 | <i>E. succinea</i> (Lamarck)                       |
|               |                                 | <i>E. tourneforti</i>                              |
|               |                                 | <i>E. sp</i>                                       |
|               |                                 | <i>Muricea</i>                                     |
|               |                                 | <i>M. elongata</i>                                 |
|               |                                 | <i>M. laxa</i>                                     |
|               |                                 | <i>M. muricata</i>                                 |
|               |                                 | <i>M. flavida</i> (Lamarck)                        |
|               |                                 | <i>Plexaura</i>                                    |
|               |                                 | <i>P. A</i>  |
|               |                                 | <i>P. flexuosa</i> Lamouroux                       |
|               |                                 | <i>P. homomalla</i> (Esper)                        |
|               |                                 | <i>P. sp</i>                                       |
|               |                                 | <i>Plexaurella</i>                                 |
|               | <i>P. dichotoma</i> (Esper)     |  |
|               | <i>P. grandiflora</i>           |  |
|               | <i>P. grisea</i> Kunze          |  |
|               | <i>P. nutans</i>                |  |
|               | <i>Pseudoplexaura</i>           |  |
|               | <i>P. crucis</i>                |  |
|               | <i>P. flagellosa</i> (Houttuyn) |  |
|               | <i>P. porosa</i> (Houttuyn)     |  |
|               | <i>P. wagnaari</i> (Stiasny)    |  |
| Gorgoniidae   | <i>Gorgonia</i>                 | <i>G. flabellum</i>                                |
|               |                                 | <i>G. mariae</i> Bayer                             |
|               |                                 | <i>G. ventalina</i> Linnaeus                       |
|               | <i>Pseudoterogorgia</i>         | <i>P. acerosa</i>                                  |
|               |                                 | <i>P. americana</i> (Gmelin)                       |
|               |                                 | <i>P. bipinnata</i> (Verrill)                      |
|               |                                 | <i>P. elisabethae</i>                              |
|               |                                 | <i>P. hummelincki</i>                              |
|               |                                 | <i>P. rigida</i> (Bielschowsky)                    |
|               |                                 | <i>Pterogorgia</i>                                 |
|               | <i>P. anceps</i> (Pallas)       |  |
|               | <i>P. citrina</i> (Esper)       |  |
|               | <i>P. guadalupensis</i>         |  |



en el Arrecife Frontal y, en ocasiones, en la Transición Barlovento; disminuyendo en la Rompiente y Arrecife Posterior (Tabla 7).

De la región A a la F, la densidad más alta de gorgonáceos se encontró en la zona del Arrecife Frontal y la más baja en el Arrecife Posterior y Rompiente Arrecifal. En las regiones G y J el patrón fue distinto, la densidad fue más alta en la Rompiente y Arrecife Posterior y más baja en la Transición Barlovento y Frontal Exterior. En toda el área las especies más abundantes fueron *Pseudopterogorgia americana* y *Eunicea mammosa*, además de *Briareum asbestinum* (Tabla 8).

La diversidad siguió el mismo patrón que el de riqueza de especies, los valores fueron mayores en el Arrecife Frontal y en ocasiones en la Transición Barlovento, y disminuyeron en la Rompiente y Arrecife Posterior (Tabla 7).

Para los gorgonáceos la sedimentación, la energía del oleaje y la variedad de sustratos disponibles para la implantación de nuevas colonias juegan un papel muy importante en determinar la diversidad y abundancia de sus comunidades (Rees, 1972; Birkland, 1974). Es por esta razón que en general las zonas más profundas como el Arrecife Frontal, donde las condiciones ambientales son más estables y existe mayor heterogeneidad del sustrato, se refleja un mayor número de especies (Kinzie, 1982; Goldberg, 1973 y Opresko, 1973).

## MACROALGAS

Las macroalgas arrecifales son importantes en varios aspectos. Contribuyen en buena medida a la producción de los sedimentos que rellenan y cementan las oquedades entre las estructuras coralinas debido a que algunas especies depositan carbonato de calcio. Al ser productores primarios

TABLA 7. NÚMERO DE ESPECIES (R), DENSIDAD RELATIVA (D%) Y DIVERSIDAD (H') DE CORALES GORGONÁCEOS POR REGIÓN Y SUBZONA ARRECIFAL.

| Regiones                |    | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | J   |
|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Laguna Arrecifal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Arrecife Posterior      | R  | 13  | 16  | 11  | 5   | 9   | 7   | 24  |     |
|                         | D% | 2.5 | 3.6 | 1.5 | 0.9 | 3.9 | 1.4 | 3.8 |     |
|                         | H' | 2   | 2   | 1.4 | 1.1 | 1.7 | 1.4 | 2.2 |     |
| <b>Cresta Arrecifal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Rompiente Arrecifal     | R  | 11  |     | 9   | 1   | 10  | 5   | 6   | 20  |
|                         | D% | 5.9 |     | 2.1 | 0.8 | 2.8 | 1.1 | 3.7 | 3.3 |
|                         | H' | 2.1 |     | 1.4 | -   | 1.5 | 1.1 | 1.3 | 2.3 |
| Transición Barlovento   | R  | 23  | 34  | 28  | 21  | 26  | 27  | 14  | 32  |
|                         | D% | 4.8 | 5.7 | 4.5 | 3.6 | 5   | 2.7 | 3.4 | 1.1 |
|                         | H' | 2.4 | 2.8 | 2.7 | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 1.2 | 2.8 |
| <b>Arrecife Frontal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Interior                | R  | 21  | 31  | 30  | 23  | 26  | 32  | 19  | 34  |
|                         | D% | 4.7 | 4.5 | 5.5 | 5.2 | 4.4 | 2   | 1.6 | 1.6 |
|                         | H' | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 2.4 | 2.5 | 3   | 2.7 | 2.7 |
| Exterior                | R  | 18  | 30  | 29  | 24  | 23  | 30  | 13  |     |
|                         | D% | 5.1 | 5.1 | 4.1 | 2.9 | 4   | 2.1 | 0.9 |     |
|                         | H' | 2.6 | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 2.4 | 2.8 | 2.2 |     |



**TABLA 8.** LISTA DE ESPECIES DE CORALES GORGONÁCEOS Y ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA RELATIVA EN CADA REGIÓN CON BASE EN LA DENSIDAD. DOMINANTE (D) = > 20%, ABUNDANTE (A) = 10-20%, COMUN (C) = 5-10%, ESCASA (E) = 1-5%, RARA (R) = < 1%.

| Especie                 | Regiones |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
|                         | A        | B | C | D | E | F | G | J |
| <i>E. caribaeorum</i>   |          | R | R | E | E |   |   | R |
| <i>I. schrammi</i>      |          | R |   |   |   |   |   |   |
| <i>B. asbestinum</i>    | E        | A | A | A | A | C |   | E |
| <i>E. calyculata</i>    | E        | E | E | E | E | E | E | E |
| <i>E. fusca</i>         | R        | E | E | R | R | E | E | E |
| <i>E. laciniata</i>     |          |   | R |   |   |   |   |   |
| <i>E. laxispica</i>     | C        | E | E | E | E | R |   | E |
| <i>E. mammosa</i>       | C        | A | C | E | A | A | A | E |
| <i>E. palmeri</i>       | R        | R | E | E | E | R | R | R |
| <i>E. succinea</i>      | E        | E | E | E | E | E | E | E |
| <i>E. tourneforti</i>   | E        | E | E | E | E | R | R | E |
| <i>E.sp</i>             | R        | R | R |   |   |   |   |   |
| <i>M. atlantica</i>     |          | R |   |   |   | R |   | R |
| <i>M. elongata</i>      | E        |   | R |   | R |   |   | R |
| <i>M. laxa</i>          | E        | R |   | R | R | R |   | R |
| <i>M. muricata</i>      | C        | E | R |   | R | E | R | E |
| <i>M. flavida</i>       | R        | E | E | E | E | E | R | E |
| <i>P. "A"</i>           | R        | R | R |   |   | R |   | R |
| <i>P. flexuosa</i>      | C        | C | C | A | A | E | R | C |
| <i>P. homomalla</i>     | E        | C | E | E | C | E | E | E |
| <i>P. sp</i>            |          | R | R |   |   |   |   |   |
| <i>P. dichotoma</i>     | E        | E | R | E | R | E | R | R |
| <i>P. grandiflora</i>   |          | R | R | R | R | E | E | R |
| <i>P. grisea</i>        | R        | E | E | R | R | C | E | R |
| <i>P. nutans</i>        | E        | R | R |   | R | R |   | R |
| <i>P. crucis</i>        | R        | R | E | R | R | C | E |   |
| <i>P. flagellosa</i>    |          | R |   |   | R | R |   | R |
| <i>P. porosa</i>        | E        | C | E | R | E | E | E | E |
| <i>P. wagnaari</i>      |          | R | R |   |   |   |   | R |
| <i>G. flavellum</i>     | C        | E | C | A | A | E | E | A |
| <i>G. mariae</i>        | R        | E | E | R | R | E | R | E |
| <i>G. ventalina</i>     | C        | E | E | E | E | E | C | C |
| <i>P. acerosa</i>       | E        | E | C | A | C | C | C | R |
| <i>P. americana</i>     | D        | A | A | A | C | D | D | D |
| <i>P. bipinnata</i>     | R        | E | E | R | R | E | C | E |
| <i>P. elisabethae</i>   |          | E | E |   |   | R |   | E |
| <i>P. hummelincki</i>   |          |   |   |   |   |   |   | E |
| <i>P. rigida</i>        | E        | E | E | E | E | E | E | E |
| <i>P. anceps</i>        |          |   | R |   |   | R | E | R |
| <i>P. citrina</i>       | R        | R | R |   | R | E | E | E |
| <i>P. guadalupensis</i> | R        | R | R |   |   | R | E |   |



forman parte de la base de la cadena trófica oceánica y además sirven como refugio y alimento a muchos organismos marinos como moluscos, crustáceos, erizos y peces, entre otros. Los registros de macroalgas se realizaron en las regiones de la A a la E y en la J. Se registraron 72 especies de macroalgas

pertenecientes a las Divisiones Chlorophyta (algas verdes), Phaeophyta (algas cafés) y Rhodophyta (algas rojas) (Tabla 9). En general, la riqueza específica fue baja en las zonas profundas como el Arrecife Frontal y se incrementó hacia las zonas someras (Tabla 10).

TABLA 9. LISTA DE ESPECIES DE MACROALGAS.

| División    | Orden           | Familia       | Género               | Especie   |   |
|-------------|-----------------|---------------|----------------------|---|---|
| Chlorophyta | Cladophorales   | Anadymonaceae | <i>Anadyomene</i>    | <i>A. saldanhae</i> (Joly and Oliveira)         |   |
|             |                 | Caulerpales   | Bryopsidaceae        | <i>Derbesia</i>                                 | <i>D. sp.</i>                                   |
|             |                 | Caulerpales   | Caulerpáceae         | <i>Caulerpa</i>                                 | <i>C. cupressoides</i> (West in Vahl) C. Agardh |
|             |                 |               | Udoteaceae           | <i>Rhipillia</i>                                | <i>R. tomentosa</i> Kuetzing                    |
|             |                 |               |                      | <i>Cladocephalus</i>                            | <i>C. luteofuscus</i> (P. and H. Crouan)        |
|             |                 |               | Ulvaceae             | <i>Ulva</i>                                     | <i>U. fasciata</i> Delile                       |
|             |                 |               | Halimedaceae         | <i>Avrainvillea</i>                             | <i>A. asarifolia</i> Boergesen                  |
|             |                 |               |                      | <i>Halimeda</i>                                 | <i>H. copiosa</i> Goreau and Graham             |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. discoidea</i> Decaisne                    |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. goreau</i> W. Taylo                       |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. incrassata</i> (Ellis) Lamouroux          |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. lacrimosa</i> Howe                        |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. monile</i> (Ellis and Solander) Lamouroux |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux          |
|             |                 |               |                      |   | <i>H. tuna</i> (Ellis and Solander) Lamouroux   |
|             |                 |               |                      | <i>Penicillus</i>                               | <i>P. capitatus</i> Lamarck                     |
|             |                 |               |                      |   | <i>P. dumetosus</i> (Lamouroux) Blainvill       |
|             |                 |               |                      |   | <i>P. pyriformis</i> A. and E.S. Gepp           |
|             |                 |               |                      | <i>Rhipocephalus</i>                            | <i>R. phoenix</i> A. and E.S. Gepp              |
|             |                 |               |                      | <i>Udotea</i>                                   | <i>U. cyathiformis</i> Decaisne                 |
|             |                 | Dasycladales  | Dasycladaceae        | <i>Dasycladus</i>                               | <i>D. vermicularis</i> (Scopoli) Krasser        |
|             |                 |               |                      | <i>Neomeris</i>                                 | <i>N. annulata</i> Dickie                       |
|             |                 |               | Polyphysaceae        | <i>Acetabularia</i>                             | <i>A. crenulata</i> Lamouroux                   |
|             | Siphonocladales | Valoniaceae   | <i>Dictyosphaeri</i> | <i>D. cavernosa</i> (Forsskal) Boergesen        |   |
|             |                 |               | <i>Valonia</i>       | <i>V. macrophysa</i> Kuetzing                   |   |
|             |                 |               | <i>Ventricaria</i>   | <i>V. ventricosa</i> (J. Agardh) Olsen and West |   |
| Phaeophyta  | Dictyotales     | Dictyotaceae  | <i>Dictyopteris</i>  | <i>D. deliculata</i> Lamouroux                  |   |
|             |                 |               | <i>Dictyota</i>      | <i>D. bartayresii</i> Lamouroux                 |   |
|             |                 |               |                      |   | <i>D. cervicornis</i> Kuetzing                  |
|             |                 |               |                      |   | <i>D. dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux          |
|             |                 |               |                      |   | <i>D. divaricata</i> Lamouroux                  |
|             |                 |               |                      | <i>Lobophora</i>                                | <i>L. variegata</i> (Lamouroux) Womersley       |
|             |                 |               |                      | <i>Padina</i>                                   | <i>P. padina</i>                                |
|             |                 |               |                      |   | <i>P. sp.</i>                                   |
|             |                 |               |                      | <i>Stypopodium</i>                              | <i>S. zonale</i> (Lamouroux) Papenfuss          |
|             |                 |               |                      | <i>Sargassum</i>                                | <i>S. fluitans</i> Boergesen                    |
|             |                 |               | Fucaceae             | <i>Sargassaceae</i>                             | <i>S. hystrix</i> J. Agardh                     |
|             |                 |               |                      |   | <i>S. natans</i> (Linnaeus) Gaillon             |
|             |                 |               |                      |   | <i>S. polyceratium</i> Montagne                 |
|             |                 |               |                      |   | <i>S. platycarpum</i> Montagne                  |
|             |                 |               |                      |   | <i>S. fluitans</i> Boergesen                    |
|             |                 |               | Cystoseiraceae       | <i>Turbinaria</i>                               | <i>T. turbinata</i> (Linnaeus) Kuntze           |
|             |                 |               |                      | <i>T. tricostrata</i> Barton                    |   |
| Rhodophyta  | Corallinales    | Corallinaceae | <i>Hydrolithon</i>   | <i>H. boergesii</i> (Foslie) Foslei             |   |
|             |                 |               | <i>Mesophyllum</i>   | <i>M. mesomorphum</i> (Foslei) Adey             |   |
|             |                 |               | <i>Amphiroa</i>      | <i>A. fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux     |   |



CONTINUACIÓN TABLA 9.

| División | Orden            | Familia             | Género              | Especie  |
|----------|------------------|---------------------|---------------------|--|
|          |                  |                     |                     | <i>A. rigida</i> Boergesen                         |
|          |                  |                     |                     | <i>A. tribulus</i> (Ellis and Solander) Lamouroux  |
|          |                  |                     | <i>Jania</i>        | <i>J. adherens</i> Lamouroux                       |
|          | Cryptonemiales   | Squamariaceae       | <i>Peyssonnelia</i> | <i>P. sp.</i>                                      |
|          |                  | Rhizophyllidaceae   | <i>Ochtodes</i>     | <i>O. secundiramea</i> (Montagne) Howe             |
|          |                  | Grateloupiaceae     | <i>Halymenia</i>    | <i>H. duchassaingii</i> (J. Agardh) Kylin          |
|          | Bonnemaisoniales | Bonnemaisoniaceae   | <i>Asparagopsis</i> | <i>A. taxiformis</i> (Delile) Trevisan             |
|          | Ceramiales       | Ceramiaceae         | <i>Ceramium</i>     | <i>C. nitens</i> (C. Agardh) J. Agardh             |
|          |                  |                     | <i>Spyridia</i>     | <i>S. sp.</i>                                      |
|          |                  |                     | <i>Wrangelia</i>    | <i>W. argus</i> (Montagne) Montagne                |
|          |                  | Delesseriaceae      | <i>Martensia</i>    | <i>M. pavonia</i> (J. Agardh) J. Agardh            |
|          |                  | Rhodomelaceae       | <i>Acantophora</i>  | <i>A. spicifera</i> (Vahl) Boergesen               |
|          |                  |                     | <i>Bostrychia</i>   | <i>B. sp.</i>                                      |
|          |                  |                     | <i>Bryothenium</i>  | <i>B. triquetrum</i> (S.G. Gmelin) Howe            |
|          |                  |                     | <i>Chondria</i>     | <i>C. littoralis</i> Harvey                        |
|          |                  |                     | <i>Laurencia</i>    | <i>L. obtusa</i> (Hudson) Lamouroux                |
|          |                  |                     |                     | <i>L. intricata</i> Lamouroux                      |
|          |                  |                     |                     | <i>L. papillosa</i> (C. Agardh) Greville           |
|          |                  |                     |                     | <i>L. poitei</i> (Lamouroux) Howe                  |
|          | Nemaliales       | Helminthocladiaceae | <i>Liagora</i>      | <i>L. mucosa</i> Howe                              |
|          |                  |                     |                     | <i>L. pinnata</i> Harvey                           |
|          |                  | Chaetangiaceae      | <i>Galaxaura</i>    | <i>G. oblongata</i> (Ellis and Solander) Lamouroux |
|          |                  |                     |                     | <i>G. marginata</i> (Ellis and Solander) Lamouroux |
|          |                  |                     |                     | <i>G. subverticillata</i> Kiellman                 |
|          | Rhodymeniales    | Chamiaceae          | <i>Coelothrix</i>   | <i>C. irregularis</i> (Harvey) Boergesen           |
|          | Gigartinales     | Hypneaceae          | <i>Hypnea</i>       | <i>H. cervicornis</i> J. Agardh                    |

TABLA 10. NÚMERO DE ESPECIES (R), COBERTURA RELATIVA (D%) Y DIVERSIDAD (H') DE ALGAS POR REGIÓN Y SUBZONA ARRECIFAL.

| Regiones                |    | A  | B    | C    | D    | E    | J    |
|-------------------------|----|----|------|------|------|------|------|
| <b>Laguna Arrecifal</b> |    |    |      |      |      |      |      |
| Arrecife Posterior      | R  | 21 | 38   | 23   | 8    | 17   | 35   |
|                         | C% | 26 | 33   | 27.7 | 29.3 | 27.5 | 46.6 |
|                         | H' |    |      |      |      | 2.33 | 2.79 |
| <b>Cresta Arrecifal</b> |    |    |      |      |      |      |      |
| Rompierte Arrecifal     | R  | 12 |      | 25   | 9    | 17   | 31   |
|                         | C% | 31 |      | 46.7 | 31.3 | 25.6 | 57.1 |
|                         | H' |    |      |      |      | 2.59 | 2.76 |
| Transición Barlovento   | R  | 26 | 28   | 25   | 26   | 20   | 36   |
|                         | C% | 30 | 36.6 | 31.7 | 35.8 | 24.8 | 53.5 |
|                         | H' |    |      |      |      | 2.67 | 2.77 |
| <b>Arrecife Frontal</b> |    |    |      |      |      |      |      |
| Interior                | R  | 19 | 27   | 28   | 28   | 15   | 26   |
|                         | C% | 17 | 26.9 | 36.1 | 56.6 | 32.1 | 52.3 |
|                         | H' |    |      |      |      | 2.33 | 2.55 |
| Exterior                | R  | 10 | 25   | 24   | 17   | 20   |      |
|                         | C% | 29 | 36   | 42.7 | 43.4 | 32.3 |      |
|                         | H' |    |      |      |      | 2.43 |      |



La cobertura algal por zona arrecifal muestra una amplia fluctuación que oscila entre 16.9 y 46.7%, aunque en las regiones C, D y J se registraron valores mayores al 57%. (Tabla 10).

La cobertura de cada una de las Divisiones es similar a la que se ha descrito para otros sitios por Littler *et al.* (1989) y por Gutiérrez *et al.* (1993). Las algas verdes, representadas por los géneros *Halimeda* y *Caulerpa*, ocupan principalmente las zonas someras, donde la luz no es un factor limitante

para su asentamiento. Las algas cafés, representadas principalmente por los géneros *Dictyota* y *Sargassum*, se distribuyen con más abundancia hacia las zonas profundas del arrecife (Arrecife Frontal y Transición Barlovento) y las algas rojas, como las especies del género *Amphiroa*, se encuentran a cualquier profundidad aunque su cobertura es mayor hacia las zonas someras con sustrato duro y alta energía del oleaje. Las especies del género *Amphiroa* son importantes como constructores arrecifales dada la gran cantidad de carbonato de calcio que almacenan (Tabla 11).

**TABLA 11.** LISTA DE ESPECIES DE MACROALGAS Y ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA RELATIVA EN CADA REGIÓN CON BASE EN SU COBERTURA. DOMINANTE (D) = > 20%, ABUNDANTE (A) = 10-20%, COMÚN (C) = 5-10%, ESCASA (E) = 1-5%, RARA (R) = < 1%. \* = PRESENTE

| Especie                | Regiones |   |   |   |   |   |
|------------------------|----------|---|---|---|---|---|
|                        | A        | B | C | D | E | J |
| <i>A. saldanhae</i>    |          |   |   |   |   |   |
| <i>C. cupressoides</i> | E        | E | E | R |   | E |
| <i>C. paspaloides</i>  |          | E |   |   |   |   |
| <i>C. racemosa</i>     | E        | E | E | R | E | E |
| <i>C. verticillata</i> | E        | C | C | C | C | C |
| <i>D. vermicularis</i> | R        | R | * |   |   | R |
| <i>N. annulata</i>     | E        | E | E | R | E | R |
| <i>A. crenulata</i>    | R        | R |   |   | R |   |
| <i>D. cavernosa</i>    | E        | R | R | R | R | R |
| <i>V. macrophysa</i>   |          |   |   |   |   | R |
| <i>V. ventricosa</i>   | E        | * | R | R |   |   |
| <i>D. sp.</i>          | R        | R | E |   |   |   |
| <i>R. tomentosa</i>    |          | R | R | R | R | R |
| <i>U. fasciata</i>     |          | * | R |   |   |   |
| <i>A. asarifolia</i>   | R        | E | R | E | E |   |
| <i>H. copiosa</i>      | E        | R | R | R | R |   |
| <i>H. discoidea</i>    | C        | E | E | E | E | E |
| <i>H. goreau</i>       | C        | E | C | C | C | C |
| <i>H. incrassata</i>   | E        | R | C | E | C | E |
| <i>H. lacrimosa</i>    |          | R |   |   | R |   |
| <i>H. monile</i>       | R        | R |   |   | R |   |
| <i>H. opuntia</i>      | C        | E | E | E | E | E |
| <i>H. tuna</i>         | A        | A | C | A | E | A |
| <i>P. capitatus</i>    | R        | R | R | R | E |   |
| <i>P. dumetosus</i>    |          | R | R | R |   | R |
| <i>P. pyriformis</i>   | R        | R | R | R |   |   |
| <i>R. phoenix</i>      |          | E | R | R | C | E |
| <i>U. cyathiformis</i> | E        | R | R | R | E | R |
| <i>U. flabellum</i>    | R        | E | E | E |   |   |
| <i>U. occidentalis</i> |          |   | R | R |   | R |
| <i>U. wilsonii</i>     |          | * | R | R | R |   |
| <i>C. luteofuscus</i>  |          | E |   |   |   | R |
| <i>D. deliculata</i>   | E        | A |   |   |   |   |
| <i>D. bartayresii</i>  | E        | R | E | E | E | A |
| <i>D. cervicornis</i>  |          | E | C | A | C | E |
| <i>D. dichotoma</i>    |          |   | E | E |   |   |
| <i>D. divaricata</i>   | A        | E | R | E | C | E |
| <i>L. variegata</i>    | E        | C | A | A | A | E |
| <i>P. padina</i>       |          |   |   |   |   | R |



CONTINUACIÓN TABLA 11

| Especie                   | Regiones |   |   |   |   |   |
|---------------------------|----------|---|---|---|---|---|
|                           | A        | B | C | D | E | J |
| <i>P. sp.</i>             |          | R | R | R | R |   |
| <i>S. zonale</i>          | E        | E | E | R | E | E |
| <i>S. fluitans</i>        | R        | * |   |   |   |   |
| <i>S. hystrix</i>         | E        | E | E | E | R | E |
| <i>S. natans</i>          | R        | R | R |   |   |   |
| <i>S. polyceratium</i>    |          |   |   |   |   | E |
| <i>S. platycarpum</i>     |          |   |   |   |   | R |
| <i>S. fluitans</i>        |          |   |   |   |   | R |
| <i>T. turbinata</i>       | C        | R | R |   |   | C |
| <i>T. tricostata</i>      |          |   |   |   |   | R |
| <i>H. boergesenii</i>     | R        | R |   | R |   |   |
| <i>M. mesomorphum</i>     |          |   |   |   | E |   |
| <i>P. sp.</i>             |          |   |   |   |   | E |
| <i>O. secundiramea</i>    |          | R |   |   |   | R |
| <i>A. taxiformis</i>      |          | R |   |   |   |   |
| <i>A. fragilissima</i>    | R        | E | R | E |   | E |
| <i>A. rigida</i>          | C        | C | C | C | E | E |
| <i>A. tribulus</i>        | R        | R | R |   |   | R |
| <i>J. adherens</i>        | R        | R | R |   |   | E |
| <i>C. nitens</i>          |          |   |   | R |   | R |
| <i>S. sp.</i>             |          |   | R |   |   |   |
| <i>W. argus</i>           | R        |   |   |   |   | R |
| <i>M. pavonia</i>         |          |   |   |   |   | E |
| <i>A. spicifera</i>       |          |   | R |   |   | C |
| <i>B. sp.</i>             |          |   |   |   |   | R |
| <i>B. triquetrum</i>      |          |   |   |   |   | E |
| <i>C. littoralis</i>      |          |   | * |   |   |   |
| <i>L. obtusa</i>          |          |   | E | R | E | R |
| <i>L. intricata</i>       |          |   | R |   |   | R |
| <i>L. papillosa</i>       | R        | E | R |   |   |   |
| <i>L. poitei</i>          | C        | C | E | E | E | E |
| <i>H. duchassaingii</i>   |          |   |   | R |   |   |
| <i>L. mucosa</i>          |          | R |   |   | R | R |
| <i>L. pinnata</i>         |          | R |   |   |   |   |
| <i>G. oblongata</i>       | E        | E | R | R | R | E |
| <i>G. marginata</i>       |          |   |   |   |   | R |
| <i>G. subverticillata</i> |          |   |   |   |   | E |
| <i>C. irregularis</i>     |          | E | E | R | R | E |
| <i>H. cervicornis</i>     |          | R |   |   |   | R |

En cuanto a diversidad, los valores máximos se pudieron encontrar tanto en las zonas profundas como en las someras y lo mismo ocurrió con los valores mínimos de diversidad. Esto refleja que las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea y que pocas especies pueden considerarse como dominantes en algunas zonas del arrecife (Tabla 10).

El hecho de que la diversidad no muestre un patrón definido, y que la cobertura no se relacione ni con la profundidad, ni con la subzona arrecifal a la que pertenece, se puede deber a que la heterogeneidad ambiental dentro de una misma zona es muy grande. La estructura comunitaria de este grupo depende de varios factores tanto bióticos como abióticos, co-

mo son las perturbaciones ambientales (tormentas y huracanes), la intensidad luminosa, composición del sustrato, los sedimentos, la herbivoría y la competencia por sustrato que se genera con otros organismos como los corales o las esponjas (Jackson, 1977; Hay, 1985; Berner, 1990) por lo que es difícil establecer una generalización sobre la zonación de las algas en un arrecife. Aunque al analizar los resultados a nivel de División se muestran ciertos patrones.

La descripción de estas comunidades permite —además de generar un inventario de biodiversidad— tratar de establecer hipótesis de trabajo sobre las posibles causas y consecuencias que determinan la estructura comunitaria de algas en el arrecife.



## PECES

La fauna de vertebrados marinos más diversa, de mayor belleza y complejidad la constituyen los peces arrecifales. ¿Qué procesos ecológicos son responsables de mantener esta alta diversidad? Es una pregunta que ha generado controversia; la hipótesis de la heterogeneidad ambiental es una de las más aceptadas (Gatz, 1979). No obstante, otros autores sugieren que las características de estas comunidades son moldeadas por factores poco conocidos, por lo que la extrapolación de estudios muy localizados a zonas más extensas no es adecuado (Alevizon *et al.*, 1985).

Es importante enfatizar que el método utilizado en este estudio subestima la abundancia de especies nocturnas y crípticas (Brock, 1982; Sale y Sharp, 1983), pero de cualquier modo se reconoce que sus ventajas rebasan por mucho sus limitantes (Brock, 1982; Sale y Sharp, 1983; Alevizon *et al.*, 1985).

Se registraron un total de 164 especies de peces arrecifales pertenecientes a 43 familias (Tabla 12). En todas las regiones, exceptuando la A, B, I y J, los valores de riqueza de especies fueron mayores en las áreas profundas —Arrecife Frontal y Transición Barlovento— que en las áreas someras —Arrecife Posterior y Rompiente (Tabla 13).

TABLA 12. LISTA DE ESPECIES DE PECES ARRECIFALES.

| Familia        | Género                | Especie  |
|----------------|-----------------------|--|
| Acanthuridae   | <i>Acanthurus</i>     | <i>A. bahianus</i> Castelnau, 1855<br><i>A. chirurgus</i> (Bloch, 1787)<br><i>A. coeruleus</i> Bloch y Schneider, 1801   |
| Apogonidae     | <i>Apogon</i>         | <i>A. binotatus</i> (Poey, 1867)<br><i>A. maculatus</i> (Poey, 1860)<br><i>A. quadrisquamatus</i> Longley<br><i>A. sp.</i><br><i>A. townsendi</i> (Breder)   |
| Aulostomidae   | <i>Aulostomus</i>     | <i>A. maculatus</i> (Poey)   |
| Balistidae     | <i>Balistes</i>       | <i>B. vetula</i> Linnaeus, 1758  |
|                | <i>Canthidermis</i>   | <i>C. sufflamen</i> (Mitchill, 1815)   |
|                | <i>Melichtys</i>      | <i>M. niger</i> (Bloch, 1786)  |
|                | <i>Xanthichthys</i>   | <i>X. ringens</i> (Linnaeus, 1758)   |
| Bleniidae      | <i>Ophioblennius</i>  | <i>O. atlanticus</i> (Valenciennes, 1836)  |
| Bothidae       | <i>Bothus</i>         | <i>B. ocellatus</i> (Agassiz, 1831)  |
|                | <i>Paralichthys</i>   | <i>P. albigutta</i> Jordan and Gilbert   |
| Carangidae     | <i>Caranx</i>         | <i>C. latus</i> Agassiz, 1829<br><i>C. ruber</i> (Bloch, 1793)   |
| Chaetodontidae | <i>Chaetodon</i>      | <i>C. aculeatus</i> (Poey, 1860)<br><i>C. capistratus</i> Linnaeus, 1758<br><i>C. ocellatus</i> Bloch, 1787<br><i>C. striatus</i> Linnaeus, 1758   |
| Cirrhitidae    | <i>Amblycirrhitus</i> | <i>A. pinos</i> (Mowbray, 1927)  |
| Clinidae       | <i>Malacocentrus</i>  | <i>M. triangulatus</i> Springer<br><i>M. boehlkei</i> Springer<br><i>M. macropus</i> (Poey, 1868)  |
| Diodontidae    | <i>Diodon</i>         | <i>D. holacanthus</i> Linnaeus, 1758<br><i>D. hystrix</i> Linnaeus, 1758   |
| Ephippidae     | <i>Chaetodipterus</i> | <i>C. faber</i> (Broussonet, 1782)   |
| Gerridae       | <i>Gerres</i>         | <i>G. cinereus</i> (Walbaum, 1792)   |
| Gobiidae       | <i>Coryphopterus</i>  | <i>C. dicrus</i> Bohlke and Robins<br><i>C. hyalinus</i> Bohlke and Robins<br><i>C. personatus</i> (Jordan and Thompson)<br><i>G. thompsoni</i> Jordan<br><i>G. dilepsis</i> (Robins and Bohlke)<br><i>G. evelynae</i> Bohlke and Robins<br><i>G. genie</i> (Bohlke and Robins)<br><i>G. illecebrosus</i><br><i>G. prochilos</i><br><i>G. randalli</i> |
|                | <i>Gnatholepis</i>    |  |
|                | <i>Gobiosoma</i>      |  |
|                |                       |  |
|                |                       |  |
|                | <i>Microgobius</i>    | <i>M. microlepis</i> Longley and Hildebrand  |
| Grammidae      | <i>Gramma</i>         | <i>G. loreto</i> Poey, 1868  |



CONTINUACIÓN TABLA 12

| Familia         | Género                | Especie   |
|-----------------|-----------------------|---|
| Grammistidae    | <i>Rypticus</i>       | <i>R. saponaceus</i> (Bloch y Schneider, 1801)    |
| Holocentridae   | <i>Holocentrus</i>    | <i>H. adscensionis</i> (Osbeck, 1765)             |
|                 |                       | <i>H. bullisi</i> (Woods)                         |
|                 |                       | <i>H. marianus</i> (Cuvier, 1829)                 |
|                 |                       | <i>H. rufus</i> (Walbaum, 1792)                   |
|                 |                       | <i>H. coruscum</i> (Poey, 1860)                   |
|                 |                       | <i>H. vexillarius</i> (Poey, 1860)                |
|                 | <i>Myripristis</i>    | <i>M. jacobus</i> Cuvier                          |
| Inermiidae      | <i>Inermia</i>        | <i>I. vittata</i> Poey, 1860                      |
| Kyphosidae      | <i>Kyphosus</i>       | <i>K. sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)              |
| Labridae        | <i>Bodianus</i>       | <i>B. rufus</i> (Linnaeus, 1758)                  |
|                 | <i>Clepticus</i>      | <i>C. parrai</i> (Bloch y Schneider, 1801)        |
|                 | <i>Halichoeres</i>    | <i>H. cyanocephalus</i> (Bloch, 1791)             |
|                 |                       | <i>H. bivittatus</i> (Bloch, 1791)                |
|                 |                       | <i>H. garnoti</i> (Valenciennes, 1839)            |
|                 |                       | <i>H. maculipinna</i> * (Muller y Troschel, 1848) |
|                 |                       | <i>H. pictus</i> (Poey, 1860)                     |
|                 |                       | <i>H. poeyi</i> (Steindachner, 1867)              |
|                 |                       | <i>H. radiatus</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                 | <i>Lachnolaimus</i>   | <i>L. maximus</i> (Walbaum, 1792)                 |
|                 | <i>Thalassoma</i>     | <i>T. bifasciatum</i> (Bloch, 1791)               |
|                 | <i>Hemipteronotus</i> | <i>H. splendens</i> (Castelnau, 1855)             |
|                 |                       | <i>H. martinicensis</i> (Valenciennes, 1839)      |
| Lutjanidae      | <i>Lutjanus</i>       | <i>L. analis</i> (Cuvier, 1828)                   |
|                 |                       | <i>L. apodus</i> (Walbaum, 1792)                  |
|                 |                       | <i>L. griseus</i> (Linnaeus, 1758)                |
|                 |                       | <i>L. joco</i> (Bloch y Schneider, 1801)          |
|                 |                       | <i>L. mahogoni</i> (Cuvier, 1828)                 |
|                 |                       | <i>L. synagris</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                 | <i>Ocyurus</i>        | <i>O. chrysurus</i> (Bloch, 1791)                 |
| Malacanthidae   | <i>Malacanthus</i>    | <i>M. plumieri</i> (Bloch, 1787)                  |
| Monacanthidae   | <i>Cantherhines</i>   | <i>C. macroceros</i> (Hollard, 1854)              |
|                 |                       | <i>C. pullus</i> (Ranzani, 1842)                  |
|                 | <i>Monacanthus</i>    | <i>M. tuckeri</i> Bean, 1906                      |
| Mullidae        | <i>Pseudopeneus</i>   | <i>P. maculatus</i> (Bloch, 1793)                 |
|                 | <i>Mulloidichthys</i> | <i>M. martinicus</i> (Cuvier, 1829)               |
| Muraenidae      | <i>Gymnothorax</i>    | <i>G. funebris</i> Ranzani, 1840                  |
|                 |                       | <i>G. moringa</i> (Cuvier, 1829)                  |
|                 | <i>Muraena</i>        | <i>M. miliaris</i> (Kaup, 1856)                   |
| Myliobatidae    | <i>Aetobatus</i>      | <i>A. narinari</i> (Euphrasen, 1790)              |
| Opistognathidae | <i>Opistognathus</i>  | <i>O. macrognathus</i> Poey, 1860                 |
| Ostraciidae     | <i>Lactophrys</i>     | <i>L. bicaudalis</i> (Linnaeus, 1758)             |
|                 |                       | <i>L. triqueter</i> (Linnaeus, 1758)              |
|                 |                       | <i>L. quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)           |
|                 |                       | <i>L. polygonius</i> (Poey, 1876)                 |
| Pempheridae     | <i>Pempheris</i>      | <i>P. schomburgki</i> Muller y Troschel, 1848     |
| Pomacanthidae   | <i>Centropyge</i>     | <i>C. argi</i> Woods and Kanazawa, 1951           |
|                 | <i>Holacanthus</i>    | <i>H. bermudensis</i> Jordan and Rutter           |
|                 |                       | <i>H. ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                 |                       | <i>H. tricolor</i> (Bloch, 1795)                  |
|                 | <i>Pomacanthus</i>    | <i>P. arcuatus</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                 |                       | <i>P. paru</i> (Bloch, 1787)                      |
| Pomacentridae   | <i>Abudefduf</i>      | <i>A. saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)              |
|                 | <i>Chromis</i>        | <i>C. cyanea</i> (Poey, 1860)                     |
|                 |                       | <i>C. enchrysurus</i>                             |
|                 |                       | <i>C. insolata</i> (Cuvier, 1830)                 |
|                 |                       | <i>C. multilineata</i> (Guichenot, 1853)          |
|                 |                       | <i>C. scotti</i>                                  |
|                 | <i>Microspathodon</i> | <i>M. chrysurus</i> (Cuvier, 1830)                |
|                 | <i>Stegastes</i>      | <i>S. bicolor</i> (Poey, 1868)                    |



CONTINUACIÓN TABLA 12

| Familia        | Género              | Especie   |
|----------------|---------------------|---|
|                |                     | <i>S. dienciaeus</i>                              |
|                |                     | <i>S. dorsopunicans</i> (Cuvier, 1830)            |
|                |                     | <i>S. leucosticus</i> (Muller and Troschel, 1848) |
|                |                     | <i>S. partitus</i> (Poey, 1868)                   |
|                |                     | <i>S. planifrons</i> (Cuvier, 1830)               |
|                |                     | <i>S. variabilis</i> (Castelnau, 1855)            |
| Pomadasydae    | <i>Anisotremus</i>  | <i>A. surinamensis</i> (Bloch, 1790)              |
|                |                     | <i>A. virginicus</i> (Linnaeus, 1758)             |
|                | <i>Haemulon</i>     | <i>H. album</i> Cuvier, 1829                      |
|                |                     | <i>H. aurolineatum</i> Cuvier, 1829               |
|                |                     | <i>H. carbonarium</i> Poey, 1860                  |
|                |                     | <i>H. chrysargyreum</i> Gunther, 1859             |
|                |                     | <i>H. flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)         |
|                |                     | <i>H. macrostomum</i> Gunther, 1859               |
|                |                     | <i>H. melanurum</i> (Linnaeus, 1758)              |
|                |                     | <i>H. plumieri</i> (Lacepede, 1802)               |
|                |                     | <i>H. sciurus</i> (Shaw, 1803)                    |
|                |                     | <i>H. striatum</i> (Linnaeus, 1758)               |
| Priacanthidae  | <i>Priacanthus</i>  | <i>P. arenatus</i> Cuvier, 1829                   |
|                |                     | <i>P. cruentatus</i> (Lacepede, 1803)             |
| Scaridae       | <i>Scarus</i>       | <i>S. coeruleus</i> (Bloch, 1786)                 |
|                |                     | <i>S. croicensis</i> Bloch, 1790                  |
|                |                     | <i>S. guacamaia</i> Cuvier, 1829                  |
|                |                     | <i>S. iserti</i>                                  |
|                |                     | <i>S. taeniopterus</i> Desmarest, 1831            |
|                |                     | <i>S. vetula</i> Bloch and Schneider, 1801        |
|                | <i>Sparisoma</i>    | <i>S. atomarium</i> (Poey, 1861)                  |
|                |                     | <i>S. aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1839)       |
|                |                     | <i>S. chrysopterum</i> (Bloch y Schneider, 1801)  |
|                |                     | <i>S. radians</i> (Valenciennes, 1839)            |
|                |                     | <i>S. rubripinne</i> (Valenciennes, 1839)         |
|                |                     | <i>S. viride</i> (Bonnaterre, 1788)               |
| Scorpaenidae   | <i>Scorpaena</i>    | <i>S. plumieri</i> Bloch, 1789                    |
| Sciaenidae     | <i>Equetus</i>      | <i>E. acuminatus</i> (Bloch and Schneider, 1801)  |
|                |                     | <i>E. punctatus</i> (Bloch and Schneider, 1801)   |
| Serranidae     | <i>Epinephelus</i>  | <i>E. cruentatus</i> (Lacepede, 1802)             |
|                |                     | <i>E. fulvus</i> (Linnaeus, 1758)                 |
|                |                     | <i>E. adscensionis</i> (Osbeck, 1757)             |
|                |                     | <i>E. guttatus</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                |                     | <i>E. striatus</i> (Bloch, 1792)                  |
|                | <i>Hypoplectrus</i> | <i>H. aberrans</i> Poey, 1868                     |
|                |                     | <i>H. chlorurus</i> (Cuvier, 1828)                |
|                |                     | <i>H. guttavarius</i> (Poey, 1852)                |
|                |                     | <i>H. indigo</i> (Poey, 1852)                     |
|                |                     | <i>H. nigricans</i> (Poey, 1852)                  |
|                |                     | <i>H. puella</i> (Cuvier, 1828)                   |
|                |                     | <i>H. unicolor</i> (Walbaum, 1792)                |
|                | <i>Liopropoma</i>   | <i>L. rubre</i> Poey, 1861                        |
|                | <i>Mycteroperca</i> | <i>M. venenosa</i> (Linnaeus, 1758)               |
|                | <i>Serranus</i>     | <i>S. baldwini</i> (Evermann and Marsh)           |
|                |                     | <i>S. tabacarius</i> (Cuvier, 1829)               |
|                |                     | <i>S. tigrinus</i> (Bloch, 1790)                  |
|                |                     | <i>S. tortugarum</i> Longley                      |
| Sparidae       | <i>Calamus</i>      | <i>C. calamus</i> (Valenciennes, 1830)            |
|                |                     | <i>C. bajonado</i> (Bloch and Schneider, 1801)    |
|                |                     | <i>C. pennatula</i> Guichenot, 1868               |
| Sphyraenidae   | <i>Sphyraena</i>    | <i>S. barracuda</i> (Walbaum, 1792)               |
| Synodontidae   | <i>Synodus</i>      | <i>S. saurus</i> (Linnaeus, 1758)                 |
| Tetraodontidae | <i>Canthigaster</i> | <i>C. rostrata</i> (Bloch, 1782)                  |
|                | <i>Sphoeroides</i>  | <i>S. spengleri</i> (Bloch, 1782)                 |
| Torpedinidae   | <i>Torpedo</i>      | <i>T. nobiliana</i> Bonaparte, 1835               |
| Urolophidae    | <i>Urolophus</i>    | <i>U. jamaicensis</i> (Cuvier, 1817)              |



TABLA 13. NÚMERO DE ESPECIES (R), DENSIDAD RELATIVA (D%) Y DIVERSIDAD (H') DE PECES POR REGION Y SUBZONA ARRECIFAL.

| Regiones                |    | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   | J   |
|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Laguna Arrecifal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Arrecife Posterior      | R  | 17  | 28  | 28  |     | 8   | 17  | 9   | 12  |     | 47  |
|                         | D% | 1.9 | 2.1 | 2   |     | 0.2 | 1.8 |     | 0.6 |     | 1.2 |
|                         | H' | 1.9 | 2   | 2.3 |     | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |     | 2.9 |
| <b>Cresta Arrecifal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Rompierte Arrecifal     | R  |     |     | 27  | 7   | 11  | 14  | 21  | 11  |     | 39  |
|                         | D% |     | 2.8 | 0.3 | 0.4 | 1.9 | 3.4 | 0.5 |     | 1   |     |
|                         | H' |     | 2.2 | 1.8 | 2.3 | 2   | 2   | 2.1 |     | 2.7 |     |
| Transición Barlovento   | R  | 13  | 46  | 35  | 34  | 29  | 37  | 68  | 42  | 59  | 81  |
|                         | D% | 0.5 | 1.3 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 0.7 | 1   | 1.8 | 1   | 2   |
|                         | H' | 1.7 | 2.5 | 2.5 | 2.9 | 2.7 | 2.2 | 3.1 | 2.6 | 3.1 | 2.5 |
| <b>Arrecife Frontal</b> |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Interior                | R  | 25  | 24  | 49  | 43  | 30  | 53  | 41  | 27  | 49  | 73  |
|                         | D% | 0.9 | 1.1 | 1   | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 1   | 1.2 | 1.6 | 2.2 |
|                         | H' | 2.3 | 2.5 | 3.4 | 2.9 | 2.7 | 3.3 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.8 |
| Exterior                | R  | 15  | 39  | 48  | 35  | 30  | 70  | 36  | 14  | 7   |     |
|                         | D% | 1.4 | 1.1 | 1.6 | 2.3 | 1.7 | 2.3 | 0.8 | 0.6 | 0.4 |     |
|                         | H' | 1.9 | 2.9 | 2.8 | 2.5 | 2.5 | 3.1 | 3.3 | 1.9 | 1.7 |     |

En cuanto a la densidad de las regiones A, B, C, G e I, se registraron valores más altos en las partes someras (Arrecife Posterior y Rompierte) que en las profundas (Arrecife Frontal y Transición Barlovento) (Tabla 13).

En toda el área de estudio las especies de peces de las Familias Acanthuridae, Chaetodontidae y Pomacentridae, que constituyen bellos elementos del paisaje, estuvieron bien representadas. Los pomacéntridos son considerados como indicadores de heterogeneidad ambiental del arrecife dadas algunas características de selección de hábitat que sus especies muestran (Itzkowitz, 1977; Robertson and Lassing, 1980; Loreto, 1991). En la REMS Fracción Sur, regiones A a la E, se encontraron especies pertenecientes a familias consideradas de importancia comercial, debido al beneficio económico que su pesca reporta al área. Ejemplos de ellas son las familias Serranidae, Scaridae, Haemulidae, Lutjanidae, Labridae y Carangidae, que se distribuyen con mayor abundancia hacia las regiones B, C y D.

En ocasiones se observó en las zonas someras grandes bancos de *Acanthurus bahianus*, *A. chirurgus* y *A. coeruleus* que hacen que su abundancia relativa aumente de manera importante, considerándose entonces como dominantes o abundantes aunque raras veces se observen estos bancos. Sólo

*Thalassoma bifasciatum* se distribuye con abundancia a largo de las estructuras arrecifales. Esta especie se desplaza activamente y no presenta recelo en acercarse a los buceadores y alimentarse de las partículas que se resuspenden por el movimiento, esto lleva a considerar una probable sobreestimación en su abundancia. En la Tabla 14 se señalan las especies más abundantes por región y zona arrecifal.

Con excepción de las regiones A, B, I y J, los valores de diversidad fueron mayores en las áreas profundas, como son el Arrecife Frontal y Transición Barlovento, que en las áreas someras como el Arrecife Posterior y Rompierte (Tabla 13).

El grado de desarrollo arrecifal dentro de la REMS Fracción Sur permite que la fauna ictiológica esté bien representada, sobre todo hacia la parte central de la reserva donde el arrecife está mejor desarrollado. La enorme gama de colores, formas y tamaños que confieren los peces a la belleza escénica de las estructuras descritas en la REMS Fracción Sur mantiene a esta reserva como un sitio elegido por el turismo nacional y extranjero que gusta de practicar actividades subacuáticas.

Las comunidades de peces del arrecife quintanarroense están sujetas a presiones de pesca acentuadas, sea esta



TABLA 14. LISTA DE ESPECIES DE PECES ARRECIFALES Y ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA RELATIVA EN CADA REGIÓN CON BASE EN SU DENSIDAD. DOMINANTE (D) = > 20%, ABUNDANTE (A) = 10-20%, COMUN (C) = 5-10%, ESCASA (E) = 1-5%, RARA (R) = < 1%.

| Especie                   | Regiones |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                           | A        | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| <i>A. bahianus</i>        | E        | R |   | R |   | E |   | R | E | R |
| <i>A. chirurgus</i>       | E        | E | E | R | E | R | C | E | E | C |
| <i>A. coeruleus</i>       | C        | E | C | E | E | E | A | E | E | E |
| <i>A. binotatus</i>       |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>A. maculatus</i>       |          | R |   |   | R |   | R |   | R | R |
| <i>A. quadrisquamatus</i> |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>A. sp.</i>             |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>A. townsendi</i>       |          |   |   |   |   | R |   |   | R | R |
| <i>A. maculatus</i>       |          |   |   |   |   |   |   |   | R | R |
| <i>B. vetula</i>          |          | R | R | R |   | R | R |   | R | R |
| <i>C. sufflamen</i>       |          |   |   |   |   |   | E |   |   | R |
| <i>M. niger</i>           | R        | R |   |   |   | R | R | R | R |   |
| <i>X. ringens</i>         |          |   |   |   |   | R | R | R | R |   |
| <i>O. atlanticus</i>      |          | R | R |   |   | R |   |   |   | R |
| <i>B. ocellatus</i>       |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>P. albigutta</i>       |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>C. latus</i>           |          |   |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>C. ruber</i>           | R        | R | R | R | E | R | R |   | R | R |
| <i>C. aculeatus</i>       |          |   | R | R | R |   |   |   |   |   |
| <i>C. capistratus</i>     |          | R | R | E | E | R | R | R | R | R |
| <i>C. ocellatus</i>       |          |   | R | R | R |   | R |   | R | R |
| <i>C. striatus</i>        |          |   | R | R | E | R | R |   | R | R |
| <i>A. pinos</i>           |          |   |   |   |   | R | R | R | R | R |
| <i>M. triangulatus</i>    | R        | R | R |   |   |   | R |   | R | R |
| <i>M. boehlkei</i>        |          |   |   |   |   |   |   | R | R |   |
| <i>M. macropus</i>        |          |   |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>D. holocanthus</i>     |          |   |   |   |   | R | R |   |   |   |
| <i>D. hystrix</i>         |          |   |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>C. faber</i>           |          |   |   |   |   | R |   | R |   |   |
| <i>G. cinereus</i>        |          | * | * |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>C. dicrus</i>          |          |   |   |   |   | R | R | R | R | R |
| <i>C. hyalinus</i>        |          |   |   |   |   | E |   |   |   |   |
| <i>C. personatus</i>      |          |   |   |   |   | R |   | E |   | E |
| <i>G. thompsoni</i>       |          |   |   |   |   | R | E | R | E | R |
| <i>G. dilepsis</i>        |          |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>G. evelynae</i>        |          |   |   |   |   |   | R | R | R | R |
| <i>G. genie</i>           |          |   |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>G. illecebrosus</i>    |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>G. prochilos</i>       |          |   |   |   |   | R | R |   | R | R |
| <i>G. randalli</i>        |          |   |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>M. microlepis</i>      |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>G. loreto</i>          | R        | E | R | E | E | R | R | R |   | R |
| <i>R. saponaceus</i>      |          |   |   |   |   | R | R |   | R |   |
| <i>H. cruentatus</i>      |          |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>H. ascensionis</i>     | R        | E | R |   |   | E | R | R | R |   |
| <i>H. bullisi</i>         |          | R | R |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>H. marianus</i>        |          |   |   |   |   | R | R |   | R |   |
| <i>H. rufus</i>           |          | R | R | E | E |   |   |   | R |   |
| <i>M. jacobus</i>         |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>S. coruscus</i>        |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>S. vexillarius</i>     |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>I. vittata</i>         |          |   |   |   |   |   |   |   |   | A |
| <i>K. sectatrix</i>       |          | R | E |   |   |   | R |   |   | R |
| <i>B. rufus</i>           | R        | R | R | R | E | R | R | R | R | R |
| <i>C. parrai</i>          |          | C | C | A |   | R |   |   | E | A |
| <i>H. cyanocephalus</i>   |          |   | R |   |   |   |   |   | R | R |



CONTINUACIÓN TABLA 14

| Especie                 | Regiones |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                         | A        | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| <i>H. bivittatus</i>    | E        | R | E | R |   | E | E | E | E | E |
| <i>H. garnoti</i>       | R        | E | R | R | R | C | A | C | C | E |
| <i>H. maculipinna</i>   |          |   | R |   | R | R | E |   | R | R |
| <i>H. pictus</i>        | R        | R |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>H. poeyi</i>         |          |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>H. radiatus</i>      |          |   | R |   |   | R | E | R | R | R |
| <i>L. maximus</i>       |          |   |   | R | R |   |   |   | R |   |
| <i>T. bifasciatum</i>   | D        | D | A | A | E | D | A | D | D | A |
| <i>X. splendens</i>     |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>X. martinicensis</i> |          |   |   |   |   |   | R |   |   | R |
| <i>L. analis</i>        |          |   | R |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>L. apodus</i>        |          |   | R | R | E |   |   |   |   | R |
| <i>L. griseus</i>       |          | R |   |   | R |   |   |   |   |   |
| <i>L. joco</i>          |          |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>L. mahogoni</i>      |          | R |   |   | R |   |   |   |   |   |
| <i>L. synagris</i>      |          |   | R |   |   |   |   | R |   |   |
| <i>O. chrysurus</i>     | R        | E | E | E | E | R | R | R |   | R |
| <i>M. plumieri</i>      | R        | R | R |   |   | R | R | R | R |   |
| <i>C. macroceros</i>    | R        |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>C. pullus</i>        | R        | R | R |   |   |   | R | R | R | R |
| <i>M. tuckeri</i>       |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>P. maculatus</i>     | R        |   | R |   | R | R | R | R | R | R |
| <i>M. martinicus</i>    |          |   |   |   |   |   |   | R |   |   |
| <i>G. funebris</i>      |          |   |   |   |   |   | R |   | R |   |
| <i>G. miliaris</i>      |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>G. moringa</i>       |          |   |   |   |   | R | R |   | R | R |
| <i>A. narinari</i>      |          |   |   |   |   | R |   |   |   |   |
| <i>O. macrognathus</i>  |          |   |   |   |   |   |   |   | R |   |
| <i>L. bicaudalis</i>    |          | R |   |   |   |   | R |   |   |   |
| <i>L. poligonia</i>     |          |   | R |   |   | R |   | R |   |   |
| <i>L. quadricornis</i>  |          |   |   |   | R |   |   |   |   |   |
| <i>L. triqueter</i>     |          |   |   |   | R | R |   |   | R | R |
| <i>P. schomburgki</i>   | R        | R |   |   |   | R | R |   |   |   |
| <i>C. argi</i>          |          |   |   |   |   | R | E | R |   |   |
| <i>H. bermudensis</i>   |          |   | R | R | R | R | R |   |   |   |
| <i>H. ciliaris</i>      | R        | R |   | R | R | R | R | R | R | R |
| <i>H. tricolor</i>      | R        | R | R | E | R | R | R | R | E | R |
| <i>P. arcuatus</i>      |          | R | R | R | R | R | R | R |   | R |
| <i>P. paru</i>          | R        | R | R | R | R | R |   | R | R | R |
| <i>A. saxatilis</i>     | R        | R | R | R |   | R | R | R | R |   |
| <i>C. cyanea</i>        | R        | E | C | A | D | A | R | A | E | C |
| <i>C. enchrysurus</i>   |          | R |   |   |   |   |   |   |   | R |
| <i>C. insolata</i>      |          |   |   |   |   | E |   |   |   |   |
| <i>C. multilieatus</i>  |          |   |   | R | E | E |   | R |   | R |
| <i>C. scotti</i>        |          |   |   |   |   |   | R |   |   |   |

deportiva y/o de subsistencia. Detectar el efecto de tales actividades en los tamaños poblacionales es uno de los objetivos que se plantea a partir de este trabajo.

### ESPONJAS

Las esponjas son los animales multicelulares más simples. Su diversidad de tamaños, formas y colores hacen de ellas uno de los componentes más vistosos en el arrecife. Son importantes tanto en la acreción como en la erosión de las

estructuras arrecifales: el grupo incluye algunas especies formadas por espículas calcáreas que contribuyen a la producción de los sedimentos que rellenan y cementan las oquedades entre las estructuras coralinas, pero también existen especies incrustantes, como *Cliona* spp., que perforan y causan erosión a estas estructuras (Colin, 1988).

Los registros de este grupo se realizaron únicamente en la parte norte del área de estudio, en la localidad de Punta Bete incluida en la región G.



TABLA 15. ESPECIES DE ESPONJAS REGISTRADAS EN LAS SUBZONAS ARRECIFALES DE PUNTA BETE, UBICADA EN LA REGIÓN G.

|  | <i>Especies</i>   | <i>Observaciones</i>   |
|--|---|--|
| <b>Cresta Arrecifal</b>  |   |  |
| Transición Barlovento<br>(5 m de profundidad)                          | <i>Anthosigmella varians</i><br><i>Callyspongia vaginalis</i><br><i>Cliona langae</i><br><i>Ectyoplasia ferox</i><br><i>Ircinia strobilina</i><br><i>Tedania ignis</i>  | La mayoría de las especies son incrustantes, pocas tubiformes.   |
| <b>Arrecife Frontal</b>  |   |  |
| Interior<br>(13 m de profundidad)                                      | <i>Agelas</i> sp.<br><i>Aplysina fistularis</i><br><i>Cliona langae</i><br><i>Cynarchia</i> sp.<br><i>Ectyoplasia ferox</i><br><i>Iotrochota birotulata</i><br><i>Ircinia campana</i><br><i>Ircinia strobilina</i><br><i>Monachora unguifera</i><br><i>Niphates digitalis</i><br><i>Pseudoceratina crassa</i><br><i>Tedania ignis</i> | La mayoría de las especies son ramosas, amorfas (forma de pelotas) y hay pocas especies incrustantes, estando bien desarrolladas las ramosas y las tubiformes.   |
| <b>Frontal Exterior/<br/>Frontal Profundo</b><br>(40 m de profundidad) | <i>Ircinia campana</i><br><i>Xetospongia muta</i><br><i>Sphēcispongia vesparia</i>  | Condiciones ambientales severas, mucha corriente, predominando las especies vasiformes y redondas, creciendo con el oscula hacia donde se dirige la corriente. No hay crecimientos hacia la superficie sino hacia un lado. |

La abundancia relativa del grupo está relacionada muy probablemente con condiciones hidrológicas tales como la intensidad y fuerza de la corriente y tasas de sedimentación.

Como resultado de la prospección general, en la Tabla 15 se muestran las especies presentes por subzona arrecifal.

## Propuesta de manejo

A partir de los resultados del presente trabajo se realizó la propuesta para establecer los lineamientos de manejo del sistema arrecifal comprendido en el corredor "Cancún-Tulum". En el Anexo (página 35) se presentan algunas secciones del Acuerdo de Coordinación de Ordenamiento Ecológico de la región denominada Corredor "Cancún-Tulum" publicado en el Periódico Oficial del Gobierno de Quintana Roo el 9 de junio de 1994 y en el Diario Oficial de la Federación el 26 de octubre de 1994, en donde la propuesta fue vertida.

## Agradecimientos

Por este medio deseamos agradecer a las siguientes personas e instituciones el proporcionarnos alojamiento,

alimentos, servicios náuticos y de buceo. Sin su cooperación hubiera sido imposible la realización de este proyecto. Agradecemos su compromiso con la conservación y uso adecuado del arrecife coralino, estamos seguros que las medidas propuestas redundarán en beneficio de toda la comunidad del corredor turístico "Cancún-Tulum" :

Biól. Carlos Alcérreca, Cap. Bob Allen, Lic. Rafael Alvarez, Doña Ana, José Anguiano, Gonzalo Arcilla, Helmit Atari, Carlos Austin, Antonio Balam Catzin, Biól César Barrios, Henning Bartsch, Biól. Martha Basurto, Arq. Juan Bezaury, Dick Blanchard, Luis Borges, Don Brewer, Srita. Olga Can Cobá, Capitanes: Beto, Chino, Luis y Rogelio, M. en C. Julia Carabias, Carlos, Biól. Jorge Carranza, Sr. Daniel Carrera, Lic. Ma. Cristina Castro, Sr. Felipe Cat, Sr. Alberto Charles, Cap. Chino, Arq. Carlos Constandse, Dra. Flor Marina Cruz, Gerardo de la Cruz, Srita. Marcy Durán, Eduardo, Biól Francisco Escobar, Dr. Ezequiel Ezcurra, M. en C. Felipe Flores, Laura González, Cap. Jerry Hoogerwerf, Joe Keenan, Sr. Lima Zuno, Dr. Enrique Lozano, Cap. Luis, Sra. Bárbara MacKinnon, Mike Madden, Sr. Marrón, Sr. José Martín, Biól. Miguel Angel Martínez, Ing. Juan M. Mauricio, Dr. Roberto de la Maza, Biol. Cedrela Medina, Sr. Pedro Méndez, Sr. Michael Moreno, Arq. Emmanuel Mirabent, Mike Mulgrew, Biól Fernando Negrete, Miguel Nuñez, Juan Ojeda, Cap. Froylán Pacheco, Hitamar Palma Muñoz, Angélica



Peralta, Ing. Mario Pérez Brena, Arq. Sergio Pérez Erales, C.P Fidel Pérez del Valle, Biol. Manuel Puerto, Dr. Joe Quiroz, Biól Pedro Ramírez, Rene, Román Rivera Torres, Lic. Mónica Roberts, Héctor Rodríguez, Sr. Leandro Roman, Antrop. Héctor Ruiz, Sajeela, Satgyana, Emmanuelle Sala, Lic. Adela Samper, Sra. Mercedes Sánchez, Sr. Leandro Sastré, Sr. Ludolph Schmit, Cap. Glenn Sommer, Alfredo Soto, Don José Soto, José Luis Soto, Douglas Stooshinoff, Dra. Kathy Sullivan, Biól Arturo Toledano, Dra. Enriqueta Velarde, Ing. Mario Villanueva, Videhi.

Amigos de Sian Ka'an A.C., Akumal Dive Shop, Biocenosis A. C., Cabañas Ana y José, Capitán Laffite, Condominios La Iguana Akumal, CRIP "Puerto Morelos"-INP., Estación "Puerto Morelos" del ICMYL-UNAM., Gobierno del Estado de Quintana Roo, Hotel Club de Playa Puerto Aventuras, Hotel Oasis Puerto Aventuras, Lighthawk Project. Manejo de Recursos Naturales, S. C., Marina Aquatours, Marina Mundo Marino, OSHO, Pescadores de Coral Negro, Playa del Carmen, SPCP-Tulum, SEDESOL,

Sub Aqua Explorers, The Nature Conservancy, Ukana I Akumal, Xcaret.

Agradecemos la decidida participación de los demás integrantes del grupo de trabajo de campo: Pas. Biol. Erick Cadena, Biol. Carla Gutiérrez, Biol. Teresa Nava, Biol Luis Mendoza, Biol. Oscar Rios, Sr. Aurelio Sánchez, Pas. Biol. Rolando Urquiza.

Por último y muy particularmente agradecemos a nuestros familiares y amigos Suni y David Gutiérrez Jr., Rogelio y Sylvia Macías, Erika Aguirre, Erica Fuentes, Anna Ludlow, Iliá Vázquez, Rafael Barrios.

Los fondos para la ejecución del proyecto fueron proporcionados por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), por la Fundación John D. y Catherine T. MacArthur y los capítulos de Ohio y Maine de The Nature Conservancy (TNC) con el apoyo de la Fundación Wallis, a través del Programa Parques en Peligro.

## Referencias

- Alevizon, W. Richardson, R., Pitts, P. & G. Serviss. 1985. Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes. Bull. Mar. Sci. 36 (2):304-318.
- Bayer, F.M. 1961. *The Shallow Water Octocorallia of the West Indian Region*. Martinus Nijhoff. The Hague, 373 p.
- Bayer, F. M., M. Grasshoff y Verveveldt (Eds). 1983. *Illustrated trilingual glossary of morphological and anatomical terms applied to octocorallia*. E. J. Brill/Dr. W. Backhuys. Leiden. 75 p.
- Berner, T. 1990. Coral Reef Algae. In: Dubinsky, Z. (Ed.) *Ecosystems of the World. Coral Reefs*. Elsevier, New York. pp. 253-264.
- Birkland, C. 1974. The effect of wave action on the population dynamics of *Gorgonia ventalina* Linnaeus. In Bayer, F. y Weinheimer (Eds.) *Prostaglandins from Plexaura homomalla: Ecology, utilization and conservation of a major medical marine resource, a Symposium*. University of Miami Press. pp. 115-126.
- Brock, R.E. 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. Bull.Mar.Sci. 32(1):269-272.
- Cairns, S. 1977. *Guide to the commoner shallow-water gorgonians (Sea whips, sea feathers and sea fans) of Florida, The Gulf of Mexico and The Caribbean Region*. University of Miami. Sea Grant Program. Sea Grant Field Guide Series 6. 74 p.
- Cairns, S.D. 1982. Stony Corals (Cnidaria: Hydrozoa, Scleractinia) of Carrie Bow Cay, Belize. Smith. Contrib. Mar. Sci. 12:271-302.
- Castañares, L. y Soto, L. 1982. Estudios sobre los corales escleractinios hermatípicos de la costa noreste de la península de Yucatán, México. I. Sinopsis taxonómica de 38 especies. (Cnidaria:Anthozoa:Scleractinia). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México. 9:295-344.
- Chaplin, Ch. C. G. 1972. *Fishwatchers guide to west-Atlantic coral Reefs*. Harrowood Books, Pennsylvania. 65 p.
- Clark, J.R., Causey, B. y J. A. Bonshack. 1989. Benefits from coral reef protection: Looe Jey Reef, Florida. Sixth Symp. Coastal and Ocean Management. Coastal Zone. 89.
- Colin, P. L. 1988. *Marine invertebrates and plants of the living reef*. T. F. H. Publications, Inc. Ltd. 512 p.
- Craik, W., Kenchington, R. y G. Kelleher. 1990. Coral Reefs. In: Dubinsky, Z. (Ed.). *Ecosystems of the World. Coral Reef*. Elsevier. New York. 535 p.
- Diario Oficial de la Federación, 1994. Acuerdo de Coordinación para el ordenamiento ecológico de la región denominada Corredor Cancún-Tulum. 26 de octubre de 1994. 28 p.
- Dodge, R. E., Allen, R. C. y J. Thompson. 1974. Coral growth related to resuspension fo bottom sediments. Nature. 247:574-77.
- Done, T. J. 1981. Rapid, large area, reef resource surveys using a manta board. Proc. Fourth International Coral Reef Symposium. Manila. I:299-307.
- GBMPA, 1984. *Annual Report of the Great Barrier Marine Park Authority, 1983-1984*. Nadicprint Services Pty. Ltd. Townsville. 103 p.
- Goldberg, W. M. 1973. The ecology of the coral octocoral communities of the southeast Florida coast: Geomorphology, species composition and zonation. Bull. Mar. Sci. 23:465-488.
- Gómez, P. y G. Green. 1984. Sistemática de las Esponjas Marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. An. Inst..Cienc. del Mar y Limnol..Univ.Nal.Autón de México, 11(1):65-90.



- Goreau, T. F. y N. I. Goreau. 1973. The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. Bull.Mar.Sci. 23: 399-464.
- Green, G. 1977. Antibiosis in Marine Sponges. FAO. Fish. Rep. 200:199-205.
- Greenberg, J. y I. Greenberg. 1977. **Guide to corals and fishes of Florida. The Bahamas and The Caribbean.** Seahawk Press. Miami Florida. 64 p.
- Grigg, R. W. 1977. Population dynamics of two gorgonian corals. Ecology 58:278-290.
- Guilcher, A. 1988. **Coral Reef Geomorphology.** John Wiley & Sons. 228 p.
- Gutiérrez, D., García Sáez, C., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., Macías, R., Bezaury, J.E. y A.C. Cintra. 1993. **Arrecifes Coralinos de Sian Ka'an. Caracterización y Propuesta para el Manejo.** Informe Final. Biocenosis, A.C./ICMYL-UNAM/Amigos de Sian Ka'an, A.C. 120 p.
- Hay, M. 1985. Spatial Patterns of Herbivore Impact and their Importance in Maintaining Algal Species Richness. Proc. Fifth International Coral Reef Symposium, Tahiti 4:29-34.
- Humann, Paul. 1989. **Reef fish identification.** Ned Deloach New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 267 p.
- Humann, Paul. 1993a. **Reef Coral Identification.** Ned Deloach New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 239 p.
- Humann, Paul. 1993b. **Reef Creature Identification.** Ned Deloach New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 320 p.
- Huston, M. 1985. Patterns of species diversity in relation to depth at Discovery Bay, Jamaica. Bull. Mar. Sci. 37:928-935.
- Iitzkowitz, M. 1977. Spatial organization of the Jamaican damselfish community. J. Exp. Mar. Biol. 28:217-241.
- IUCN/UNEP. 1988. **Coral Reefs of the World.** In: Susan M. Wells. (Ed.). Vol. 1: Atlantic and Eastern Pacific. United Nations Environment Program. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN).
- Jackson, J.B.C. 1977. Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. Amer. Nat. 111:743-767.
- Jordán, D. E. 1993. **Atlas de los Arrecifes Coralinos del Caribe Mexicano.** Parte I: El Sistema Continental. Inst. Ciencias del Mar y Limnol./ CIQRO. 110 p.
- Kaplan, E. H. 1982. **A field Guide to Coral Reef of the Caribbean and Florida.** Houghton Mifflin Co., Boston. 289p.
- Kinzie, R. A. 1982. Soft Corals. In: Kaplan, E. H. (Ed.) **A field Guide to Coral Reef of the Caribbean and Florida.** Houghton Mifflin Co., Boston. 289 p.
- Lara, M. 1996. **Parámetros demográficos y dinámica poblacional de Pseudopterogorgia americana (Cnidaria:Gorgonacea) en Quintana Roo, México.** Tesis Doctoral. , Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Autón. de México. (en preparación).
- Lara, M. y C. Padilla. 1996. **Los Arrecifes Coralinos de Quintana Roo.** Manuscrito no publicado.
- Littler, D, M. Littler, K. Bucher y J. Norris. 1989. **Marine Plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil.** Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 263 p.
- Loreto, V. R. M. 1991. **Organización espacial de la comunidad de peces damisela (Pomacentridae) en la costa del caribe mexicano.** Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Autón. de México. 68 p.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. Mar.Biol. 13:100-23.
- Merino, M. y L. Otero. 1983. **Atlas Ambiental Costero de Puerto Morelos, Quintana Roo.** Inst. Ciencias del Mar y Limnol./ CIQRO. 80 p.
- Milliman, J. D. 1973. Caribbean coral reefs. In O. A. Jones & R. Endean. **Biology and Geology of Coral Reefs.** Vol. I. pp 1-50.
- Opresko, D. M. 1973. Abundance and distribution of shallow water gorgonians in the area of Miami, Florida. Bull. Mar. Sci. 23(3):535-558.
- Padilla, C., D. Gutiérrez, M. Lara y C. García. 1992. Corals Reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Proc. Seventh Int. Coral Reef Symp. Guam. Vol. 2. 986-992.
- Pichon, M. 1981. Dynamic aspects of coral reefs benthic structures and zonation. Proc. Fourth Int. Coral Reef Sym. 1:581-94.
- Pielou, E. 1975. **Ecological Diversity.** John Wiley & Sons, New York. 165 p.
- Porter, J. W. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. Ecology. 53:745-748.
- Rees, J. T. 1972. The effect of current on growth form in an octocoral. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 10:115-123.
- Robertson, D. R. y B. Lassing. 1980. Spatial distribution patterns and coexistence of a group of territorial damselfishes. Bull. Mar. Sci. 30:187-203.
- Romero, C. P. 1991. **Impacto de un huracán en la composición específica y disposición espacial de gorgonáceos en un región del arrecife de Puerto Morelos, Q. Roo.** Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México. 44 p.
- Rosado, J. C. 1990. **Patrones de distribución, diversidad y utilización del espacio de las anémonas y zoántidos (Zoantharia:Coelenterata) de Veracruz.** Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Autón. de México. 56 p.
- Rützler, K. y I.G. Macintyre, 1982. The Habitat Distribution and Community Structure of the Barrier Reef Complex at Carrie Bow Cay, Belize. Smith. Contrib. Mar. Sci. 12: 9-45.
- Sale, P.F. y Sharp. B. J. 1983. Correction for bias in visual transects censuses of coral reef fishes. Coral Reefs. 2:37-42.
- Smith, F. G. W. 1972. **Atlantic Reef corals. A handbook of comonn Reef and shallow-water corals of Bermuda, The Bahamas, Florida, The West Indies and Brazil.** Univ. of Miami Press. 164 p.
- Stokes, F. J. 1984. **Divers and snorkelers guide to the fishes and sea life of the Caribbean, Florida, Bahamas and Bermuda.** The Academy of Natural Sciences of Philadelphia Publisher. 160 p.
- Weinheimer, A. J. y R. L. Spraggins. 1969. Two new prostaglandins isolated from the gorgonian *Plexaura homomalla* (Esper.) Tetrahedron lett. 5138. Ed. Mc. Graw. Hill, Londres.
- Zlatarski, V. N. et N. Martínez. 1982. Les Scléractiniaires de Cuba avec des données sur les organismes associés. Académie Bulgare des Sciences. Sofia. 472 p.



## ANEXO

### DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

Miércoles 26 de octubre de 1994.

Págs. 2 a 28 (extracto págs. 2 a 5)

Primera Sección

#### SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

**ACUERDO** de Coordinación para el ordenamiento ecológico de la región denominada Corredor Cancún-Tulum, que celebra por una parte el Gobierno Federal a través de las secretarías de Desarrollo Social y de Turismo, y por la otra, el Gobierno del Estado de Quintana Roo, con la participación de los municipios de Benito Juárez, Cozumel y de Solidaridad.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Desarrollo Social.

ACUERDO DE COORDINACION PARA EL ORDENAMIENTO ECOLOGICO DE LA REGION DENOMINADA "CORREDOR CANCUN-TULUM", QUE CELEBRAN POR UNA PARTE, EL GOBIERNO FEDERAL A TRAVES DE LAS SECRETARIAS DE DESARROLLO SOCIAL Y DE TURISMO, REPRESENTADAS POR SUS TITULARES LOS CC. CARLOS ROJAS GUTIERREZ Y JESUS SILVA HERZOG Y, POR LA OTRA, EL GOBIERNO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE QUINTANA ROO, REPRESENTADO POR SU GOBERNADOR CONSTITUCIONAL Y EL SECRETARIO GENERAL DE GOBIERNO, LOS CC. MARIO ERNESTO VILLANUEVA MADRID Y RAUL SANTANA BASTARRACHEA, CON LA PARTICIPACION DE LOS MUNICIPIOS DE BENITO JUAREZ, COZUMEL Y DE SOLIDARIDAD, REPRESENTADOS POR SUS PRESIDENTES MUNICIPALES, LOS CC. CARLOS CARDIN PEREZ, GERMAN GARCIA PADILLA Y RAMON SEVERO NOVELO CARDENAS RESPECTIVAMENTE, A QUIENES EN LO SUCESIVO SE LES DENOMINARA "SEDESOL", "SECTUR", "EL ESTADO" Y "LOS MUNICIPIOS" RESPECTIVAMENTE, AL TENOR DE LOS SIGUIENTES ANTECEDENTES Y CLAUSULAS

#### ANTECEDENTES

**I.** El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 establece entre sus objetivos, la protección y restauración del medio ambiente, el equilibrio del crecimiento económico con el restablecimiento de la calidad del ambiente y la promoción del ordenamiento ecológico general del territorio nacional.

**II.** El Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994 establece que el equilibrio ecológico futuro entre las acciones productivas y el ambiente depende de la planeación nacional, por lo que en el mediano y largo plazos, el ordenamiento ecológico debe vincularse a los programas nacionales, regionales, estatales y municipales.

**III.** El diagnóstico ambiental de las condiciones bióticas, físicas y socioeconómicas del territorio nacional, permitió identificar regiones que requieren ser objeto de ordenamiento ecológico, entre las que se encuentra el "Corredor Cancún-Tulum" que presenta múltiples riquezas naturales susceptibles de ser aprovechadas para el desarrollo sostenible de las actividades productivas.

**IV.** El "Corredor Cancún-Tulum" constituye una región de primera importancia para el país, en razón de sus condiciones naturales privilegiadas y del desarrollo de su equipamiento e infraestructura turística, que por su acelerado crecimiento ha propiciado graves desequilibrios en los ecosistemas de la región.

**V.** Con fecha 31 de mayo de 1991, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, el Acuerdo Presidencial que ordena a la Secretaría de Desarrollo Social, con la participación correspondiente de la Secretaría de Turismo, proceder a planear el ordenamiento ecológico para el desarrollo turístico de la región denominada "Corredor Cancún-Tulum", en el que se prevé la celebración de acuerdos de coordinación necesarios con el Gobierno del Estado de Quintana Roo, y con la intervención de los municipios de Benito Juárez, Cozumel y de Solidaridad, para que los usos y destinos del suelo sean congruentes con el ordenamiento ecológico que se determine.

**VI.** El Ejecutivo Federal y el Ejecutivo del Estado de Quintana Roo suscriben anualmente el Convenio de Desarrollo Social, el cual tiene entre sus objetivos, vincular la ejecución del Plan Nacional de Desarrollo con la planeación estatal en el contexto regional.

El citado Convenio prevé la posibilidad de llevar a cabo programas de coordinación especial, mismos que se formalizarán a través de acuerdos de coordinación o anexos de ejecución derivados del mismo, cuya finalidad es la de promover la realización conjunta de acciones y apoyar así el Plan y los programas de Desarrollo Estatal, con la participación de los municipios.

En mérito de lo anterior y con fundamento en lo dispuesto en los artículos 22, 32 y 42 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 33 y 34 de la Ley de Planeación; 5o. fracciones II y XVI, 6o. fracción X, 7o., 8o. fracciones VI y VIII, 17, 19 y 20 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 3o., 7o. al 10, 13, 16, 19, 26 al 28, 31 al 38 y 41



de la Ley General de Asentamientos Humanos; 36 fracciones I, II y IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Desarrollo Social; 2o., 3o., 9o., 13, 15 fracción VII y 33 de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Quintana Roo; 5o. fracción X, 6o. fracción X, 8o., 12 fracciones V y XI, 22, 23 y 24 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo y en la cláusula Segunda del Convenio de Desarrollo Social Federación-Estado de Quintana Roo en vigor, las partes acuerdan otorgar las siguientes

### CLAUSULAS

**PRIMERA.**- El presente Acuerdo de Coordinación tiene por objeto coordinar las acciones entre el Gobierno Federal a través de "SEDESOL" y "SECTUR", y "EL ESTADO" con la participación de "LOS MUNICIPIOS", para la instrumentación del ordenamiento ecológico en la región denominada "Corredor Cancún-Tulum", cuya descripción y límites constan en el plano que se agrega al presente Acuerdo como Anexo No. 1.

**SEGUNDA.**- Las partes tomando como base el diagnóstico ambiental a que se hace referencia en los antecedentes, están de acuerdo en llevar a cabo el ordenamiento ecológico antes referido, en 48 unidades territoriales, conforme a la vocación del suelo que para cada unidad territorial se señala en el plano a que se refiere la cláusula anterior, los criterios ecológicos que se establecen en el Anexo No. 2 y las recomendaciones establecidas en el Anexo No. 3 de este Acuerdo.

**TERCERA.**- "SEDESOL" y "SECTUR" se comprometen a observar la vocación del suelo y los criterios ecológicos a que se refiere la cláusula anterior previamente al otorgamiento de las concesiones, permisos, licencias, autorizaciones, dictámenes y resoluciones de su competencia, así como a la realización de las actividades que de acuerdo con la legislación vigente les corresponden.

**CUARTA.**- "SEDESOL" se compromete a promover ante las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que en el otorgamiento de las concesiones, permisos, licencias, autorizaciones, dictámenes y resoluciones de su competencia, se respete la vocación del suelo y los criterios ecológicos y se apliquen las recomendaciones a que se refiere la cláusula Segunda del presente Acuerdo.

**QUINTA.**- "EL ESTADO" y "LOS MUNICIPIOS" en el ámbito de su respectiva competencia y jurisdicción se comprometen a:

a) Incorporar en un Plan Subregional de Desarrollo Urbano y en sus planes y programas de desarrollo urbano, así como en sus instrumentos de ordenamiento ecológico aplicables al "Corredor Cancún-Tulum", la vocación del suelo y los criterios ecológicos a que se refiere la cláusula Segunda de este Acuerdo, y

b) Vigilar que las concesiones, permisos, licencias, autorizaciones, dictámenes y resoluciones de su competencia que otorguen en el "Corredor Cancún-Tulum", cumplan con la vocación del suelo, los criterios ecológicos y las recomendaciones a que se refiere este Acuerdo.

**SEXTA.**- "SEDESOL", "SECTUR", "EL ESTADO" y "LOS MUNICIPIOS" en el ámbito de sus respectivas competencias, acordarán conjuntamente cualquier modificación al ordenamiento ecológico del "Corredor Cancún-Tulum".

**SÉPTIMA.**- "SEDESOL" dictamina que el presente Acuerdo de Coordinación es congruente con el Convenio de Desarrollo Social Federación-Estado de Quintana Roo, en consecuencia se adiciona a éste para formar parte de su contexto.

**OCTAVA.**- Las partes manifiestan su conformidad para que en caso de duda sobre la interpretación del presente Acuerdo de Coordinación, respecto de su instrumentación, formalización y cumplimiento, se esté a lo previsto en el Convenio de Desarrollo Social Federación-Estado de Quintana Roo en vigor.

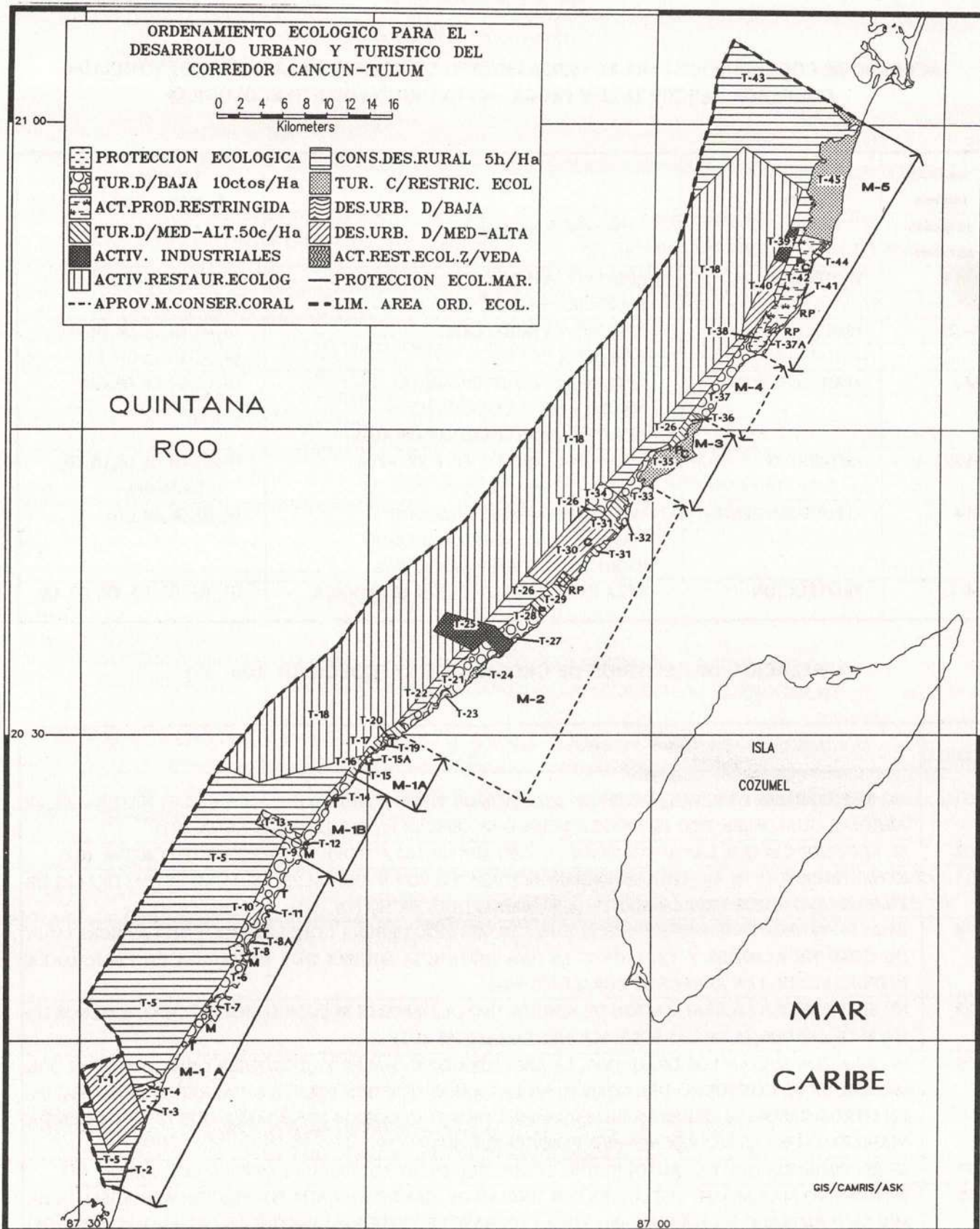
**NOVENA.**- El presente Acuerdo surtirá sus efectos a partir de la fecha de su firma y tendrá la vigencia necesaria para el cumplimiento de su objeto, pudiéndose revisar, adicionar o modificar en cualquier tiempo, previo acuerdo entre las partes.

**DECIMA.**- El presente Acuerdo se publicará en el Diario Oficial de la Federación, así como en el Periódico Oficial del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.

Leído que fue el presente Acuerdo de Coordinación y enteradas las partes de su contenido y alcance legal, lo firman por triplicado en la Ciudad de México, Distrito Federal a los cinco días del mes de junio de mil novecientos noventa y cuatro.- Por el Ejecutivo Federal.- El Secretario de Desarrollo Social, Carlos Rojas Gutiérrez.- Rúbrica.- El Secretario de Turismo, Jesús Silva Herzog.- Rúbrica.- Por el Gobierno del Estado de Quintana Roo.- El Gobernador Constitucional, Mario Ernesto Villanueva Madrid.- Rúbrica.- El Secretario General de Gobierno, Raúl Santana Bastarrachea.- Rúbrica.- Por los H.H. Ayuntamientos de Benito Juárez, Cozumel y de Solidaridad.- El Presidente Municipal de Benito Juárez, Carlos Cardin Pérez.- Rúbrica.- El Presidente Municipal de Cozumel, Germán García Padilla.- Rúbrica.- El Presidente Municipal de Solidaridad, Ramón Severo Novelo Cárdenas.- Rúbrica.- El Secretario General del H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Mario Bernardo Ramírez Canul.- Rúbrica.- El Secretario General del H. Ayuntamiento de Cozumel, Víctor Manuel Vivas González.- Rúbrica.- El Secretario General del H. Ayuntamiento de Solidaridad, Rafael Ernesto Medina Rivero.- Rúbrica.



Anexo 1 (extracto)



PLANO DE POLÍTICAS ECOLÓGICAS, VOCACIONES DE USO DEL SUELO Y CRITERIOS ECOLÓGICOS GENERALES.



## Anexo 2 (extracto pág. 15)

ACUERDO DE COORDINACION PARA EL ORDENAMIENTO ECOLOGICO DE LA REGION DENOMINADA  
CORREDOR CANCUN TULUM PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLOGICO

# Prospección ecológica de los arrecifes coralinos de los Cayos Arcas y Triángulos, Campeche, México.

## Impacto ambiental de una década de actividades de la industria petrolera

Adrian R. Ferré-D'Amaré

DEPARTMENT OF MOLECULAR BIOPHYSICS AND BIOCHEMISTRY, YALE UNIVERSITY,  
P.O. BOX 208114, NEW HAVEN, CT 06520-8114, USA.

### RESUMEN

Investigaciones anteriores que arrancan hace más de tres décadas demostraron que los arrecifes coralinos del Banco de Campeche son los únicos arrecifes altamente desarrollados en el Golfo de México. En la última década, la proliferación de actividades petroleras en las inmediaciones de uno de estos arrecifes, Cayo Arcas, ha causado preocupación sobre su estado ambiental, motivando el presente estudio. La cobertura de substrato sólido por coral vivo se determinó a lo largo de varios trayectos en Cayo Arcas, y se comparó con valores encontrados antes del advenimiento de la industria petrolera. La examinación de los corales de Cayo Triángulo Oeste sirvió como testigo. Este arrecife era comparable a Arcas hace quince años; puesto que se encuentra a sólo 90 km de Arcas, ha sido sujeto a las mismas condiciones meteorológicas y oceanográficas, pero no han existido actividades petroleras en Triángulo. Se encontró que ha habido destrucción extensa de los arrecifes de Cayo Arcas durante la última década. El daño ha sido particularmente severo en las porciones más someras del arrecife, y en zonas que tienen circulación restringida de masas de agua, con mortandad coralina catastrófica en la laguna arrecifal. En contraste, Cayo Triángulo Oeste todavía presenta vigoroso crecimiento coralino en toda la extensión vertical del arrecife. Se demostró que disturbios ambientales antropogénicos, resultado de actividades petroleras restringidas a Cayo Arcas, han causado marcada destrucción arrecifal.

**PALABRAS CLAVE:** Cayo Arcas, Cayo Triángulos, Campeche, arrecifes coralinos, degradación ambiental.

### ABSTRACT

Research starting over thirty years ago demonstrated that the coral reefs of the Campeche Bank are the only highly-developed coralline bioherms in the Gulf of México. This study addresses the environmental effects of the expansion during the last decade of activities related to the oil industry in the surrounding area of one of these reefs, Cayo Arcas. Live coral covered by solid substratum in this reef was evaluated along linear transects, and compared with values found before the beginning of oil-related activities. As a control, the corals of Cayo Triángulo Oeste were examined. This reef, located 90 km from Arcas, was ecologically comparable to Arcas fifteen years ago, and has been exposed to the same meteorological and oceanographic conditions; there have been no oil-related activities in Triángulo, however. Extensive destruction of the corals of Cayo Arcas was documented. The damage is particularly severe in shallow water and in reef areas with reduced water circulation. The study shows a catastrophic reduction of coral coverage in the lagoon. On the other hand, coral



## Introducción

En el litoral Atlántico de México ocurren tres grupos de arrecifes coralinos caracterizados por su ubicación geográfica, la hidrología de las aguas circundantes, y las propiedades del desarrollo arrecifal. Estos son: (1) los arrecifes del margen occidental del Golfo de México; (2) los arrecifes del Banco de Campeche; y (3) los arrecifes de la costa oriental de la Península de Yucatán (Ferré-D'Amaré, 1985; Wells, 1988). Los arrecifes del primer grupo, representados por estructuras cercanas a los puertos de Veracruz y Tuxpan, se encuentran en lo que es básicamente una cuenca de sedimentación terrígena con temperaturas invernales limitantes para el crecimiento coralino, y su desarrollo es marginal. La extensión sumergida de la Península de Yucatán de hasta unos 200 km al oeste y noroeste se conoce como el Banco de Campeche, y está compuesto por calizas del Mioceno y del Plioceno con una delgada fachada de material del Holoceno (Bonet, 1967). Seis conjuntos de estructuras arrecifales bien desarrolladas emergen y forman un gran arco sobre el margen oeste-noroeste del banco: Cayo Arcas, Cayos Obispo, Cayos Triángulo, Cayo Nuevo y Bancos Ingleses, Cayo Arenas, y Arrecife Alacrán. Estos arrecifes poseen características ecológicas y geomorfológicas que los distinguen de los arrecifes coralinos de la Cuenca del Caribe, aunque faunísticamente son muy similares a estos últimos. Finalmente, la angosta plataforma continental de la costa este de la Península de Yucatán sostiene un sistema arrecifal bordeante/barrera discontinuo, con características típicas de arrecifes coralinos caribeños bien desarrollados (Gutiérrez *et al.*, 1993). Hidrológicamente, los tres grupos de arrecifes se encuentran separados entre sí por dos afloramientos limitados de aguas profundas, frías y ricas en nutrientes con temperaturas de 17-18° (por debajo del límite inferior para crecimiento de corales, que es de 20-21°C); uno en el hombro noreste de la plataforma continental de la Península de Yucatán (Espinosa y Merino, 1994) y otro en el extremo sur del Banco de Campeche (Glynn, 1973).

Los arrecifes coralinos emergidos actuales del Banco de Campeche están creciendo sobre prominencias submarinas que ascienden hasta unos 30-35 m bajo el nivel del mar; estas prominencias a su vez se elevan desde una terraza submarina que se encuentra a 50-60 m bajo el nivel del mar. Estudios radiocronológicos efectuados sobre material extraído de una perforación en Isla Pérez, Arrecife Alacrán, indican que los primeros 30-35 m corresponden a crecimiento arrecifal del Holoceno (9,000 años antes del presente hasta la actualidad), mientras que el material entre esa profundidad y la terraza a 50-60 m es crecimiento arrecifal anterior (Macintyre *et al.*,

1977). El nivel medio del mar comenzó su ascenso desde 30-35 m por debajo del nivel actual a comienzos del Holoceno; los arrecifes emergidos del Banco de Campeche han mantenido un paso de acumulación de carbonato de calcio suficiente para emerger. La radiocronología indica que estos ecosistemas han tenido acumulaciones máximas de hasta 12 m/1,000 años, frente a un ascenso del nivel de mar de 3-4 m/1,000 años; es decir, los arrecifes del Banco de Campeche han emergido sólo en sus épocas más recientes. Esta tasa de acumulación sedimentaria, extraordinariamente rápida, ha sido posible por la proliferación del frágil coral *Acropora cervicornis*, de veloz crecimiento (hasta 2.2 cm/mes de longitud), en aguas tranquilas a sotavento de la cresta arrecifal dominada por el robusto coral *Acropora palmata* (Neuman y Macintyre, 1985).

Cayos Obispo, Triángulos, y Bancos Ingleses son paredes arrecifales simples o fusionadas, con taludes externos de pendiente acusada y arrecifes posteriores angostos. Estas paredes están orientadas de suroeste a noreste, dando su lado angosto hacia la dirección predominante de vientos y olas. Son relativamente pequeños, con la pared más larga midiendo no más de tres kilómetros. Algunos de estos poseen cayos semiemergidos, pero ninguno sostiene vegetación. Cada uno de los grupos arrecifales de Arcas y Arenas consiste de tres muros arrecifales con forma de creciente, con acumulaciones sedimentarias a sotavento de considerable magnitud y arrecifes posteriores de varios centenares de metros de ancho. Estos arrecifes carecen de crecimiento coralino en su perímetro de sotavento. Cayos con cantidades variables de vegetación se encuentran sobre los arrecifes posteriores de estos grupos. La longitud de estos arrecifes no excede los cinco kilómetros. Finalmente, Arrecife Alacrán es un atolón con crecimiento coralino significativo en sus perímetros tanto de barlovento como de sotavento, que mide unos 22 km de largo por unos 11 de ancho. El atolón posee un margen de barlovento bien desarrollado y semiemergido y un margen de sotavento casi emergido. Un gran número de arrecifes parche en la laguna arrecifal hacen las dos terceras partes de barlovento del arrecife muy someras. Arrecife Alacrán cuenta con cinco cayos arenosos, el más grande de los cuales, Isla Pérez, sostiene vegetación permanente (Logan, 1969; Ferré-D'Amaré, 1985).

Los arrecifes coralinos del Banco de Campeche son los representantes plenamente desarrollados más boreales del biotipo arrecifal de la Cuenca del Caribe. Sin embargo, por estar creciendo en un ambiente con energía de oleaje superior a lo que prevalece en el Caribe, la zonación de los arrecifes campechanos difiere marcadamente de los caribeños. Además, estos arrecifes carecen de dos géneros de algas que caracterizan a los arrecifes caribeños: el alga calcárea



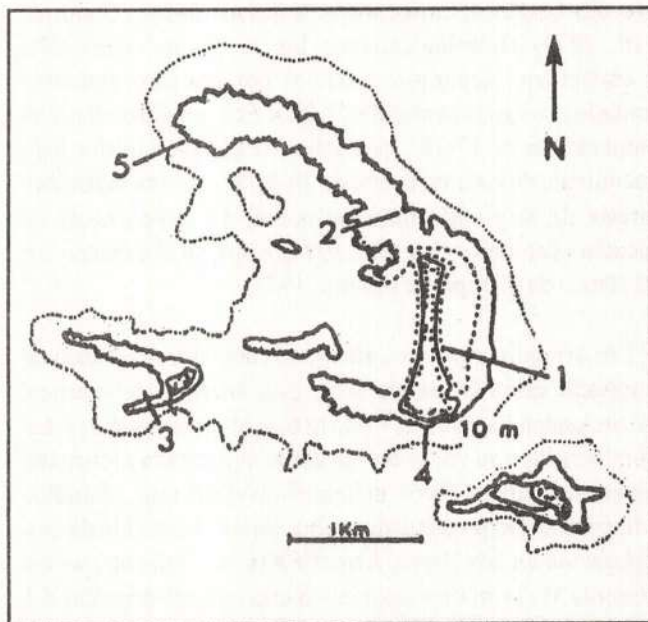
*Halimeda* sp. y el pasto marino *Thalassia* sp. (Logan, 1969; Arrecife Alacrán posee ambas especies). El rápido crecimiento arrecifal al que se aludió arriba se ha dado, en consecuencia, a pesar de una acelerada erosión física debido al oleaje, y en la ausencia de precipitación suplementaria de carbonato de calcio por *Halimeda*, responsable de una fracción significativa de los sedimentos biogénicos en el Caribe.

A comienzos de la década de los 80's, Petróleos Mexicanos instaló un importante puerto de embarque de petróleo en las inmediaciones de Cayo Arcas (Orme, 1982). En la actualidad, la facilidad cuenta con un sistema de plataformas y cuatro monoboyas capaces de embarcar más de la mitad de la producción nacional diaria de petróleo crudo. Todas estas facilidades están ubicadas dentro de un radio de 10 km alrededor del arrecife y son visitadas constantemente por buques cisterna. La prospección efectuada en Cayos Arcas y Triángulos en febrero de 1995 tuvo como objetivo evaluar el impacto ambiental de actividades humanas en Cayo Arcas durante la última década. Para este fin, se utilizó el método comparativo, tanto cronológico como geográfico. Cronológicamente se aprovecharon los resultados de prospecciones de los arrecifes de Arcas y Triángulo efectuados con anterioridad. La comparación de los resultados obtenidos en 1995 con los de los investigadores anteriores permitirían evaluar cambios ocurridos recientemente en los arrecifes. Geográficamente, el diseño experimental comparativo aprovechó la existencia de varios grupos arrecifales en el Banco de Campeche, sólo uno de los cuales, el más meridional, Cayo Arcas, ha visto el desarrollo de actividades relacionadas con la industria petrolera en aguas próximas. Concretamente, estudios anteriores (Logan, 1969; Farrell *et al.*, 1983; Chávez *et al.*, 1985) establecieron que tanto la composición faunística como la zonación arrecifal eran similares en Cayo Arcas y Cayo Triángulo Oeste en fechas anteriores al advenimiento de las actividades petroleras. Cayo Triángulo Oeste se encuentra a sólo 90 km al norte de Cayo Arcas, por lo que los impactos ambientales de disturbios meteorológicos tales como bajamares extremas, huracanes, precipitación extrema, que hubiesen afectado Arcas habrían afectado igualmente a Triángulo. Por otra parte, dadas sus más reducidas dimensiones y por yacer al norte de la zona de extracción petrolera, Triángulos no ha sido utilizado para fines relacionados con esta industria. Además, este grupo arrecifal se encuentra a barlovento de Arcas, en términos tanto de vientos predominantes como del flujo de la Corriente del Golfo. Esto haría que contaminantes flotantes generados en la Sonda de Campeche o en las cercanías de Arcas no afectarían a Triángulos. En cambio, contaminantes generados en la Cuenca del Caribe, afectarían igualmente a ambos arrecifes. Estas características hacen de Triángulos un testigo idóneo para deducir si cambios ambientales observados en Arcas se deben

a fenómenos naturales locales o globales o son efectos antropogénicos localizados.

## Área de estudio

Cayo Arcas (Figura 1) está ubicado a 20°13' de latitud norte, 91°58' de longitud oeste. El arrecife más largo es el que rodea el lado de barlovento del Cayo Centro, y mide unos 3 km de su punta noroeste a su extremo sureste; cuenta con un arrecife posterior somero de hasta 300 m de ancho. La estructura de sus comunidades coralinas fue descrita primero por Logan *et al.* (1969), y más recientemente por Farrell *et al.* (1983). Estos investigadores encontraron una rica comunidad arrecifal, consistente de por lo menos 20 especies hermatípicas en 13 géneros, un crecimiento coralino vigoroso, con coberturas de sustrato sólido de 60-90% en el talud profundo de barlovento; casi 100% en la zona de *A. palmata* en el talud somero de barlovento; y una zona de alta densidad de *A. cervicornis* creciendo en praderas monoespecíficas de varios centenares de metros de ancho con casi 100% de cobertura de sustrato, en el arrecife posterior. Los arrecifes que circundan Cayo Este y Cayo Oeste son menores, pero presentan esencialmente las mismas características. La laguna arrecifal a sotavento del arrecife de Cayo Centro es popular como refugio durante mal tiempo para embarcaciones pesqueras o asociadas a las plataformas y estaciones de embarque de petróleo localizadas en las inmediaciones.



MAPA 1. CAYO ARCAS. SE INDICAN LOS TRANSECTOS EFECTUADOS (1, 2, 3, 4 Y 5) POR FARELL Y COLABORADORES EN 1982 Y REVISITADOS DURANTE ESTA PROSPECCIÓN. (MODIFICADO DE FARELL *et al.*, 1983.)



Faros, balizas, habitaciones asociadas e instalaciones de la Armada de México ocupan una parte de Cayo Centro. Faros anteriores datan de por lo menos finales del siglo pasado. Los cayos de Arcas tienen vegetación macroscópica permanente, incluyendo especies colonizadoras comunes así como cactáceas presumiblemente introducidas antropogénicamente. La presencia de vegetación resulta en una población significativa de aves como la fragata (*Fregata magnificens*), y la abundancia de arena fina resulta en una gran población de pájaros bobos (*Sula dactylatra*) que necesitan arena para anidar.

El grupo arrecifal llamado Cayos Triángulos consiste de dos paredes arrecifales aisladas, Cayo Triángulo Este y Cayo Triángulo Sur, y un arrecife semicircular producto de la fusión de dos paredes arrecifales creciendo casi ortogonalmente, Cayo Triángulo Oeste (ubicación: 20°58' de latitud norte y 92°18' de longitud oeste). Sus comunidades coralinas fueron descritas por primera vez en algún detalle por Logan *et al.* (1969). Después, la única mención hecha en la literatura es la de Chávez *et al.* (1985) quienes ofrecen pocos detalles adicionales a los del primer trabajo. Triángulo Oeste, el mejor descrito de los tres arrecifes (Figura 2) tiene forma elíptica con semiejes que miden aproximadamente uno y medio kilómetro respectivamente. Un profundo canal que corre de suroeste a noreste divide al arrecife en su mayor parte, dándole forma de "U", con los brazos orientados hacia el oeste y el sur. El canal tiene paredes casi verticales, que desembocan en un fondo arenoso de una profundidad de unos 15 m en su extremo más somero (noreste), y de 30-35 m (el

nivel de la plataforma submarina sobre la que está creciendo el arrecife) en su extremo más profundo (suroeste). La donación arrecifal (descrita por Logan *et al.*, 1969) del talud arrecifal de barlovento es muy similar al descrito para Arcas. *A. palmata* crece en las zonas más expuestas a oleaje oceánico, y forma una barrera a cuya sombra puede crecer el frágil *A. cervicornis*. En el canal intraarrecifal, a profundidades de cinco a ocho metros, crecen grandes praderas casi monoespecíficas de *A. cervicornis*: si bien Triángulo Oeste carece de una laguna arrecifal como la presente en Arcas o en Arenas, las zonas del canal intraarrecifal con profundidades correspondientes al arrecife posterior y a la laguna arrecifal de Arcas sostienen comunidades coralinas similares. Las comunidades coralinas del talud de barlovento profundo de Triángulo Oeste son también similares a las de Arcas. El brazo sur de Triángulo Oeste tiene un cayo emergido, constituido por grandes fragmentos no consolidados de *A. palmata* muerto. La carencia de arena resulta en la ausencia de aves oceánicas que anidan permanentemente aquí. Un faro y habitaciones asociadas han sido construidas en el cayo.

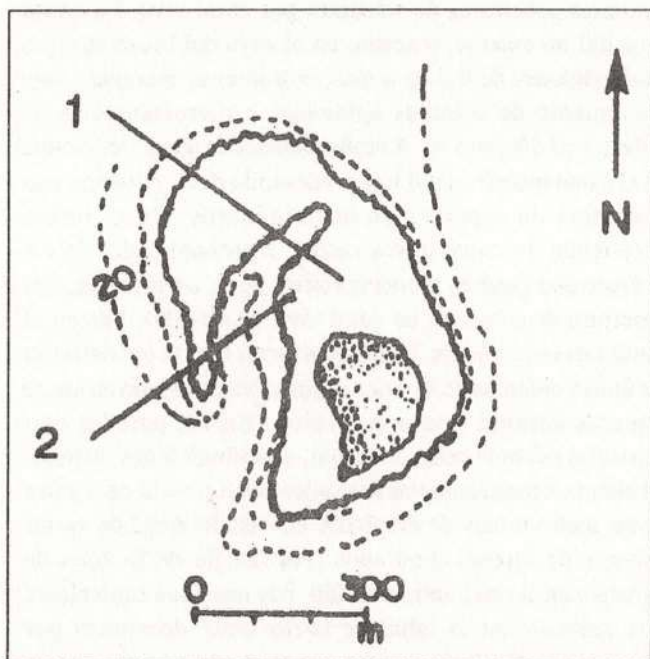
## Materiales y métodos

La zonación arrecifal y la cobertura de substrato sólido por coral viviente se evaluó sobre transectos lineales (Loya, 1978; Kenchington, 1978) usando buceo libre y autónomo. En Cayo Arcas los transectos se escogieron de manera que coincidieran con los utilizados por Farrell *et al.* (1983), permitiendo así una comparación directa de los cambios sufridos por el arrecife durante la década pasada. En Cayo Triángulo Oeste, se efectuaron dos transectos como se indica en la Figura 2. Estos se escogieron para obtener información sobre el estado de los corales en la zona protegida de oleaje de este arrecife, pues se encontró que ésta es precisamente la zona con mayor evidencia de daño antropogénico en Cayo Arcas. Además, la zonación en esta parte del arrecife no ha sido descrita en detalle. Las especies de corales hermatípicos presentes en los dos sistemas arrecifales examinados en esta prospección se determinaron obteniendo fotografías subacuáticas a diversas magnificaciones de un gran número de colonias coralinas en los diversos transectos examinados.

## Resultados

### ZONACIÓN

Esta prospección confirmó en rasgos generales lo descrito anteriormente sobre los taludes arrecifales de barlovento de los arrecifes del Banco de Campeche, que comparten una zonación muy similar. Si existe substrato sólido, una



MAPA 2. CAYO TRIÁNGULO OESTE. SE INDICAN LOS TRANSECTOS EFECTUADOS EN ESTA PROSPECCIÓN (MODIFICADO DE CHÁVEZ *et al.*, 1985).



comunidad de densidad moderada dominada por *Agaricia agaricites*, *Montastrea* sp., y *Solenastrea* sp., junto con algas calcáreas del género *Lithothamnium* se presenta a partir de 35-40 m por debajo del nivel del mar hasta una profundidad de 25-30 m. De esta profundidad a unos 10 m una comunidad compuesta predominantemente por *Montastrea* sp., *Porites astreoides*, y *Diploria* sp. Esta comunidad es sustituida por un crecimiento denso (>75% de cobertura viviente) y casi monoespecífico de *Acropora palmata*, que domina entre 10 y 2-3 m bajo el nivel del mar. Por encima de esta comunidad, se encuentran especímenes aislados de *A. palmata* e hidrocorales del género *Millepora*, pero los organismos predominantes son las anémonas coloniales *Palythoa caribaea* y *Zoanthus sociatus*. La cresta arrecifal semi-emergida consiste de algunos fragmentos coralinos moderadamente consolidados por algas calcáreas y gran cantidad de escombros arrecifal no consolidado. A sotavento de la cresta arrecifal se da el arrecife posterior, primero con *A. palmata* en la zona de mayor energía de marejada, seguido por crecimiento extenso y monoespecífico del frágil *A. cervicornis*. A sotavento se encuentra la comunidad de arrecife posterior más profundo (>5-8 m) compuesto por corales masivos de los géneros *Diploria*, *Colpophyllia*, *Montastrea*, *Porites*, y *Siderastrea* (Logan, 1969; Farrell et al., 1983).

En Cayo Arcas se documentó durante esta prospección que el talud arrecifal de barlovento profundo comienza a 27 m en las dos terceras partes del noroeste del arrecife principal, mientras que el fondo arenoso aparece a 25-20 m en la parte sur y en el canal que separa a Cayo Centro de Cayo Sur. Tal como fue reportado anteriormente, *Agaricia agaricites* sólo se encuentra en los dos o tres metros más profundos del talud arrecifal. Entre 27 y 20 m, la comunidad coralina es muy diversa, con especies de los géneros *Agaricia*, *Siderastrea*, *Porites*, *Diploria*, *Colpophyllia*, *Montastrea*, *Dichocoenia*, *Mussa*, *Mycetophyllia*, y *Eusmilia*. La cobertura de coral vivo es de 75-90% en esta zona, predominando corales con formas incrustantes. Entre 10 y 20 m de profundidad en el talud frontal profundo, hay clara dominancia de los géneros *Montastrea* y *Diploria*, en forma de grandes colonias hemisféricas, con presencia de numerosos octocorales y ocasional presencia de colonias pequeñas (< 50 cm) de *A. cervicornis*. La cobertura de sustrato por coral vivo es de 60-80 % en esta zona. Entre 10 y tres metros de profundidad, predomina *A. palmata*, con presencia de algunas colonias de corales del género *Millepora*. La cobertura es de 5-25%, y la mayor parte de las colonias de *A. palmata* son de tamaño mediano a pequeño (< 1m). Por encima de esta zona hay un área carente de crecimiento coralino, en que anémonas coloniales cubren esqueletos de coral muerto. Logan (1969) reportó que la cresta

arrecifal, compuesta de debris coralino, era apenas emergente durante bajamar. En el área cercana a Cayo Centro, encontramos que algunas secciones de la cresta son ahora emergentes aún durante pleamar, sugiriendo una considerable acumulación, o (como indican otros resultados presentados abajo) considerable mortandad reciente de coral.

En marcado contraste con el talud arrecifal de barlovento, el arrecife posterior y la laguna arrecifal de Arcas presentan hoy un panorama muy diferente al observado hace una década. La zona de *A. palmata* en el arrecife posterior (a profundidades de medio a dos metros), consiste predominantemente de coral muerto. Los pocos corales vivos tienen áreas muertas en las partes más elevadas de la colonia, y el tejido vivo está restringido a las caras inferiores de las mismas. La zona del arrecife posterior que solía ser ocupada por la pradera monoespecífica de *A. cervicornis* (a 3-8 m de profundidad) está ocupada hoy por una pradera de esqueletos muertos de estos corales, con una mínima cobertura viviente (<5%). En la laguna arrecifal que circunda Cayo Centro se encontraron arrecifes parche compuestos predominantemente por *A. palmata* (sólo en las zonas con más vigorosa circulación de agua, al norte de Cayo Centro) *Diploria* sp., *Siderastrea* sp., *Colpophyllia* sp., y *Porites* sp. Se confirmó la ausencia de algas del género *Halimeda* y el pasto marino *Thalassia*.

El talud arrecifal de barlovento de Triángulo oeste es muy similar al de Cayo Arcas, y presenta la misma zonación, con similares coberturas de sustrato por coral vivo. La cresta arrecifal no emerge, (excepto en el cayo del brazo sur) y a profundidades de 0.5 m o más, con intensa marejada, hay crecimiento de colonias aplanadas o incrustantes de *A. palmata* y *Millepora* sp. A profundidades de uno a tres metros en el canal intraarrecifal hay predominio de *A. palmata*, con presencia de especies de otros géneros. En el tercio nororiental del canal intraarrecifal, a profundidades de 3-8 m crece una pradera monoespecífica de *A. cervicornis*, con cobertura de sustrato de coral vivo de 40-80%. Fue en el canal intraarrecifal de Triángulos Oeste que se encontraron las únicas colonias de *Agaricia agaricites* creciendo en aguas someras durante esta prospección. En las paredes casi verticales del lado oeste del canal, a profundidades de tres a 10 metros, crecen colonias discoideas de *Agaricia agaricites* de un metro o más de diámetro, cubriendo áreas de varias docenas de metros cuadrados. Por debajo de la zona de *Agaricia* en el canal intraarrecifal, hay una zona equivalente a la presente en el talud de barlovento, dominada por *Montastrea*, *Diploria* y otras especies globulares, que se vuelven incrustantes conforme aumenta la profundidad, hasta que se encuentra el fondo arenoso a 30-35 m.



## DIVERSIDAD CORALINA

Se identificaron las 26 especies de corales hermatípicos que se listan en la Tabla 1. Como resultado de esta prospección se reporta por vez primera la presencia del coral hermatípico caribeño *Mycetophyllia aliciae* en arrecifes del Golfo de México.

## COBERTURA CORALINA VIVIENTE

La cobertura de sustrato sólido de coral vivo determinada durante esta prospección de Arcas y Triángulo Oeste se compara en forma sinóptica con la reportada para los mismos arrecifes hace una década en la Tabla 2.

TABLA 1. ESPECIES DE CORALES HERMATÍPICOS PRESENTES EN LOS ARRECIFES DE CAYOS ARCAS Y TRIÁNGULOS.

| Corales Hermatípicos               |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Suborden Asrocoeniina</b>       |  |
| Familia Pocilloporidae             |  |
| <i>Madracis decactis</i>           |  |
| Familia Acroporidae                |  |
| <i>Acropora palmata</i>            |  |
| <i>Acropora cervicornis</i>        |  |
| <b>Suborden Faviina</b>            |  |
| Familia Faviidae                   |  |
| <i>Favia fragum</i>                |  |
| <i>Diploria clivosa</i>            |  |
| <i>Diploria labyrinthiformis</i>   |  |
| <i>Diploria strigosa</i>           |  |
| <i>Colpophyllia natans</i>         |  |
| <i>Colpophyllia breviseriallis</i> |  |
| <i>Montastrea annularis</i>        |  |
| <i>Montastrea cavernosa</i>        |  |
| <i>Mancina areolata</i>            |  |
| <i>Cladocora arbuscula</i> (*)     |  |
| Familia Meandrinidae               |  |
| <i>Meandrina meandrites</i>        |  |
| <i>Dichocoenia stokesi</i>         |  |
| Familia Mussidae                   |  |
| <i>Mussa angulosa</i>              |  |
| <i>Mycetophyllia lamarckiana</i>   |  |
| <i>Mycetophyllia aliciae</i>       |  |
| Familia Oculinidae                 |  |
| <i>Oculina diffusa</i> (*)         |  |
| <b>Suborden Caryophylliidea</b>    |  |
| Familia Caryophylliidea            |  |
| <i>Eusmilia fastigata</i>          |  |

\* No encontrada en este estudio, pero reportada por Farell et al. 1983.

TABLA 2. COMPARACIÓN SINÓPTICA DE COBERTURA HERMATÍPICA VIVIENTE EN DIFERENTES ZONAS ARRECIFALES DE CAYO ARCAS Y CAYO TRIÁNGULO OESTE ENCONTRADOS ENTRE 1969-1983 (FARELL et al., 1983); LOGAN 1969; CHÁVEZ et al., 1985) Y LOS ENCONTRADOS EN ESTA PROSPECCIÓN (1995).

| Zona arrecifal                                      | Cobertura hermatípica viviente (%) |            |                 |
|---|------------------------------------|------------|-----------------|
|   | Arcas y Triángulos 1969-1983       | Arcas 1995 | Triángulos 1995 |
| Talud arrecifal de barlovento profundo              | 70-90                              | 70-90      | 70-90           |
| Talud barlovento somero zona de <i>A. palmata</i>   | 20-75                              | 5-25       | 50-75           |
| Arrecife posterior de zona de <i>A. palmata</i>     | 20-60                              | 10-20      | 20-60           |
| Arrecife posterior de zona de <i>A. cervicornis</i> | 40-100                             | 0-5        | 40-80           |

## Discusión

La zonación arrecifal en el Banco de Campeche difiere un tanto de la zonación típica de arrecifes coralinos de la Cuenca del Mar Caribe. En esos sistemas arrecifales, tales como los ahora difuntos arrecifes de Jamaica (Hughes, 1994), o los todavía florecientes de Belice (Burke, 1982), el frágil coral *A. cervicornis* crece en el talud externo de barlovento a profundidades que en el Banco de Campeche domina el más robusto *A. palmata*. Asimismo, la zona más somera que es ocupada predominantemente por anémonas coloniales en Campeche es ocupada por *A. palmata* en arrecifes del Caribe. El frágil coral *Agaricia agaricites* suele crecer a profundidades de ocho a 15 m en el talud arrecifal de barlovento en el Caribe; en los taludes de barlovento de Campeche ocurre sólo a profundidades de 25 m o más. Todas estas diferencias pueden atribuirse a que los arrecifes de Campeche se desarrollan en aguas con energía de oleaje considerablemente superior al de localidades caribeñas. Es por esto que las especies más frágiles no ocurren en el talud externo de barlovento, u ocurren muy profundo (el caso, respectivamente, de *A. cervicornis* y *A. agaricites*) y especies más robustas ocupan profundidades dominadas por estas especies en otros arrecifes (la ocurrencia de *A. palmata* a 10 m en el talud externo, donde crece *A. cervicornis* en otros arrecifes, o la dominancia de especies masivas de los géneros *Diploria*, *Montastrea*, y *Colpophyllia* en aguas de profundidad intermedia en el mismo talud, donde predomina *Agaricia* en el Caribe).



Una confirmación del papel primordial de la intensidad del oleaje en el Banco de Campeche en determinar la estructura de la comunidad coralina de los taludes arrecifales de barlovento fue el descubrimiento de grandes colonias de *Agaricia* en aguas someras del canal intraarrecifal de Triángulo Oeste. La geomorfología de este sitio provee un hábitat único en el Banco de Campeche, con fuerte circulación de masas de agua pero a resguardo del oleaje oceánico. Salvo por este descubrimiento, la estructura de la comunidad coralina de Cayo Triángulo Oeste es indistinguible de la descrita hace una década, y la presencia de la floreciente pradera monoespecífica de *A. cervicornis* en el mismo canal intraarrecifal confirma que los arrecifes del Banco de Campeche pueden, efectivamente, sostener crecimiento vigoroso de esta especie.

Como resultado de la presente prospección y en conjunto con resultados obtenidos por otros investigadores, se establece que por lo menos 26 especies de corales hermatípicos distribuidos en 16 géneros, 10 familias y 4 subórdenes están presentes en los arrecifes meridionales del Banco de Campeche. Considerando que esta lista resulta de prospecciones que no han sido exhaustivas, el número de especies encontradas implica que faunísticamente, estos arrecifes son comparables con el mucho mayor y mejor estudiado Arrecife Alacranes al norte de la Península de Yucatán y con la fauna coralina reportada para el litoral este de la misma (38 especies; Castañares y Soto, 1982). El número de especies presentes en Campeche supera ampliamente a lo reportado para los arrecifes cercanos a Veracruz (14 a 16 especies; Glynn, 1973). Sin duda, estudios más detallados resultarán en el registro de otras especies coralinas del dominio zoológico del Caribe en los arrecifes del Banco de Campeche.

La cobertura de substrato sólido de coral vivo registrada durante esta prospección de Arcas y Triángulo Oeste, comparada con la reportada para los mismos arrecifes hace una década en la Tabla 2, hace evidente que las zonas someras y lagunares de Cayo Arcas han sufrido un catastrófico abatimiento en cantidad de coral vivo. En contraste, los corales de Cayo Triángulo Oeste parecen haber sufrido una mínima disminución en su extensión. La salud de los arrecifes de Triángulos implica que las causas de la destrucción de los arrecifes de Arcas están localizadas en las inmediaciones de este grupo arrecifal. La distribución vertical del daño sobre las comunidades coralinas de Arcas implica que los factores ambientales detrimentales han tenido que ver con la calidad del agua, y se trata de contaminantes que: (1) flotan en la columna de agua; o (2) se encuentran en suspensión y tienen una residencia prolongada o crónica en la laguna arrecifal.

El primer caso (1), se deduce de la ausencia de daño aparente en el talud arrecifal profundo de barlovento, una zona profunda y expuesta a fuerte circulación de agua, bañada constantemente por aguas oceánicas, y de la severidad del daño en las zonas someras, tanto a barlovento como a sotavento de la cresta arrecifal (las zonas de *A. palmata*). Por otra parte (2), se deduce del deterioro catastrófico de la comunidad de *A. cervicornis* en el arrecife posterior de Arcas. La presencia, todavía exuberante, de esta especie en Triángulo indica que no ha habido cambios regionales o globales que impidan florecer a esta especie en el Banco de Campeche en ausencia de disturbios antropogénicos. La presencia de colonias sanas de *A. cervicornis* en el talud arrecifal profundo de barlovento en Arcas indica que no ha habido trastornos biogénicos (tales como enfermedades propias de este coral, o falta de fertilidad) que impidan a esta especie florecer en Arcas en ausencia de disturbios antropogénicos. Se concluye que actividades humanas restringidas a Arcas han sido las responsables del catastrófico deterioro de la comunidad del arrecife posterior de este sistema arrecifal. Puesto que tanto Arcas como Triángulo han sido sitio de construcción de faros y habitaciones asociadas, esta actividad no ha sido la responsable de la destrucción. Es inevitable destacar a las actividades relacionadas con la industria petrolera como las responsables.

Se señaló arriba que una diferencia significativa entre arrecifes de la Cuenca del Caribe y los de Campeche es la ausencia de algas *Halimeda* y los pastos marinos *Thalassia* en estos últimos (Logan, 1969; Farrell *et al.*, 1983; Chávez *et al.*, 1985). La ausencia de estos géneros en los arrecifes de Campeche (con excepción de Alacranes, que en este sentido es más similar a atolones del Caribe) implica (a) que casi todo el carbonato de calcio precipitado, y en consecuencia casi todo el crecimiento de los arrecifes, es debido a corales; (b) la ausencia de *Thalassia* resulta en la ausencia de la típica comunidad lagunar caribeña rica en sedimentos y fauna asociada tales como holotúridos; además la poca acumulación de sedimentos resulta en un borde de sotavento no desarrollado, y da lugar a la forma de creciente de estos arrecifes; y (c) que partículas finas de sedimento no son atrapadas eficazmente en el arrecife, de forma que de interrumpirse el crecimiento coralino la denudación de estas estructuras sería muy veloz.

En suma, los bien desarrollados arrecifes coralinos del Banco de Campeche, si bien comparten todas sus especies coralinas, y la mayor parte de la fauna asociada, con arrecifes de la cuenca del mar Caribe, difieren de los últimos en un número substancial de características que los hacen únicos.



## Conclusiones y recomendaciones

La prospección ecológica de Cayo Arcas llevada a cabo en Febrero de 1995 demostró que ha habido deterioro ambiental considerable debido a la forma en que se han llevado a cabo actividades relacionadas con la industria petrolera en las inmediaciones. Al proponer se hagan esfuerzos por conservar ecosistemas es pertinente proporcionar justificación. Para el caso de Cayo Arcas hay por lo menos cuatro razones importantes. (1) Científicamente, los arrecifes coralinos de Cayo Arcas son de gran importancia para constituir, junto con sistemas arrecifales vecinos en el Banco de Campeche, los únicos arrecifes coralinos altamente desarrollados en el Golfo de México. Como tal, son ecosistemas únicos, y depositorios importantes de biodiversidad marina; (2) Económicamente, Cayo Arcas, con sus arrecifes coralinos, su flora de isla oceánica, sus aves marinas, y su paisaje espectacular, es un recurso invaluable para el ecoturismo; (3) Económicamente también, la laguna arrecifal de Arcas provee a la comunidad pesquera del Banco de Campeche de un importante puerto de refugio durante temporales. Debido a la rápida denudación de estos arrecifes, de interrumpirse el crecimiento coralino, pronto dejará de haber puerto de refugio; (4) Estéticamente, los arrecifes coralinos proveen una fuente renovable de belleza que enriquece el espíritu humano.

Por lo anterior, y considerando que el potencial pesquero de estos arrecifes es mínimo, dadas sus reducidas dimensiones; y que la zona de mayor potencial petrolero del Banco de Campeche se encuentra más al sur, hacemos las siguientes recomendaciones tendientes a la conservación y aprovechamiento de los arrecifes de Cayo Arcas. (1) Hacer de los arrecifes coralinos emergidos del Banco de Campeche una

reserva de la biosfera, en donde no se permita extracción de seres vivos o materiales minerales desde los cayos hasta la isóbata de 20 brazas; (2) Modificar los protocolos de operación de las instalaciones de Petróleos Mexicanos para reducir la emisión de contaminantes, no sólo en forma de derrames de crudo sino también durante el lavado de instalaciones y buques cisterna; (3) Prohibir construcción adicional en los cayos de los arrecifes del Banco de Campeche. Si se necesita habitación adicional, se deberán usar embarcaciones o balsas estacionadas en la laguna arrecifal; (4) Instalar una serie de muertos de concreto con boyas en varios sitios en la laguna arrecifal de Arcas, lo mismo que en sitios de interés en los otros arrecifes, para que las embarcaciones que deseen fondearse puedan amarrarse, en vez de tirar anclas, destruyendo corales en cada maniobra; (5) Solucionar el problema de la basura generada por la ocupación humana de estos cayos; (6) Si se desea hacer turismo con buceo, será deseable hacer una limpieza de los arrecifes de Arcas, que tienen cantidades considerables de artes de pesca perdidas o abandonadas, sobre todo al talud profundo, sitio muy atractivo para entusiastas del buceo por la presencia de especies pelágicas.

## Agradecimientos

Este trabajo fue motivado y hecho posible por el Gobierno del Estado de Campeche, y en particular por el Lic. A. Abreu, el Ing. D. Coh, y sus entusiastas colaboradores. El autor desea agradecer a los encargados de los faros de Cayo Arcas y Cayo Triángulo Oeste su hospitalidad, y a los efectivos de la Armada de México estacionados en Cayo Arcas el uso de sus instalaciones y equipo de comunicación durante esta prospección.

## Referencias

- Bonet, F. 1967. *Biogeología subsuperficial del arrecife Alacranes, Yucatán*. *Bol. Inst. Geol. Univ. Nal. Autón. Méx.* 80: 1-192.
- Burke, R.B. 1982. Reconnaissance study of the geomorphology and benthic communities of the outer barrier reef platform, Belize. En K. Rützler e I.G. McIntyre (Ed.) *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize I: structure and communities*. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences No. 12. Washington D.C: Smithsonian Institution Press, 509-526.
- Castañares, L.G. y Soto, L.A. 1982. Estudios sobre los corales escleractinios hermatípicos de la costa noreste de la península de Yucatán, México. Parte I: sinópsis taxonómica de 38 especies (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 9:295-344.
- Chávez, E.A., Hidalgo, E., e Izaguirre, M.A. 1985. A comparative analysis of Yucatan coral reefs. En C. Gabrie y M. Harmelin-Vivien (Ed.) *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti: UNESCO-Antenne Museum-EPHE*, 6:355-361.
- Espinosa Carreoni, T.L. y Merino Ibarra, M. 1994. Biomasa fitoplanctónica y afloramiento en la porción oriental del Banco de Campeche. *Oceanología (México)* 3:85-107.
- Farrell, T.M., D'Elia, C., Lubbers III, L., y Pastor Jr., L.J. 1983. Hermatypic coral diversity and reef zonation at Cayos Arcas, Campeche, Gulf of Mexico. *Atoll Res. Bull.* 270:1-7.



- Ferré-D'Amaré, A.R. 1985. Coral reefs of the Mexican Atlantic: a review. En C. Gabrie y M. Harmelin-Vivien (Ed.) Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti: UNESCO-Antenne Museum-EPHE, 6:349-3545.
- Glynn, P.W. (1973). Aspects of the ecology of coral reefs in the western Atlantic region. En O.A. Jones y R. Endean (Ed.) Biology and geology of coral reefs. New York: Academic Press, 2: 271-324.
- Gutiérrez Carbonell, D., García-Sáez, C., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., y Macías, R. 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Q. Roo. Sian Ka'an serie documentos 1:1-47.
- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase-shifts and large-scale degradation of a caribbean coral reef. Science 265:1547-1551.
- Kenchington, R.A. 1978. Visual surveys of large areas of coral reefs. En D.R. Stoddart y R.E. Johannes (Ed.) Coral reefs: research methods, Paris: UNESCO, 149-161.
- Logan, B.W. 1969. Carbonate sediments and reefs, Yucatan shelf, Mexico, part II: coral reefs and banks, Yucatan shelf, Mexico. Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol. 11:129-198.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. En D.R. Stoddart y R.E. Johannes (Ed.) Coral reefs: research methods, Paris: UNESCO, 197-218.
- Macintyre, I.G., Burke, R.B., y Stuckenrath, R. 1977. Thickest recorded Holocene reef section, isla Pérez core hole, Alacrán Reef, Mexico. Geology 5:749-754.
- Neuman, A.C. y Macintyre, I. 1985. Reef response to sea level rise: keep-up, catch-up or give-up. En C. Gabrie y M. Harmelin-Vivien (Ed.) Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti: UNESCO-Antenne Museum-EPHE, 3: 105-110.
- Orme, W.A. 1982. Cayo Arcas: new oil port 70 miles offshore. R&D Mexico 2(11):22-25.
- Wells, S.M. (Ed.) 1988. Coral reefs of the world Volume 1: Atlantic and eastern Pacific. Cambridge: United Nations Environment Programme, 203-223.



# Productividad pesquera de las comunidades de peces del Golfo de Ana María, Cuba

Raúl Coyula<sup>1</sup>, Concepción Carrillo de Albornoz<sup>2</sup>, Enrique Gímenez<sup>2</sup> y Leonel Espinoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FACULTAD DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA HABANA, CALLE 25 E/I Y J, PLAZA DE LA REVOLUCIÓN, CIUDAD DE LA HABANA, CUBA.

<sup>2</sup> CENTRO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS, MINISTERIO DE LA INDUSTRIA PESQUERA, 5A. AVE. Y CALLE 248, BARLOVENTO, SANTA FÉ, PLAYA, CIUDAD DE LA HABANA, CUBA.

## RESUMEN

En el Golfo de Ana María, situado al oeste de la plataforma suroriental de Cuba, se realiza una pesquería multiespecífica por parte de los establecimientos pesqueros de Casilda, Tunas de Zaza, Júcaro y Playa Florida, estos, históricamente, han aportado aproximadamente la tercera parte de la captura de peces de la región suroriental de Cuba. Estas pesquerías explotan las comunidades de peces presentes en los biotopos rocoso-arrecifal, fango-arenoso y areno-fangoso. A su vez, en el biotopo Fangoso se capturaron más de 100 toneladas (promedio anual) en 1987-92 como fauna acompañante de las pesquerías de camarón que hacen las flotas de las empresas de Cienfuegos y Santa Cruz del Sur. Se analizaron las estadísticas de estas pesquerías para el periodo 1987-92, tomando como base el área de dichos fondos y las comunidades de peces respectivas. Se estimaron las productividades pesqueras (ton por km<sup>2</sup>) medias anuales correspondientes, así como sus varianzas y se compararon estadísticamente. Los resultados se contrastaron con los de otros autores de Cuba y el mar Caribe.

**PALABRAS CLAVE:** pesquerías, productividad pesquera, comunidades de peces, Cuba.

## ABSTRACT

At the Gulf of Ana María, located on the western part of the southeastern shelf of Cuba, a diverse catch takes place by the fishing establishments located in Casilda, Tunas de Zaza, Júcaro and Playa Florida. Historically, they have produced approximately one third of the fish catch in southeastern Cuba. These fisheries exploit the fish communities of the rocky-reef, muddy-sand and sandy-mud biotopes. At the same time, more than 100 tons (average annually) of bycatch was caught in the muddy biotope area (1987-92) by the shrimp fishing companies of Cienfuegos and Santa Cruz del Sur. These 1987-92 fishery statistics were analyzed, based on those sea bottom areas and their fish communities. The annual fishing productivity (tons/km<sup>2</sup>) was estimated as well as their fluctuations which latter were statistically compared. Also, the results were compared with those of other authors from Cuba and the Caribbean Sea.

**KEY WORDS:** fisheries, productivity, fish communities, Cuba.

## Introducción

Los principales puntos pesqueros en el Golfo de Ana María son Casilda, Tunas de Zaza, Júcaro y Playa Florida (Mapa 1) quienes aportan la tercera parte de la captura de peces en la región suroriental de Cuba.

Hasta 1990 en que se caracterizó la pesquería de estos recursos integralmente con vistas a su ordenamiento (Pozo *et al.*, 1990), se habían realizado diversos estudios biológicos (Alvarez Lajonchère, 1976; Carrillo de Albornoz y Ramiro, 1988 a y b; Pozo *et al.*, 1991; y Espinosa, 1992) y pesqueros (Carrillo de Albornoz y Molina, 1985; Sotolongo y Grillo, 1987;



y Moncada y Espinosa, 1988) entre otros, sobre varias de las especies de peces de mayor interés comercial en la región.

A su vez, Carrillo de Albornoz *et al.* (1993) ofrecieron un primer estimado de la productividad pesquera de los recursos escameros presentes en la zona de pesca de la Empresa Combinado Pesquero Industrial (ECPI) de Casilda (que incluye las unidades de Casilda y Tunas de Zaza) resultante del ordenamiento de su pesquería, por fondos y cuadrículas.

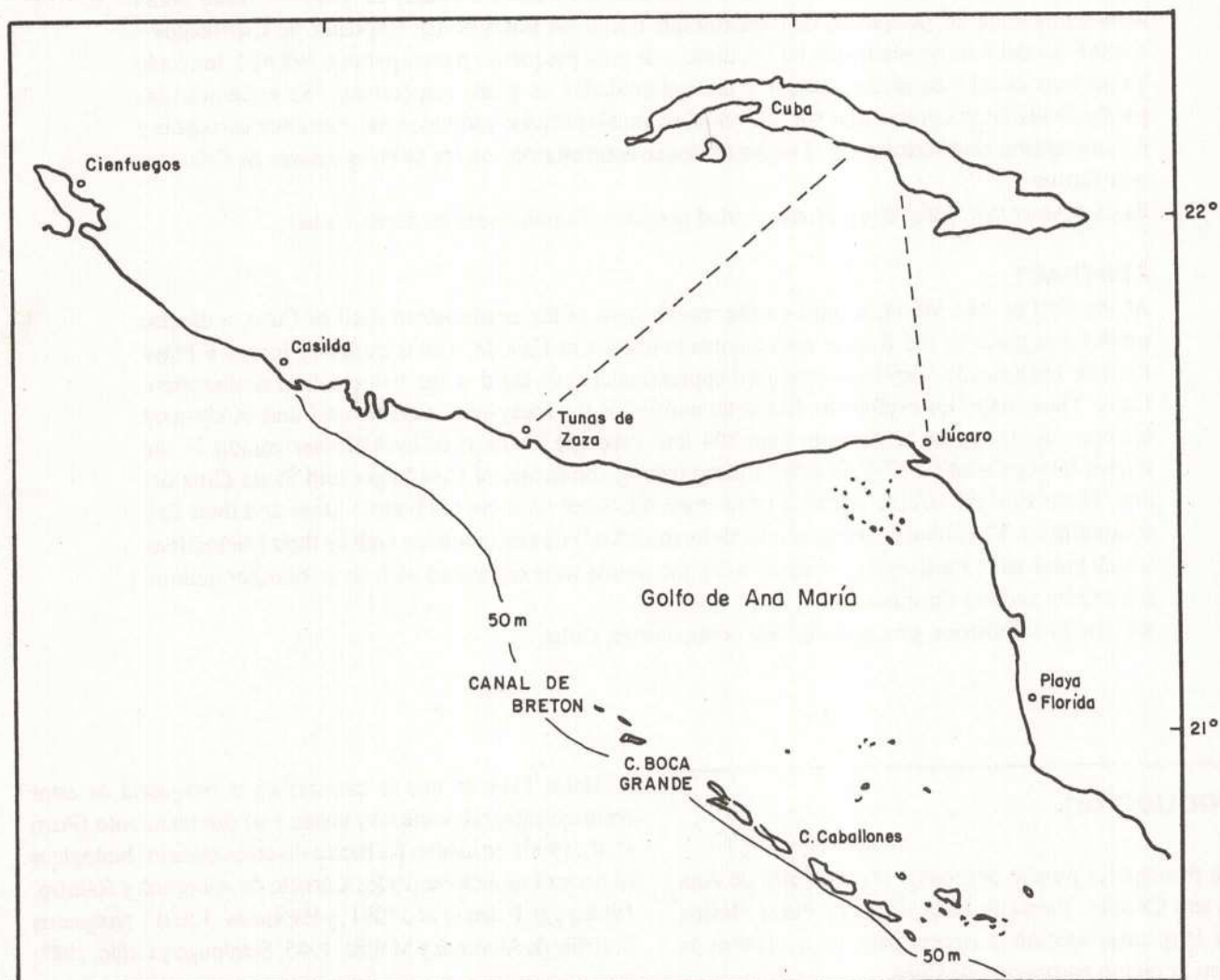
Esto, que se refiere sólo a una parte de estas comunidades y que se calculó con datos de 1989, promovió el presente trabajo donde se analiza todo el Golfo para un periodo de seis años.

Este trabajo, realizado por primera vez en Cuba, ayudará a la mejor administración de dichos recursos (como plantean Caddy y Piaggese, 1983; y Caddy y García, 1986); también representa una contribución al conocimiento de los mismos.

## Materiales y métodos

En Cuba, las pesquerías de escama son estatales, están organizadas por empresas y establecimientos pesqueros (subunidades de los anteriores) en toda la costa del país. Dentro de estas últimas, las pesquerías se realizan por flotillas que trabajan con diferentes artes, según las especies a las que dirigen su esfuerzo, y consecuentemente, operan en diferentes zonas a las cuales corresponden diferentes tipos de fondo.

Nacionalmente, se ha implantado un sistema estadístico por el Ministerio de la Industria Pesquera para reportar estas pesquerías. Se inicia en el momento del desembarque de la captura, cuando el patrón del barco informa la zona de pesca y la cuadrícula (de 20x20 millas náuticas) donde ésta se encuentra, los artes con que se pescó y el número de hombres, además de registrarse el peso de la captura de cada especie, la fecha de la operación y el número de días mar y días pesca.



MAPA 1. GOLFO DE ANA MARÍA.



A partir de la captura y el esfuerzo anuales por barco, arte y cuadrícula para 1987-92 y del mapa de los fondos presentado por Revilla y Rodríguez (en prensa) para el Golfo de Ana María (Mapa 2), se distribuyó y consolidó la captura y el esfuerzo por tipo de fondo. (Tabla 1).

Dicha información permitió calcular las productividades pesqueras (tonelada por km<sup>2</sup>) anuales respectivas, así como su valor promedio y la variación de dicho estimado, siguiendo a Caddy y Sharp (1986). Los mismos se compararon mediante un ANOVA de clasificación simple, calculándose la signi-

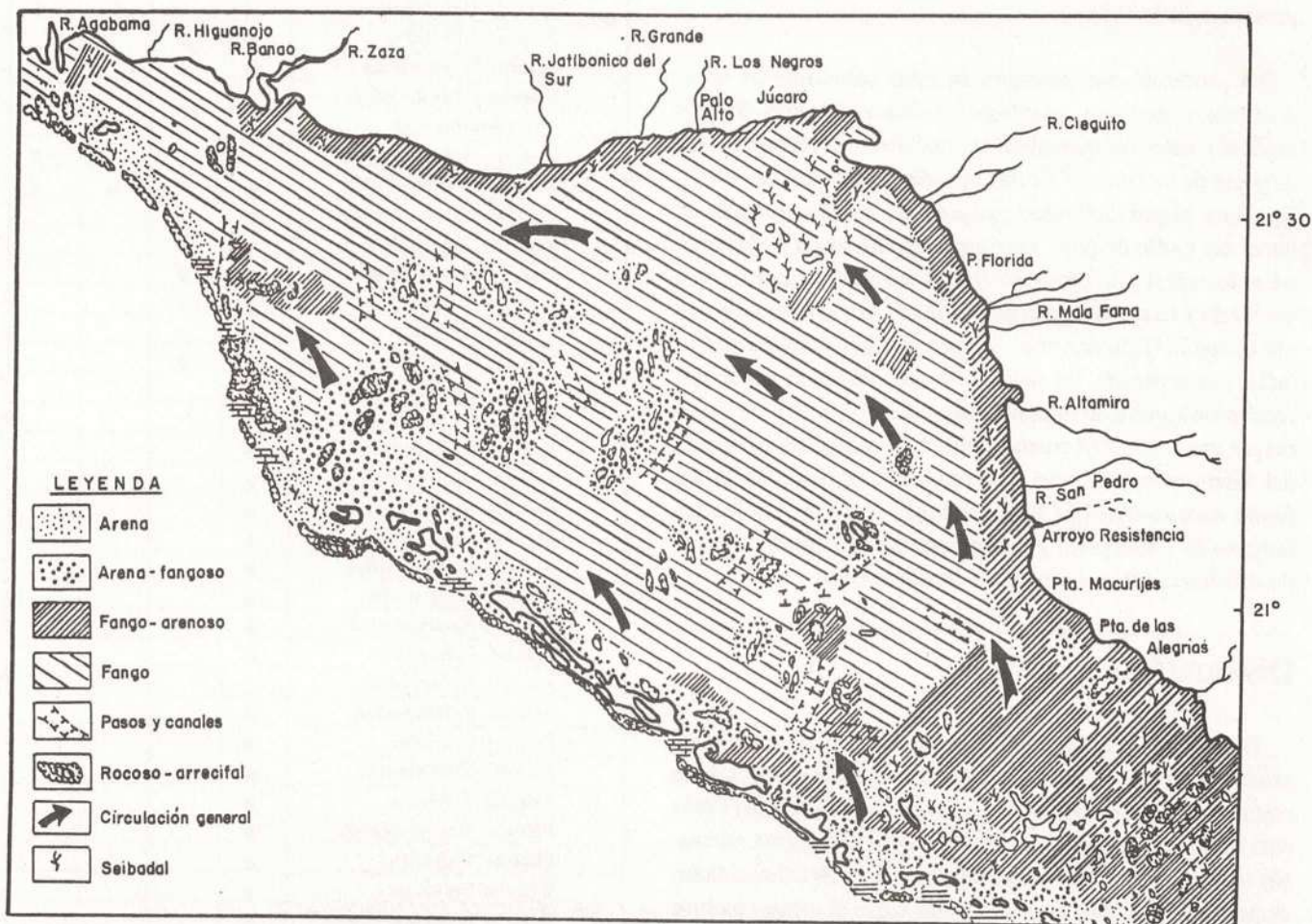
ficación de la diferencia entre las medias mediante el método de la diferencia menos significativa, y presentándose un análisis de los resultados obtenidos.

## Resultados

En la Figura 1 puede verse que las capturas más importantes del periodo se realizaron en el biotopo fangoso, seguidas del rocoso-arrecifal, el fango-arenoso y el areno-fangoso.

TABLA 1. CAPTURAS CORRESPONDIENTES A LOS BIÓTOPOS DEL GOLFO DE ANA MARÍA (1987-92) (TON).

| Biótopo          | 1987   | 1988   | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fango-arenoso    | 792.9  | 554.4  | 420.5  | 654.2  | 543.7  | 315.6  |
| Areno-fangoso    | 894.4  | 867.9  | 1058.5 | 1086.4 | 1157.3 | 1028.3 |
| Rocoso-arrecifal | 1268.8 | 1233.0 | 1104.3 | 823.2  | 672.7  | 545.7  |
| Fango            | 738.1  | 864.2  | 8092.1 | 529.6  | 627.9  | 915.0  |



MAPA 2. TIPOS DE FONDO EN EL GOLFO DE ANA MARÍA (TOMADO DE REVILLA Y RODRÍGUEZ).



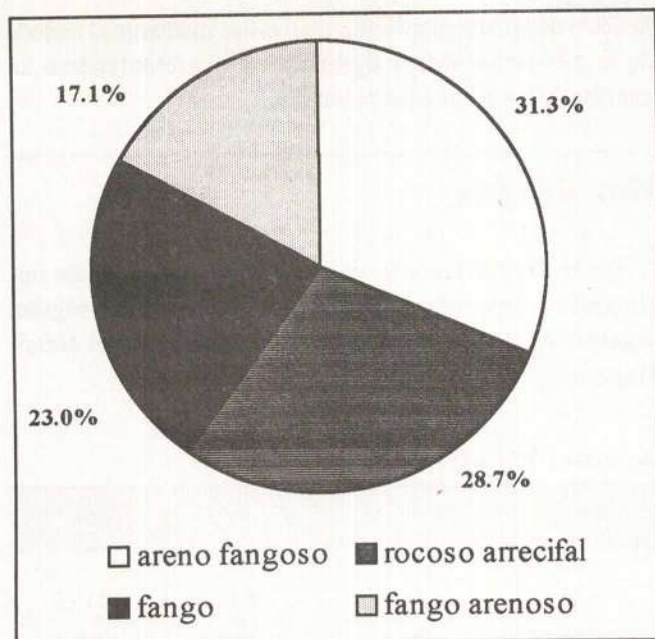


FIGURA 1. REPRESENTATIVIDAD DE LA CAPTURA DE CADA COMUNIDAD DE PECES EN LA CAPTURA ACUMULADA 1987-1992 DEL GOLFO DE ANA MARÍA.

Esas capturas se basan en las comunidades de peces presentes en la Tabla 2.

La productividad pesquera de estas comunidades en su conjunto resultó muy estable en los años analizados (0.3-0.4 ton/km<sup>2</sup>), valor comparable al estimado para las comunidades de peces de las islas del Caribe por Marten y Polovina (1982). En Cuba, la productividad pesquera de las comunidades de peces del Golfo de Ana María es algo inferior a la de la zona nororiental y la costa sur (todas las cuales alcanzan 0.6 ton/km<sup>2</sup>) y es superior a la de la zona suroccidental (0.2 ton/km<sup>2</sup>), según Gimenez *et al.* (en prensa). Sin embargo al tratarlas por separado, las medias de cada una para el periodo resultaron significativamente diferentes = 0.05 (Figura 2). La mayor productividad correspondió a la comunidad de peces del fondo areno-fangoso (2.6 ton/km<sup>2</sup>), seguida de la del fondo rocoso-arrecifal (1.0 ton/km<sup>2</sup>) y las de los fondos fangoso (0.1 ton/km<sup>2</sup>) y fango-arenoso (0.3 ton/km<sup>2</sup>), que no difirieron entre sí y resultan bastante bajas.

## Discusión

De acuerdo con Caddy y Sharp (1986), es de esperar un gradiente en este sentido con los mayores valores cerca de la costa, con lo que coinciden las estimaciones de Baisre (1985) para el conjunto de todos los recursos de la plataforma cubana. No obstante, dado que se trabajó sólo con las comunidades de peces, la distribución en el Golfo y que el mismo incluye

TABLA 2. COMUNIDADES DE PECES REGISTRADAS.

| Entidad                 | Fango | Fango arenoso | Fango arenoso | Rocoso arrecifal |
|-------------------------|-------|---------------|---------------|------------------|
| Familia Lutjanidae      |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Serranidae      |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Scombridae      |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Mugilidae       |       | ●             |               |                  |
| Super Orden Selachoidei |       |               |               | ●                |
| Super Orden Batoidei    |       | ●             |               |                  |
| Familia Labridae        |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Sparidae        |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Carangidae      |       | ●             | ●             | ●                |
| Familia Mullidae        |       | ●             |               | ●                |
| Familia Chaetodontidae  |       | ●             |               |                  |
| Familia Sciaenidae      | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Gerridae        | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Centropomidae   | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Sphyrnidae      | ●     | ●             | ●             | ●                |
| Familia Haemulidae      |       |               | ●             | ●                |
| Familia Trichiuridae    |       | ●             | ●             |                  |
| Familia Clupeidae       |       | ●             | ●             |                  |
| Familia Scaridae        |       |               |               | ●                |
| Familia Pomacentridae   |       |               |               | ●                |
| Familia Balistidae      | ●     |               | ●             | ●                |
| Familia Albulidae       | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Engraulidae     | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Acanthuridae    |       |               |               | ●                |
| <i>Oreochromis spp.</i> |       | ●             |               |                  |
| Familia Holocentridae   |       |               |               | ●                |
| Familia Orectolobidae   | ●     | ●             | ●             | ●                |
| Familia Carcharhinidae  | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Sphyrnidae      | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Dasyatidae      | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Miliobatidae    | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Elopidae        | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Congridae       | ●     | ●             |               |                  |
| Familia Synodontidae    | ●     |               |               |                  |
| Familia Ogocephalidae   | ●     |               |               |                  |
| Familia Ophidiidae      | ●     |               |               |                  |
| Familia Aulostomidae    | ●     |               |               |                  |
| Familia Syngnathidae    | ●     |               |               |                  |
| Familia Grammistidae    | ●     |               |               |                  |
| Familia Priacanthidae   | ●     |               |               |                  |
| Familia Apogonidae      | ●     |               |               |                  |
| Familia Rachycentridae  | ●     |               |               |                  |
| Familia Echeineidae     | ●     |               |               |                  |
| Familia Ehippidae       | ●     |               |               |                  |
| Familia Polynemidae     | ●     |               |               |                  |
| Familia Gobiidae        | ●     |               |               |                  |
| Familia Stomateidae     | ●     |               |               |                  |
| Familia Triglidae       | ●     |               |               |                  |
| Familia Dactylopterida  | ●     |               |               |                  |
| Familia Bathidae        | ●     |               |               |                  |
| Familia Soleidae        | ●     |               |               |                  |
| Familia Cyanoglossidae  | ●     |               |               |                  |



una parte del área considerada por el último autor, en el caso de este trabajo y dicha expectativa no se cumple.

Algo similar sucede en Martinica, según estimados de la productividad pesquera (ton/km<sup>2</sup>) presentados por Gobert (1991) para los peces demersales capturados en la plataforma de ese país, por cuanto los valores fueron más altos en profundidades mayores.

Esto reafirma el criterio de que estas estimaciones tienen un carácter marcadamente local, como señalan Caddy y Sharp (1986), un ejemplo de ello es la productividad de las comunidades de peces del Golfo de Ana María, que se presentan un recorrido de valores, al igual que sucede en otras zonas de la plataforma de Cuba (Giménez *et al*, en prensa), de Martinica (Gobert, 1991) y del Caribe (Munro, 1977) para comunidades similares.

En cuanto a la productividad pesquera de la comunidad de peces del fondo areno-fangoso, la misma es bastante alta e indica una explotación intensa, Giménez (1984) señaló que en el Golfo puede incrementarse la pesquería con chinchorro de escama, que es la que explota esta comunidad de peces. Considerando ese criterio se trabajó moderada y gradualmente en el programa para el ordenamiento de la pesquería

de escama de la ECPI de Casilda (Carrillo de Albornoz y Coyula, 1991), para no dañar el recurso.

En el caso de la comunidad de peces presente en el fondo rocoso-arrecifal, la productividad pesquera resulta alta, como es de esperar según Caddy y García (1983) y Munro (1977). Sin embargo, dadas las características de las mismas, el esfuerzo sobre ellas no debe intensificarse para garantizar la conservación del recurso y no aumentar la ineficiencia de la operación cuyos rendimientos no son altos (200 kg/día mar; 35 ton/barco, en 1989-92).

Con respecto a las comunidades de peces de los fondos de fango y fango-arenoso, aunque su baja productividad pesquera podría sugerir un incremento de su explotación, esto no es aconsejable en general, teniendo en cuenta que los batoides han dado muestras de afectación (Moncada y Espinosa, 1988) y además, estos biotopos están dominados por los crustáceos, fundamentalmente camarones (*Penaeus* spp.). Los rendimientos de las pesquerías de los peces estuarios han disminuido (Carrillo de Albornoz y Coyula, 1993) y entre los ejemplares que se capturan en el fango figuran los juveniles de importantes especies comerciales de lutjánidos y serránidos (Mesloub, 1988) que es necesario proteger.

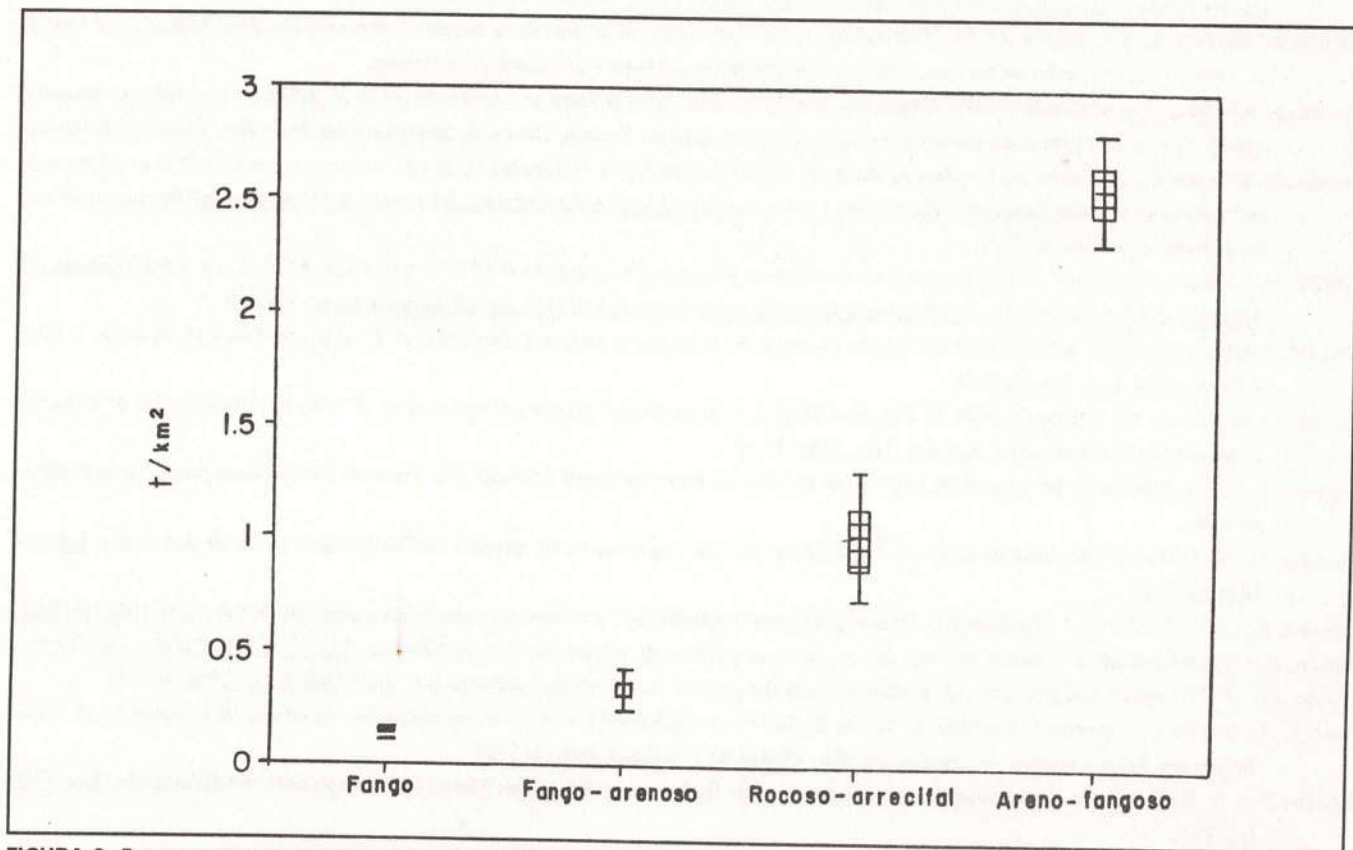


FIGURA 2. PRODUCTIVIDAD PESQUERA MEDIA 1987-1992 DE LAS COMUNIDADES DE PECES DEL GOLFO DE ANA MARÍA.



## Conclusiones

1. La productividad pesquera de las comunidades de peces del Golfo de Ana María en su conjunto (0.4 ton/km<sup>2</sup>), no es alta.
2. La productividad pesquera de la comunidad de peces del fondo areno-fangoso es la más alta (2.6 ton/km<sup>2</sup>) y difiere significativamente de la del fondo rocoso-arrecifal (1.0

ton/km<sup>2</sup>) y de las de los fondos fangoso (0.1 ton/km<sup>2</sup>) y fango-arenoso (0.3 ton/km<sup>2</sup>).

## Recomendaciones

1. La explotación de las comunidades de peces del Golfo de Ana María no debe aumentarse en aras de su protección como recursos naturales y de mejorar la eficiencia económica de estas pesquerías.

## Referencias

- Alvarez-Lajonchere, L.S. (1976): Contribución al estudio del ciclo de vida de *Mugil Curema Valenciennes* in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugiladae). *Ciencias, Ser. 8. Inv. Mar.* (28): 129 pp.
- Baisre, j. (1985): "Los recursos pesqueros marinos de Cuba: Fundamentos ecológicos y estrategia para su utilización", {inédito} Tesis de Candidatura, Centro de Investigaciones Pesqueras, Ciudad de la Habana. (1987): Blossom Stat-Pack for Lotus 1-2-3, versión 2.OB.
- Caddy, J.F. and S. García (1983): Producción modellin without long data series. *FAO. Fish. Rep.*, (278):309-313.
- Caddy, J.F. and S. García (1986): Fisheries thematic mapping a prerequisite for intelligent mapping and development of fisheries. *Oceanogr. trop.*, 21 (1):31-52.
- Caddy, J.F and D. Piaggese (1983): Mapping of shelf areas for fisheries yield estimation. Western Central Atlantic Fishery Commission (WECAFC): Third Session of the Working Party on Assessment of Marine Fishery Resources. *FAO Fish. Rep.*, (278) *Suppl.*: 296-308.
- Caddy, J.F and G.O. Sharp (1986): Some usefull ecological concepts in fisheries assessment. *Working Paper No. 8 of the ACMRR Working Party on the Management of living Resources in Ishore Tropical Waters, Rome*, February 28- March 4, 1983.
- Carrillo de Albornoz, C. y R. Coyula (1991): "Comportamiento de la pesquería de escama de la empresa Combinado Pesquero Industrial de Casilda en 1990", {inédito}, **Informe técnico, Centro de Investigaciones Pesqueras**, Ciudad de la Habana.
- Carrillo de Albornoz, C. y R. Coyula (1993): "Operación de la flota escamera en la Empresa Combinado pesquero Industrial de Casilda y comportamiento del programa para su ordenamiento en 1992", {inédito}, **Informe Técnico, Centro de Investigaciones Pesqueras**, Ciudad de la Habana.
- Carrillo de Albornoz, C., R. Coyula, N. Revilla y A. Rodríguez (1993): Estimación de la densidad óptima de artes escameros para la zona de pesca de la Empresa Combinado Pesquero Industrial de Casilda. *Jornada Científica Pre-Congreso del Centro de Investigaciones Pesqueras*, Ciudad de la Habana, octubre de 1993.
- Carrillo de Albornoz y E. Molina (1985): Pesquería de la rabirrubia (*Ocyurus Chrysurus*) en el W de la plataforma SE de Cuba. *Contribuciones del Simposio de Ciencias del Mar y VII Jornada Científica del Instituto de Oceanología XX Aniversario*, pp 179-183.
- Carrillo de Albornoz y M. E. Ramiro (1988 a): Estudio Biológico de la rabirrubia (*Ocyurus Chrysurus*) el W de la plataforma SE de Cuba, I: Edad y Crecimiento. *Rev. Inv. Mar.*:924.
- Carrillo de Albornoz y M. E. Ramiro (1988 b): Estudio biológico de la rabirrubia (*Ocyurus Chrysurus*) en el W de la plataforma SE de Cuba, II: Reproducción y alimentación, *Rev. Inv. Mar.*, 9(3): 55-65.
- Espinosa, L. (1992): **Análisis de las pesquerías de peces en la Empresa Pesquera Santa Cruz del Sur**, Fondo de Publicaciones Academia de Ciencias de Cuba.
- Giménez, E., M. (1984): Prospección de areas con posibilidades para la implantación de arrecifes artificiales en el Golfo de Ana María. **Informe Técnico**, CIP.
- Giménez, E., M., C. Sotolongo, A. Honduras y B. Pedroso (en prensa): Productividad pesquera de la plataforma nororiental de Cuba, *Rev. Cub. Inv. Pesq.*
- Gobert, B. (1991): Elements d'valuation de l'état des ressources en poissons du plateau insulaire martiniquais, *Doc. Sci. Pole Caraibe*, (31):73 pp.
- Munro, J.L. (1977): Actual and potential fish production from the coralline shelves of the caribbean Sea, *FAO Fish. Rep.*, (200):301-321.
- Pozo, E., C. Carrillo de Albornoz, L. Espinosa, E. Valdés, E. Grillo y D. León (1990): Análisis de las pesquerías de escama de la región SE de Cuba. **Resúmenes del II Congreso de Ciencias del Mar, Ciudad de la Habana**, Junio de 1990.
- Revilla, N. y A. Rodríguez (en prensa): Mapificación de los tipos de fondos del Golfo de Ana María, Cuba, empleando la teledetección, *Rev. Cub. Inv. Pesq.*



*Notas científicas*

# Evaluación del impacto del huracán Gilberto en la pesquería de langosta de Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo

Eloy Sosa Cordero

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE QUINTANA ROO (CIQRO)  
ZONA INDUSTRIAL NO. 2. CARRETERA BACALAR-CHETUMALCHETUMAL, QUINTANA ROO, MEXICO

**RESUMEN**

En la reserva de la Biosfera Sian Ka'an se localizan varias cooperativas pesqueras que se dedican exclusivamente a la captura de langosta. Durante el año 1988, el huracán Gilberto tocó costas quintanarroenses entre Puerto Morelos y Playa del Carmen. Los efectos de dicho huracán también alcanzaron a la Colonia Javier Rojo Gómez (Punta Allen) —comunidad ubicada en la reserva y en donde se asienta una de las cooperativas más importantes, la Vigía Chico. Las repercusiones comprenden tres categorías: los efectos directos sobre la población de langosta de la Bahía de la Ascensión; el efecto directo en la disminución del número de sombras en los niveles de captura; y por último las consecuencias económicas de la pérdida de equipo.

**PALABRAS CLAVE:** Bahía de la Ascensión, Sian Ka'an, *Panulirus argus*, sombras, huracán.

**ABSTRACT**

Several fishing cooperatives are located within the Sian Ka'an Biosphere Reserve and are exclusively dedicated to the lobster fishery. During 1988, Hurricane Gilbert hit the Quintana Roo coast between Puerto Morelos and Playa del Carmen. The effects of Gilbert were also evident in the "Colonia" Javier Rojo Gómez (Punta Allen) —a community established within the reserve, where one of the most important cooperatives is located: Vigía Chico. The consequences can be divided in three categories: the direct effect upon the lobster population in Bahía de la Ascensión; the effect in the reduction of the number of "sombras" (lobster traps) reflected in the catch level and the economic consequences resulting to the loss of equipment.

**KEY WORDS:** Bahía de la Ascensión, Sian Ka'an, *Panulirus argus*, , sombras, hurricane.

*Nota del editor:* Este trabajo fue elaborado en 1988-89, y se publica sin modificaciones o actualización.

## LA PESQUERÍA DE LANGOSTA DE BAHÍA DE LA ASCENSIÓN

La Colonia Rojo Gómez (Punta Allen), Quintana Roo, es una dinámica comunidad formada en su mayor parte por familias de los miembros de la "SCPP Pescadores de Vigía Chico". Esta cooperativa consta de 105 miembros dedicados

casi exclusivamente a la captura de langosta *Panulirus argus*. La cooperativa ha llamado la atención de nacionales y extranjeros de diversas disciplinas por su ejemplar organización y capacidad productiva, y sobre todo por su singular sistema de explotación del recurso langostero. Tal sistema está basado en el uso de sombras o casitas cubanas, que son hábitats artificiales construidos con troncos de una palma local —chit (*Thrinax radiata*)— y placas de diversos materiales: chit, asbesto, concreto, láminas de metal o tambo. Aunque los pescadores trabajan diariamente, alternan la revisión por sombras y áreas; así, cada sombra es visitada



más o menos cada 7-10 días. Mediante buceo libre y gancho extraen langostas de talla comercial, de 13.5 cm longitud de cola en adelante, que encuentran debajo las sombras.

Las sombras se distribuyen en parcelas concesionadas a los miembros de la cooperativa, actualmente unos 50 miembros cuentan con parcelas. Si se tiene en cuenta que el número actual de parcelas oscila entre 160 y 170, puede deducirse que algunos miembros poseen más de una. Los concesionarios de estas parcelas marinas las delimitan por rasgos topográficos y bióticos del fondo tales como rocas, esponjales, parches arrecifales (manchones) y áreas sin vegetación (blanquiales). Por lo común, en las esquinas de las parcelas se colocan marcas auxiliares tales como boyas y estacas largas clavadas en el fondo (balizas).

Gran parte de Bahía de la Ascensión ha sido fraccionada en parcelas y la expansión reciente ha ocasionado que se establezcan parcelas fuera de la bahía, por ejemplo en la laguna arrecifal al norte de Punta Xoquen. Dada la importancia de la parcelación en el medio marino y las dificultades que implica, el Programa Langosta del CIQRO cuenta con un apartado especial dedicado a delimitar las parcelas con el sistema de navegación LORAN C. Esta delimitación contribuye a reducir las disputas entre vecinos, con parcelas contiguas, al proveer mapas de cada parcela definidos por las coordenadas geográficas; ya que los rasgos topográficos y bióticos del fondo marino pueden cambiar o desaparecer por eventos como el huracán que recientemente azotó las costas de la región.

## EL HURACÁN GILBERTO

El huracán Gilberto tocó las costas quintanarroenses en las primeras horas (5-6 am) de la mañana del 14 de septiembre de 1988, en algún punto ubicado entre Puerto Morelos y Playa del Carmen. Afortunadamente este fenómeno atmosférico no produjo desgracias humanas en la Colonia Rojo Gómez y áreas de Bahía de la Ascensión, ubicada aproximadamente a 100 km al sur de Playa del Carmen. A excepción de seis personas, entre los que se contaban Don Antonio Pereira, su hijo, Daniel Naal y Alfredo Martín, los habitantes se trasladaron a sitios más seguros. Las personas que permanecieron en la localidad se refugiaron en la planta de recepción de la cooperativa, una construcción sólida sobre una plataforma elevada casi un metro sobre el terreno.

Los testigos afirman que los vientos más fuertes fueron del suroeste y aseguran que esto favoreció a la Colonia; ya que de haber entrado vientos con componente al este, por el lado del mar, se hubieran producido marejadas verdaderamente destructivas pese a la relativa protección de la

barrera arrecifal. Asimismo, señalaron que la marejada llegó a cubrir el camino principal de acceso al poblado, sin alcanzar la primera hilera de casas frente al mar. Las viviendas sufrieron mayormente daños menores o la voladura parcial de láminas de los techos, mismos que ya han sido reparados.

Las embarcaciones no resultaron dañadas, debido a que fueron aseguradas con cuerdas y remolcadas a la parte superior de la playa, casi sobre el camino de acceso a la Colonia y algunas fueron llevadas al área protegida conocida como el río. La planta de recepción y empacadora tampoco tuvieron mayores problemas. Si bien la planta generadora de energía de la empacadora resultó afectada, el servicio de energía se restableció con prontitud gracias a la planta de energía para consumo público-doméstico.

## EFFECTOS DEL HURACÁN GILBERTO

El principal efecto del huracán Gilberto en la pesquería de langosta de Bahía de la Ascensión consistió en el destrozo, desaparición, enterramiento y desacomodo de las artes de pesca: las sombras. La aseveración anterior se basa en entrevistas con 15 miembros de la cooperativa Pescadores de Vigía Chico que poseen parcelas. Los pescadores entrevistados tienen parcelas distribuidas en diversas partes de la bahía y advierten que la estimación de los daños es parcial porque a tres semanas del huracán, las condiciones de turbidez, corrientes, lluvias y vientos han impedido la inspección completa de sus campos. Durante la visita (6 y 7 de octubre de 1988), muchos pescadores estaban fuera de la localidad, algunos salieron en busca de materiales: cemento, tambos, chit; necesarios para construir nuevas sombras. Por otra parte, los directivos de la cooperativa estaban en comisiones relacionadas con la gestión de apoyo gubernamental para reponer el equipo de pesca.

La Tabla 1 contiene datos sobre las primeras estimaciones parciales del equipo (sombras) dañado, con base en la información dada por los pescadores entrevistados (Apéndice I). El porcentaje de sombras dañadas oscila entre 18 y 95%, dependiendo del área de la bahía y su ubicación respecto de la barrera arrecifal y mesetas o elevaciones del fondo marino más o menos paralelas a la línea de costa (alfaque). Estas estructuras, arrecifes y alfaques, mitigaron los daños en algunas parcelas. De hecho, los efectos más severos se registraron en áreas libres de esta protección, como el canal, las interrupciones de la barrera arrecifal (quebrados) y tramos de costa donde la laguna arrecifal es angosta y, por ende, la barrera arrecifal está próxima a la playa.

Aunque no se contaba con un censo completo ya que no se habían revisado todas las parcelas ni todo el equipo



(sombras), pudo hacerse una evaluación preliminar de los daños y repercusiones en los niveles de captura de la cooperativa Pescadores de Vigía Chico. Con base en la información proporcionada por once de los quince pescadores entrevistados, aproximadamente 1/3 de los concesionarios de parcelas, el número de sombras dañadas ascendió mínimamente a 2,000. Aunque a partir de esta cantidad es arriesgado extrapolar directamente el total de los daños en la bahía, por tratarse de cifras parciales con tendencia a subestimar, y de parcelas en diferentes áreas de la bahía, fue posible estimar conservadoramente en 6,000 el número de sombras afectadas, con un rango de 6,000 a 10,000 sombras.

El cálculo anterior fue totalmente rebasado por la información subsecuente, por tanto se practicó otro enfoque en el análisis. Así, dado que el porcentaje de sombras destruidas varió entre el 20 y 95% en diferentes áreas de la bahía, se puede considerar que hubo un porcentaje global de daños mayor al 50%, como estimación preliminar, basada en la revisión incompleta del equipo y parcelas de once concesionarios. Si el número total de sombras en el área está próximo a 70,000 (datos de la cooperativa), se tiene un número de sombras destruidas o desaparecidas de 35,000. Tales cifras se acercan más a las declaradas a la prensa por autoridades del sector social pesquero que valoraron en 80% el daño a las sombras.

### IMPACTO DEL GILBERTO EN LA CAPTURA DE LANGOSTA

Las repercusiones del huracán Gilberto en la pesquería de langosta de Bahía de la Ascensión, comprenden al menos tres categorías. En primer término, los efectos directos sobre la población de langosta de la bahía, tales como migraciones (salida o entrada), desencadenadas por la turbulencia

atmosférica y marina, el impacto sobre el reclutamiento debido a la destrucción de hábitats naturales de adultos y juveniles, tales como parches arrecifales, esponjales, mantos de algas rojas principalmente de *Laurencia* spp., *Digenia* sp.; importantes factores sobre los que no se dispone de información necesaria. A este respecto, los pescadores expresaron que actualmente la langosta de talla comercial escasea en el interior de la bahía y el "río", aunque en esta última área han detectado gran abundancia de juveniles. Por otra parte, mencionan que en Tulum se han capturado cantidades inusualmente grandes de langostas; hecho que apoya la suposición de que la langosta de talla comercial salió de la bahía. Está claro que en este aspecto no se cuenta con información para elaborar alguna conclusión.

En segundo lugar, está el efecto directo de la disminución del número de sombras en los niveles de captura. En general, se puede considerar que la captura tiene relación directamente proporcional con el número de sombras, con un comportamiento de saturación. Esto quiere decir que, al aumentar el número de sombras primero aumenta la captura, hasta llegar a un punto en que al poner más sombras ya no incrementa las capturas. La anterior relación se ha observado para un campo o parcela particular (De la Torre y Miller, 1987). Esto podría variar para un área de la magnitud de Bahía de la Ascensión, en parte porque la población de langosta responde de manera compleja a la pesca y los factores ambientales. En vista de que no se conoce la forma exacta de la relación captura-número de sombras, parece razonable suponer como primera aproximación, que a un menor número de sombras corresponde una menor captura. Lo anterior estaría apoyado por experimentos efectuados por personal de CIQRO en la bahía durante verano de 1987, en los que fue evidente que las sombras contribuyeron a abatir la mortalidad de langostas por depredación.

**TABLA 1.** EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS DAÑOS, EN PORCENTAJE DE SOMBRAS DESTRUIDAS, PRODUCIDOS POR EL HURACÁN GILBERTO EN ÁREAS DE PESCA DE BAHÍA DE LA ASCENSIÓN.

| Área de pesca                        | Nivel de daños (%) |          |
|--------------------------------------|--------------------|----------|
|                                      | rango              | promedio |
| Río                                  | 10-25              | 18       |
| Laguna arrecifal (norte de la bahía) | 60-80              | 70       |
| Laguna arrecifal (frente al poblado) | 15-40              | 27       |
| Laguna arrecifal (frente al faro)    | 60 <sup>a</sup>    | 60       |
| Canal                                | 75 <sup>a</sup>    | 75       |
| Cayos                                | 25-100             | 60       |
| Quebrados                            | 95 <sup>a</sup>    | 95       |

NOTA. <sup>a</sup> = Dato único.



Con base en lo anterior puede postularse que la pérdida del 50% de sombras (rango 18-95%), podría ocasionar una disminución de al menos 50% en las capturas de langosta durante los últimos 5.5 meses de la temporada (sept 15, 1988 a 28 feb, 1989). De esta manera para diferentes porcentajes de daños debidos al huracán Gilberto sobre el equipo de captura y para diversas proyecciones de la captura "normal" de esta temporada, sin "Gilberto", se tiene que la baja en la captura de los meses restantes puede ser de 4 a 15 toneladas de colas (Tabla 2). Si se considera como el más probable al nivel de daños del 50%, entonces se tiene un rango de merma en la captura de langosta de 10 a 15 toneladas de colas.

El tercer aspecto consiste en las consecuencias económicas de la pérdida de equipo. La reposición de sombras además de restar tiempo y energía a las actividades de extracción, esfuerzo de pesca, constituye una fuerte inversión no programada. A precios actuales, cada sombra de cemento tiene un costo medio de \$ 71,300 M.N.; esto significa que las 35,000 sombras dañadas representan unos \$ 2,496 millones M.N., o sea poco más de US \$ 1,000,000. A esta pérdida o gasto extra, debe sumarse el costo de la baja en la captura, las 10 a 15 toneladas de colas, a razón de US \$ 18.5/kg, representan cerca de US \$ 185,000 a 277,500. Al tipo de cambio actual (Oct 14, 1988; US \$ 1 = \$ 2,285 M.N.), esto equivale a 423 a 634 millones de pesos. Por lo que, en total, el impacto económico inmediato por concepto de equipo perdido y langosta no capturada, podría ascender de \$ 2,919 a \$3,130 millones de pesos M.N. o cerca de millon y cuarto de dólares estadounidenses.

Cerca de cinco meses después del huracán, la actividad pesquera en Bahía de la Ascensión aún no ha vuelto a la normalidad. Si bien la captura de langosta en octubre de 1988 (5.2 ton de colas) resultó similar a la de octubre de 1987 (5.5 ton), e incluso para dicho mes la captura por unidad de esfuerzo (cpue) fue mayor en 1988 (0.25 ton/día de pesca) que en 1987 (0.19); en noviembre y diciembre la captura y cpue, descendieron de modo impresionante, del 30 al 70%. Lo observado en octubre reflejó el hecho de que la mayoría de los pescadores recurrió a las áreas de hábitat natural del arrecife anterior y no a los campos de pesca. Esto enmascaró el efecto inmediato del huracán Gilberto: destrucción de sombras. Además del menor número de sombras, después del huracán se han presentado condiciones meteorológicas adversas, lluvias y vientos que han impedido a los pescadores salir al mar; así como turbidez que dificulta el buceo. Lo anterior ha ocasionado que la cuantificación de daños sea lenta, hasta el 19 de octubre de 1988, las sombras declaradas perdidas en las oficinas de la cooperativa se aproximaba a 3,000 y un inventario posterior las ubicaba en casi 42,000.

Conviene destacar que la rápida reposición de sombras perdidas y la capacidad de trabajo y organización que caracterizan a esta cooperativa son la mejor garantía para la pronta recuperación de los niveles de captura y fortaleza económica de esta dinámica y progresista comunidad pesquera de Quintana Roo.

**TABLA 2.** PROYECCIONES DE LA CAPTURA DE LANGOSTA (TON. DE COLA) EN LOS ÚLTIMOS 5.5 MESES DE LA TEMPORADA 1988-1989 EN BAHÍA DE LA ASCENSIÓN PARA DIVERSAS CONDICIONES (TIPOS DE TEMPORADA) Y NIVELES DE DAÑOS DEBIDOS AL HURACÁN GILBERTO. EN PARÉNTESIS SE SEÑALA LA MERMA, EN TONELADAS, RESPECTO DE LA CAPTURA NORMAL ESPERADA (SIN HURACÁN).

| Condición o método                 | Sin huracán | Nivel de daños |               |                |                |
|------------------------------------|-------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
|                                    |             | 20%            | 30%           | 40%            | 50%            |
| Media de 8 temporadas <sup>1</sup> | 20.9        | 16.7<br>(4.2)  | 14.6<br>(6.3) | 12.5<br>(8.4)  | 10.4<br>(10.5) |
| Temporada 1986-1987                | 26.5        | 21.2<br>(5.3)  | 18.5<br>(8.0) | 15.9<br>(10.6) | 13.2<br>(13.3) |
| Temporada 1987-1988                | 30.3        | 24.2<br>(6.1)  | 21.2<br>(9.1) | 18.2<br>(12.1) | 15.1<br>(15.2) |
| Regresión <sup>2</sup>             | 28.3        | 22.6<br>(5.7)  | 19.8<br>(8.5) | 17.0<br>(11.3) | 14.1<br>(14.2) |
| Proporción <sup>3</sup>            | 25.5        | 20.6<br>(5.1)  | 18.0<br>(7.7) | 15.4<br>(10.3) | 12.8<br>(12.9) |

NOTAS: 1) 1980-81 A 1987-88; 2) PROYECCIÓN CON BASE EN LA REGRESIÓN CAPTURA TOTAL VS CAPTURA DE LOS PRIMEROS 2.5 MESES (N=8 TEMPORADAS, VER <sup>1</sup>). LA CAPTURA DE LOS PRIMEROS 2.5 MESES DE LA TEMPORADA 1988-1989, FUE DE 38.1 TON DE COLAS; 3) PROYECCIÓN BASADA EN QUE LA CAPTURA DE LOS PRIMEROS 2.5 MESES REPRESENTA EL 59.7% DE LA CAPTURA TOTAL DE LA TEMPORADA (MEDIA DE 8 TEMPORADAS: 1980-81 A 1987-88).



**APÉNDICE 1. RELACIÓN PRELIMINAR DE DAÑOS AL EQUIPO DE PESCA EN BAHÍA DE LA ASCENSIÓN, Q. ROO OCASIONADOS POR EL HURACÁN GILBERTO (14-09-1988).**

| <i>Áreas de la Bahía</i> | <i>Miembro</i>    | <i>% pérdidas (Total)</i> | <i>Observaciones</i>   |
|--------------------------|-------------------|---------------------------|--|
| <b>Laguna arrecifal</b>  |                   |                           |  |
| San Juan                 | Juan Ramírez      | 60-80<br>(200-250)        | Destrozadas, de cemento y apiladas sobre manchones.              |
| La Colonia               | Antonio Pereira   | 40<br>(500)               | Rotas, de tambo. De chit, fueron arrastradas.                    |
|                          | Manuel Mendoza    | 15<br>—                   | Destrozadas. Semiprotegidas por arrecife y alfaques.             |
|                          | Iván Zapata       | —                         | Destrozadas y enterradas.  |
| Faro (frente)            | Ricardo Mendoza   | 60<br>(700)               | Destrozadas, desaparecidas. Frente a un quebrado.                |
|                          | Julio Mendoza     | —<br>(300)                | 70 revisadas están bien. Las demás en el canal.                  |
| Río                      | Carlos Mendoza    | 10<br>(200)               | Destrozadas, de asbesto. Bien las de cemento.                    |
|                          | Wilberto Xec      | —                         | Enterradas y arrastradas.  |
|                          | Victor Barrera    | 25                        | —  |
| Canal                    | Moisés Tamayo     | 75<br>(500)               | Destrozadas todas las de tambo (280) y el 60% de las de cemento. |
| Cayos                    | Rafael Pérez      | 100                       | —  |
|                          | Leandro Vega      | 60-70                     | Desaparecidas/C. Valencia.                                       |
|                          | Wilfrido Cuuk     | —                         | Desaparición de límites.   |
|                          | Victor Barrera    | 25                        | —  |
|                          | Guadalupe Guzmán  | —                         | Enterradas.  |
| Quebrado                 | Alfredo Martín S. | 95<br>(280)               | Destrozadas, desaparecidas.                                      |
| Hualostoc                | Leandro Vega      | 40<br>(250)               | Destrozadas.   |
|                          | Villebaldo Guzmán | 80<br>(300)               | Destrozadas.   |
|                          |                   |                           |  |



# Impacto del huracán Roxana en la pesquería de langosta en las bahías de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo

Jaime González Cano

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES PESQUERAS (CRIP) PUERTO MORELOS-INP.  
APDO. POSTAL NO. 580. 77500 CANCUN, QUINTANA ROO.

## RESUMEN

Se evalúa el impacto del Huracán Roxana en las áreas de captura de la zona centro de Quintana Roo. La evaluación considera la destrucción o pérdida de "casitas" o "sombras" utilizadas por los pescadores de tres cooperativas que capturan langosta espinosa en las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo. La estimación se hizo encuestando a los pescadores y posteriormente verificando los resultados de la encuesta en el campo. A nivel global el daño se estimó en 45% (13,450 "casitas") en la primera bahía y 33% (1,000) en la segunda. En Bahía de la Ascensión, los daños fueron mayores dentro (65.24%) de la bahía que en la parte que da al mar (51.2%). Los daños fueron comparados con los causados por el Huracán Gilberto en 1988, se observó que el daño fue menor en un 5%. En 1988 la mayoría de los campos se ubicaban en la parte externa, lo que explica porque el porcentaje de destrucción de "casitas" fué muy parecido en ambos casos. Con el paso del Roxana no se observa que haya habido modificaciones importantes en los fondos de las bahías y que el recurso dentro de las mismas haya sido afectado. Se presenta el volumen de "casitas" demandado por los pescadores de Bahía de la Ascensión para reponer el equipo perdido y se discute el posible comportamiento de las capturas en el largo plazo en la zona centro de Q. Roo.

**PALABRAS CLAVE:** Sian Ka'an, México, huracán, *Panulirus argus*, "casitas".

## ABSTRACT

The impact of Hurricane Roxanne in the fishing grounds of the Central Zone of Quintana Roo was evaluated. It considered the destruction or losses of "casitas" or "sombras" used by fishermen of three fishing cooperatives dedicated to capture spiny lobsters in Ascension and Espiritu Santo Bays. For the estimation, fishermen were questioned and results from it were verified in the field. In general, damage was estimated in 45% (13,450 "casitas") in the first bay and 33% (1,000) in the second. In Bahía de la Ascension the inner part was more damaged (65.24%) than the area that faces the sea (51.2%). Comparing these results with those of Hurricane Gilbert in 1988, it was observed that general damage was less than 5%. In 1988 most of the fields were located in the entrance of Bahía de la Ascension. With Roxanne it was observed that the sea bottom in both bays did not suffer considerable damage and neither the resource. The volume of "casitas" being required to replace the gear loss is presented, and the possible behavior of catches in the Central Zone Q. Roo is described.

**KEY WORDS:** Sian Ka'an, México, hurricane, *Panulirus argus*, "casitas".

## Introducción

La captura de langosta espinosa (*Panulirus argus*) de la zona centro de Quintana Roo representa el 29.6% de un promedio de 210 toneladas de cola (630 ton peso vivo) registradas en

las últimas seis temporadas (1989-1995). De esta producción, la mayor cantidad (66%) proviene de la Bahía de la Ascensión y el resto de la Bahía del Espíritu Santo, ambas localizadas dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka 'an (Mapa 1). En la Ascensión, la captura es realizada por los miembros de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera (SCPP)



Pescadores de Vigía Chico, mientras que en la segunda, el área de captura es compartida por miembros de las SCPP Cozumel y José María Azcorra.

De acuerdo con Miller (1982,1991), Lozano (1991) y Sosa (en este volumen) el sistema de captura y la organización que presenta la Cooperativa Pescadores de Vigía Chico en Punta Allen se podría considerar *sui generis*. El sistema está basado en el uso de "casitas" que concentran langostas para facilitar su captura. Los miembros de la cooperativa tienen

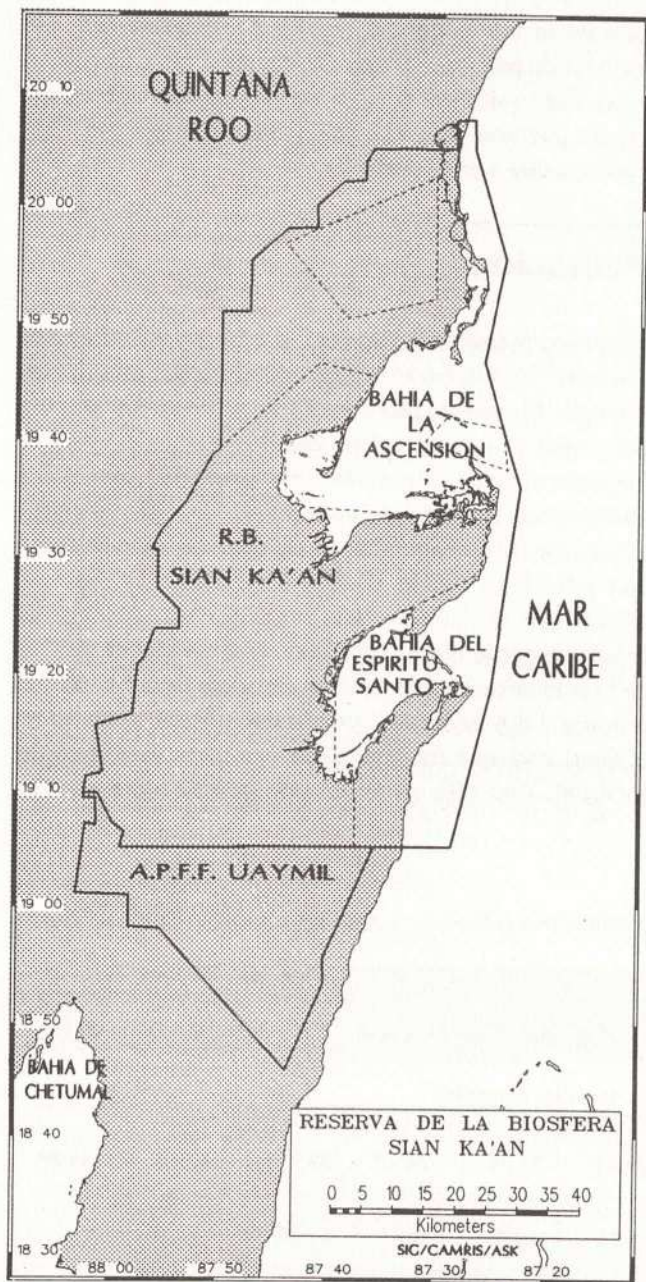
asignadas áreas de captura o campos, donde sólo los que tienen acceso pueden capturar langosta. El número de "casitas" en cada campo depende de las características del fondo, su extensión y ubicación; por lo que existen campos más productivos que otros. El sistema funciona debido a la organización interna de la cooperativa, el respeto de los socios por los derechos adquiridos y la forma como está estructurado. El sistema es muy eficiente y se mantiene de forma tal que, si a un pescador se le sorprende capturando langostas en las "casitas" de un campo que no le pertenece o al cual no tiene acceso, puede llegar a ser expulsado de la cooperativa y perder todos sus derechos.

Las cooperativas que operan en Bahía del Espíritu Santo, también hacen uso de las "casitas" para la captura de langosta y actualmente los pescadores de la SCPP José María Azcorra tienen establecidos 42 campos en la parte que le corresponde a la cooperativa; sin embargo no se ha establecido el mismo tipo de organización que en Punta Allen.

Las "casitas" han sido construidas con la palma de chit (*Thrinax radiata*) por la dureza y resistencia de este material que les permite permanecer hasta 4 años bajo el agua. A partir de 1993 la palma de chit es considerada una especie en peligro de extinción, lo que ha provocado que actualmente se instalen "casitas" de diferentes diseños y materiales en las costas a lo largo del estado, incluyendo las bahías de la zona centro.

El Huracán Gilberto en septiembre de 1988, como se describe en Sosa (en este volumen) destruyó en Bahía de la Ascensión aproximadamente el 50% de un total de 26,526 "casitas" estimado por Dachary y Arnáiz (1989). Resultando ser ésta última una estimación más realista del total de "casitas" instaladas en esta bahía antes del paso de este huracán. Este número se repartía en los 46 campos pertenecientes a 120 socios de la cooperativa en 1988 (Subdelegación de Pesca, 1988). Con el paso de este huracán el número de "casitas" se redujo a 13,263 y el fondo marino en gran parte de los campos en la bahía se vió afectado. Como resultado de lo anterior, en las temporadas 1989-1990 y 1990-1991 la producción decreció en 38% y 49% respecto al promedio de 53.31 ton en las temporadas 1982-1983 a 1988-1989, manteniéndose en este nivel en el período 1990-1995. La reducción de la producción en este período se ha atribuido a varias cosas, entre ellas: a la pérdida de "casitas", al cambio en las características de los fondos y por otra parte a la disminución en el reclutamiento de post-larvas y falta de condiciones apropiadas para su asentamiento.

Durante las temporadas 1989-1990 a 1994-1995 el promedio de las capturas en las Bahías de la Ascensión y del



MAPA 1. DENTRO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN, LAS SOCIEDADES COOPERATIVAS DEDICADAS A LA PESCA DE LANGOSTA TRABAJAN EN EL ÁREA DE BAHÍA DE LA ASCENSIÓN Y DEL ESPÍRITU SANTO.



Espíritu Santo se registró en 12.96 ton y 14.82 ton respectivamente (Tabla 1). Debido a la alta densidad de juveniles en las áreas de captura descrita por los pescadores en Bahía de la Ascensión (comparable a la de las temporadas de buenas capturas) se esperaba que al término de la temporada 1995-1996, el registro de las capturas fuera cercano al promedio registrado antes del huracán Gilberto (aprox. 50 ton) y que en forma proporcional aumentara en la Bahía del Espíritu Santo. Por otra parte, se había estimulado la inversión y se había comenzado a desarrollar la comercialización de langosta viva en Bahía de la Ascensión. Posteriormente se pensaba instrumentar su captura en forma viva en Bahía del Espíritu Santo y en otras zonas del Estado (Mapa 1).

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación del impacto del huracán Roxana realizada por el personal de la Subdelegación de la SEMARNAP y del personal responsable del Proyecto Langosta del CRIP-Puerto Morelos de la misma Secretaría; el número de implementos solicitados por los pescadores para resarcir el daño por la pérdida y destrucción de "casitas", así como las posibles repercusiones en la pesquería en el corto y mediano plazo, considerando los resultados durante el paso del huracán Gilberto.

## Características del huracán Roxana

El 8 de octubre de 1995, el Servicio Meteorológico Nacional localizó a 120 Km de Honduras y Nicaragua, la depresión tropical número 19 de 1995. Un día después este fenómeno ambiental pasó a la categoría de Tormenta Tropical, denominándosele Roxana, con vientos de 105 Km/h y rachas de 120 Km/h. El día 10 de octubre se intensificó a huracán ubicándose en vuelo de reconocimiento a 18.8° latitud norte y 87° longitud oeste, con velocidades de 135 Km/h, rachas

de 150 Km/h y con un desplazamiento de 12 Km/h. El huracán entró a tierra entre el poblado de Tulum y Akumal, Quintana Roo a las 18:00 horas del 10 de octubre.

A diferencia de otros huracanes (como el Gilberto), Roxana no presentó una gran cantidad de agua y por lo tanto el efecto, a pesar de los vientos, no fué tan devastador. Principalmente, porque el centro del huracán pasó muy cerca de la zona centro, haciendo que las ráfagas de aire se dirigieran de tierra hacia el mar. Este comportamiento de los vientos y la sal tuvieron un efecto de «quemazón» en la vegetación, además del derribamiento de árboles. Pero el efecto de la marejada que pudo haberse producido fue contrarestanda por estos vientos. Sin embargo, hubo afectación de viviendas y desperfectos en las vías de comunicación y servicios públicos. Su efecto en las zonas someras a lo largo de la costa está siendo evaluado.

## Afectación

Por encontrarse las bahías cerca del lugar por donde entró el huracán, los efectos se sintieron más que en otras zonas del estado. El poblado de Punta Allen sufrió daños, pero no tantos como se esperaba. Esto debido principalmente a la dirección que tomaron los vientos predominantes al internarse a la Península de Yucatán; por otra parte, al efecto amortizador de la barrera arrecifal. Aunque hubo el embate de las olas y marejada a lo largo de la costa, su efecto fue menor al esperado por lo descrito anteriormente. Sin embargo, el poblado se quedó aislado por unos días porque el camino que lo comunica con Tulum y la carretera Federal 307 fue destruido. Dejó de haber comunicación y el transporte de personal y el que da servicio a la comunidad dejó de funcionar. Con ello, el desarrollo que se tenía para la

TABLA 1. PRODUCCIÓN DE LANGOSTA ESPINOSA EN LAS BAHÍAS DE LA ASCENSIÓN (B.A.) Y DEL ESPÍRITU SANTO (B.E.S.), QUINTANA ROO. PERIODO 1989-1995

| Cooperativa      | Temporada                    |           |           |           |           |           | Promedio | Promedio | Promedio |
|------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
|                  | 1989-1990                    | 1990-1991 | 1991-1992 | 1992-1993 | 1993-1994 | 1994-1995 | B. A.    | B. E. S. |          |
|                  | Toneladas (cola de langosta) |           |           |           |           |           |          |          |          |
| Vigia Chico      | 33,13                        | 26,16     | 30,02     | 29,81     | 23,09     | 24,45     | 27,77    | 12,96    | 14,82    |
| Cozumel          | 12,02                        | 17,00     | 10,00     | 9,13      | 6,67      | 8,63      | 10,57    |          |          |
| José Ma. Azcorra | 4,99                         | 5,05      | 3,86      | 3,66      | 3,12      | 4,84      | 3,42     |          |          |



comercialización de langosta viva se vió afectado. No obstante, el Gobierno de Quintana Roo intervino y las actividades se regularizaron a los 15 días.

---

## Material y métodos

### EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PESQUERÍA

La SCPP Vigía Chico cuenta actualmente con un total de 78 socios pescadores. De estos sólo 51 poseen campos y el resto colabora en la captura de langostas en los campos dentro de la Bahía de la Ascensión.

Para cuantificar el impacto del huracán Roxana en la pesquería de langosta en las dos bahías de la zona centro de Quintana Roo, la subdelegación de Pesca y del CRIP Puerto Morelos de la SEMARNAP procedieron a realizar una encuesta a cada uno de los 51 pescadores de la SCPP Vigía Chico que poseen campos en el área. Los resultados fueron posteriormente verificados en los campos de 32 socios pescadores a fin de comprobar la veracidad de los resultados de la encuesta.

La encuesta se realizó en el auditorio de la SCPP Vigía Chico. Cada uno de los pescadores fue interrogado sobre el número de "casitas" con que contaba antes y las que se habían perdido después del huracán, dentro de la bahía y en las áreas contiguas a la boca de Bahía de la Ascensión (entre Punta Allen y Punta Hualoxtoc).

La evaluación del impacto en las "casitas" que se tenían en la Bahía del Espíritu Santo se hizo de acuerdo a la información proporcionada por las directivas de las cooperativas que operan en esta área. La estimación es preliminar, y se consideró que hasta octubre de 1995 se tenían instaladas aproximadamente 3,000 "casitas".

---

## Resultados

La Tabla 2 presenta los resultados de la encuesta realizada a los socios de la SCPP Vigía Chico. Se observa que el número de "casitas" destruidas o desaparecidas depende del lugar donde se encuentra ubicado el campo. En algunos casos no se incorpora el número debido que el pescador no había podido cuantificar (ND) los daños en su campo. El porcentaje de "casitas" perdidas o desaparecidas que pudieron ser comprobadas en el campo va del 6 al 100% dentro de la bahía y del 4 al 100% en la parte que da al mar. El promedio del porcentaje de "casitas" dañadas por campo dentro de la bahía

fué de 65.24% y 51.2% en la parte externa. A nivel global el daño se consideró en el rango del 4 al 100%. El total de "casitas" destruidas fue de 13,450 lo que corresponde al 45% del total de "casitas" (24,450) estimado en la Bahía de la Ascensión.

Aunado a lo anterior en la Tabla 3 se muestra la información de la Dirección de Fomento Pesquero de la Secretaría de Infraestructura Medio Ambiente y Pesca del Gobierno de Quintana Roo donde se indica el número de campos y el de "casitas" solicitadas por cada uno de los 52 pescadores que poseen campos en la Bahía de la Ascensión. El número solicitado difiere en cada caso con el de "casitas" dañadas por el límite de tiempo que ha dado la SEMARNAP (período de veda del 1 marzo a 30 de junio) para reponer sus implementos.

---

## Impacto en el recurso y en los fondos de las bahías

En forma preliminar y de acuerdo con las observaciones de los pescadores realizadas en la mayoría de los campos, a pesar del movimiento producido por el oleaje y la destrucción y desaparición de "casitas", los fondos no fueron afectados significativamente. La zona más afectada fue la parte interna de Bahía de la Ascensión, ya que los vientos soplaron en dirección oeste-este por entrar el centro del huracán muy cerca de esta bahía. Con el paso del huracán Gilberto, se afectaron considerablemente los fondos en la mayor parte de la Bahía de la Ascensión y en forma parecida en Bahía del Espíritu Santo; las áreas propicias para el asentamiento de postlarvas fueron afectadas y la abundancia de juveniles decreció considerablemente. Con el paso de Roxana, aparentemente las zonas de asentamiento no sufrieron daños importantes a pesar de que la abundancia relativa de langostas disminuyó, lo mismo se restableció en un tiempo muy corto permitiendo que la producción aumentara, a los niveles que se esperarían en el patrón de capturas en esta bahía.

---

## Discusión y conclusiones

El huracán Roxana se presentó frente a las costas de Quintana Roo siete años después del Gilberto. Sin embargo, los efectos fueron distintos. A pesar de que el centro del huracán Gilberto pasó por Puerto Morelos y el del Roxana más cercano a la población de Punta Allen, se podría concluir, preliminarmente, que los efectos en cuanto a la destrucción y/o



TABLA 2. RELACIÓN PARCIAL DE PROPIETARIOS DE CASITAS EN LA S.C.P.P. "PESCADORES DE VIGÍA CHICO"

| Nombre                   | Existentes al mes de septiembre 1995 |        | Pérdidas durante el Ciclón Roxana |       | Existentes al mes de noviembre 1995 |       | Porcentaje %  |        |
|--------------------------|--------------------------------------|--------|-----------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------|--------|
|                          | Bahía                                | Mar    | Bahía                             | Mar   | Bahía                               | Mar   | Bahía         | Mar    |
| Alberto Sánchez José     | 500                                  | 20     | 30                                | 20    | 470                                 | 0     | 6.00          | 100.00 |
| Ascencio Cruz Candelario | 120                                  |        | 60                                |       | 60                                  |       | 50.00         |        |
| Ancona Lugo Aurelio      | 600                                  | 400    | ND                                | 180   | ND                                  | 220   |               | 45.00  |
| Ancona Lugo José         | 40                                   |        | 31                                |       | 9                                   |       | 77.50         |        |
| Barrera Córbova Víctor   | 400                                  | 410    | 240                               | 120   | 160                                 | 290   | 60.00         | 29.27  |
| Briceño Rojas Luis       |                                      | 130    |                                   | 110   |                                     | 20    |               | 84.62  |
| Caamal Pastrana S.       | 240                                  | 250    | 140                               | 110   | 100                                 | 140   | 58.33         | 44.00  |
| Cahuich Peña Manuel      | 200                                  | 250    | 100                               | 100   | 100                                 | 150   | 50.00         | 40.00  |
| Canto Villanueva Juan    |                                      | 500    |                                   | ND    |                                     | ND    |               |        |
| Cárdenas Domínguez José  | 300                                  |        | 150                               |       | 150                                 |       | 50.00         |        |
| Choc Aguilar Casimiro    |                                      | 380    | ND                                | 310   | ND                                  | 70    |               | 81.58  |
| Choc Aguilar Miguel      | 100                                  | 200    | 230                               | 100   | 50                                  | 100   | 50.00         | 50.00  |
| Díaz Rentería José       | 280                                  | 600    | 120                               | 200   | 30                                  | 400   | 89.29         | 33.33  |
| Domínguez Zarate Juan    | 150                                  | 470    | 200                               | 350   | 100                                 | 120   | 33.33         | 74.47  |
| Guzmán Centurión Gpe.    | 300                                  |        | 445                               |       | 75                                  |       | 55.55         |        |
| Manuel Alcocer Pablo     | 1000                                 | 40     | ND                                | ND    | ND                                  | ND    |               |        |
| Martín Sierra Héctor     | 270                                  | 160    | 150                               | 80    | 0                                   | 80    | 100.00        | 50.00  |
| Mendoza Arguez Carlos    | 150                                  | 4700   |                                   | 1500  |                                     | 3200  | 100.00        | 31.91  |
| Naal Kuyoc Daniel        | 350                                  | 80     | ND                                | 50    | ND                                  | 30    |               | 62.50  |
| Pérez Flota José         | 100                                  | 100    |                                   | 50    |                                     | 50    | 100.00        | 50.00  |
| Pereira Espinoza Antonio | 800                                  |        | 480                               |       | 320                                 |       | 60.00         |        |
| Pereira Méndez Andrés    |                                      | 500    |                                   | 350   |                                     | 150   |               | 70.00  |
| Cruz Suárez Carlos       | 30                                   |        | 30                                | 4     | 0                                   |       | 100.00        |        |
| Pérez Ramírez Rafael     | 350                                  | 100    | 100                               | 200   | 250                                 | 96    | 28.57         | 4.00   |
| Ramírez Díaz Juan        |                                      | 300    |                                   |       |                                     | 100   |               | 66.67  |
| Rendón Choc Juan         | 250                                  |        | ND                                | ND    | ND                                  |       |               |        |
| Sandoval Roger Armando   | 160                                  | 200    | 100                               | 240   | 60                                  | ND    | 62.50         |        |
| Suárez Novelo José       |                                      | 300    |                                   | 150   |                                     | ND    |               |        |
| Suárez Novelo Angel      |                                      | 360    |                                   | 1500  |                                     | 120   |               | 66.67  |
| Tax Tinal Angel          |                                      | 300    |                                   |       |                                     | 150   |               | 50.00  |
| Tax Tinal Emilio         |                                      | 3000   |                                   |       |                                     | 1500  |               | 50.00  |
| Ucan Melendea Enrique    |                                      | 400    |                                   |       |                                     | ND    |               |        |
| Vázquez Domínguez Mario  | 250                                  |        | 160                               |       | 90                                  |       | 64.00         |        |
| Velázquez González Jorge | 70                                   | 100    | 70                                | 30    | 0                                   | 70    | 100.00        | 30.00  |
| Vega Che Leandro         | 400                                  | 750    | 300                               | 150   | 100                                 | 600   | 75.00         | 20.00  |
| Vidal Tinal César        |                                      | 40     |                                   | 50    |                                     | 10    |               | 75.00  |
| Zapata Aguilar Iván      | 1000                                 | 1000   | ND                                | 200   | ND                                  | 800   |               | 20.00  |
| <b>Subtotal</b>          | 8,410                                | 16,040 | 3,136                             | 6,154 | 2,224                               | 8,846 | 65.24         | 51.2   |
| <b>Total</b>             |                                      |        | <b>24,450</b>                     |       | <b>9,290</b>                        |       | <b>11,070</b> |        |

ND = No determinado



**TABLA 3. CASITAS SOLICITADAS POR SOCIOS DE LA SPCP PESCADORES DE VIGÍA CHICO.**

| No.          | Nombre                   | Campos     | Casitas solicitadas |
|--------------|--------------------------|------------|---------------------|
| 1            | Alberto Sánchez José     | 3          | 420                 |
| 2            | Ascencio Cruz Candelario | 3          | 130                 |
| 3            | Ancona Lugo Aurelio      | 2          | 60                  |
| 4            | Ancona Lugo José         | 2          | 100                 |
| 5            | Barrera Córbova Víctor   | 6          | 300                 |
| 6            | Briceño Rojas Luis       | 1          | 50                  |
| 7            | Caamal Pastrana S.       | 3          | 100                 |
| 8            | Cahuich Peña Manuel      | 3          | 50                  |
| 9            | Canto Villanueva Juan    | 3          | 180                 |
| 10           | Cárdenas Domínguez José  | 2          | 150                 |
| 11           | Choc Aguilar Casimiro    | 3          | 100                 |
| 12           | Choc Aguilar Miguel      | 5          | 150                 |
| 13           | Cruz Suárez Carlos B.    | 1          | 50                  |
| 14           | Díaz Rentería José       | 1          | 150                 |
| 15           | Domínguez Zarate Juan    | 3          | 300                 |
| 16           | Guzmán Centurión Gpe.    | 4          | 445                 |
| 17           | Manuel Aleocer Pablo     | 3          | 80                  |
| 18           | Martín Sierra Héctor     | 2          | 180                 |
| 19           | Mendoza Argáez Carlos    | 5          | 300                 |
| 20           | Naal Kuyoc Daniel        | 2          | 100                 |
| 21           | Pérez Flota José         | 1          | 300                 |
| 22           | Pereira Espinoza Antonio | 1          | 300                 |
| 23           | Pereira Méndez Andrés    | 1          | 50                  |
| 24           | Pérez Ramírez Rafael     | 3          | 120                 |
| 25           | Ramírez Díaz Juan        | 1          | 150                 |
| 26           | Rendón Choc Juan         | 3          | 75                  |
| 27           | Sandoval Roger Armando   | 2          | 220                 |
| 28           | Suárez Novelo José       | 2          | 200                 |
| 29           | Suárez Novelo Angel      | 2          | 170                 |
| 30           | Tax Tinal Angel          | 3          | 100                 |
| 31           | Tax Tinal Emilio         | 8          | 1000                |
| 32           | Ucan Melendez Enrique    | 2          | 150                 |
| 33           | Vázquez Domínguez Marco  | 1          | 130                 |
| 34           | Velázquez González Jorge | 4          | 500                 |
| 35           | Vega Che Leandro         | 1          | 75                  |
| 36           | Vidal Tinal César        | 1          | 50                  |
| 37           | Zapata Aguilar Iván      | 6          | 400                 |
| 38           | Antonio Alberto Sánchez  | 2          | 120                 |
| 39           | Apolonio Ancona Lugo     | 2          | 130                 |
| 40           | Benito Caamal Uc         | 2          | 100                 |
| 41           | Carlos Cahuich Uitzil    |            | 50                  |
| 42           | Carlos Choc Aguilar      | 4          | 70                  |
| 43           | Emilio Pérez Mendoza     | 2          | 300                 |
| 44           | Jorge Velázquez Cruz     | 2          | 170                 |
| 45           | José Pereira Méndez      | 1          | 300                 |
| 46           | Juan Mendoza Cruz        | 3          | 300                 |
| 47           | Julio Mendoza Argaez     | 3          | 100                 |
| 48           | Manuel Mendoza Argaez    | 3          | 0                   |
| 49           | Pedro Tax Tinal          | 2          | 0                   |
| 50           | Raimundo Vázquez Tamayo  | 3          | 75                  |
| 51           | Ricardo Mendoza Argaez   | 3          | 300                 |
| 52           | Roberto Torres           | 3          | 150                 |
| <b>Total</b> |                          | <b>134</b> | <b>9,550</b>        |

desaparición de "casitas" fue muy parecido, pero no así, en cuanto a las condiciones del fondo y en el recurso. Como se muestra en la Figura 1, después del Gilberto, las capturas descendieron 49% y se mantuvieron en este nivel las siguientes cinco temporadas. La reposición de "casitas" después del Gilberto no fue un proceso rápido. Existe la duda si la disminución de las capturas a estos niveles está relacionada con el hecho de que el número de "casitas" destruidas fue de la mitad de las que se tenían. Se sabe que la abundancia de langostas disminuyó y que los fondos fueron afectados. Esto es importante tenerlo en cuenta, ya que de acuerdo con los resultados de esta evaluación, los fondos no sufrieron muchos daños; sin embargo, y al igual que con el paso del Gilberto, el número de implementos de captura se redujo a la mitad. De ser cierto esto último, se esperaría que si el recurso disponible en las bahías no sufrió muchos daños, las capturas no disminuyan sustancialmente si la reposición de "casitas" se da en forma rápida.

En cuanto al impacto en el número de implementos de captura, el porcentaje de destrucción fue menor en un 5% con el paso del huracán Roxana que con el Gilberto. A diferencia del Gilberto, el mayor daño ocurrió dentro de la bahía ya que el porcentaje promedio de destrucción por campo se estimó en 65.24% y en la parte externa solo 51.2%. Esto resulta ser contrario al paso del Gilberto donde la mayor destrucción ocurrió en la parte externa. Esto es razonable si se toma en cuenta que anteriormente, la mayoría de los 46 campos se localizaban en la parte externa de la bahía y que con el paso del Gilberto, el número de campos se incremento a 134 ubicándose muchos de estos en la parte interna de la misma. Si se considera que las estimaciones del número de "casitas" de Dachary y Arnáiz (1989) de 26,526 y la obtenida en esta evaluación 24,450 no difieren mucho, pero en cambio el número de campos aumentó o que algunos de los campos originales fueron fraccionados, es posible pensar que con el paso del huracán Gilberto hubo una redistribución de los implementos de captura y por lo tanto del esfuerzo en la Bahía de la Ascensión. El número de "casitas" solicitado por los pescadores de la SPCP Vigía Chico de 9,550 (Tabla 3) para reponer las 11,000 perdidas daría un total de 23,000 "casitas". Estas serán instaladas de acuerdo a la proporción de los daños del huracán Roxana. Por lo que se observa que con el paso de los huracanes el esfuerzo ha venido disminuyendo. Del 45% de "casitas" dañadas o perdidas en octubre de 1995, sólo se espera reponer el 39%. A pesar de que requiere ser estudiado, la disminución paulatina del esfuerzo permite suponer que en forma indirecta se está optimizando el esfuerzo aplicado en cada uno de los campos.



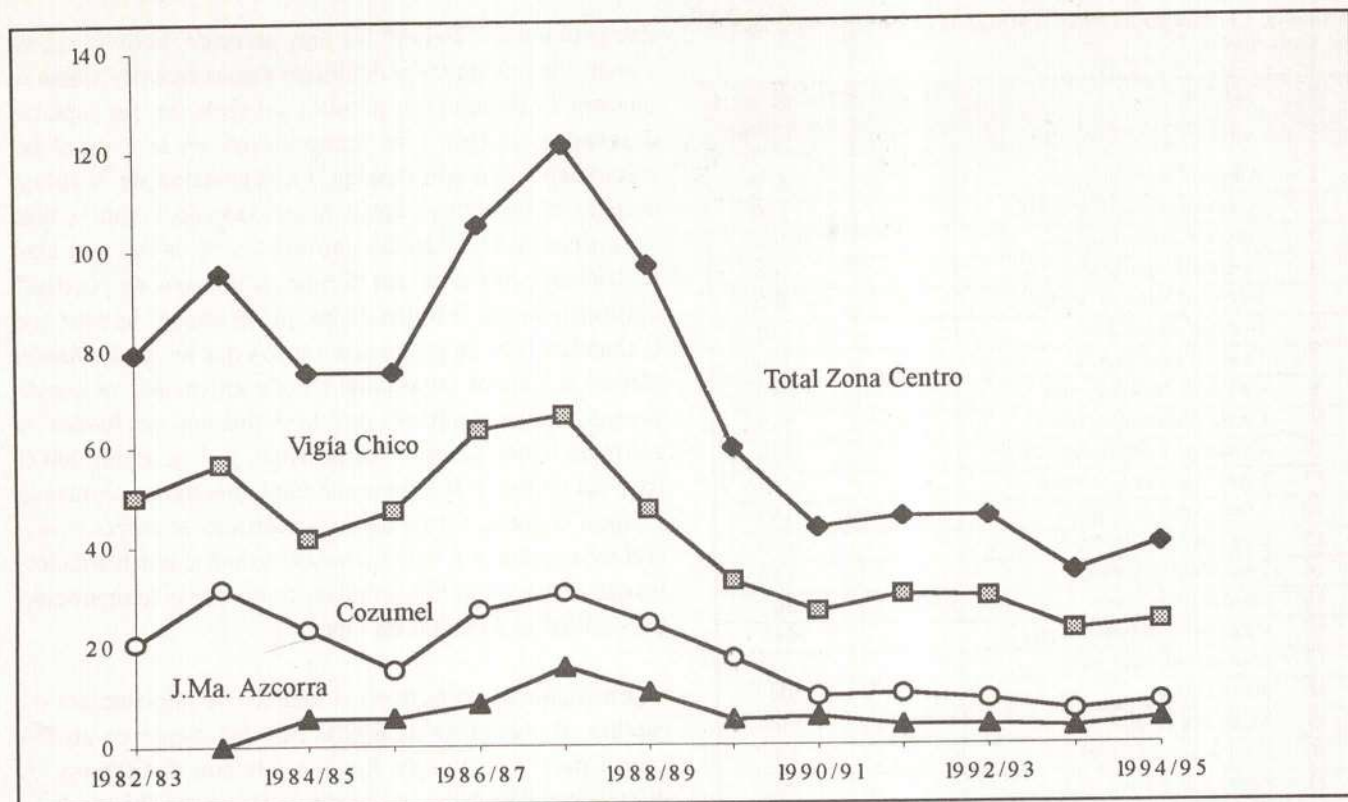


FIGURA 1. CAPTURAS DE LANGOSTA (TONELADAS DE COLA) EN LA ZONA CENTRO DE QUINTANA ROO, DURANTE EL PERIODO 1982-1995.

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración del personal de la Subdelegación de Pesca de la SEMARNAP que participó en la

evaluación del impacto del huracán en la pesquería de langosta y al Ing. Gerardo Kauffmann, Director de Fomento Pesquero en el Gobierno de Quintana Roo y al Sr. Manuel Mendoza Argaez, Presidente de la Federación de Cooperativas de Quintana Roo., por sus comentarios y aportaciones.

## Referencias

- Dachary, C. A. y S. B. Arnáiz. 1989. *Sian Ka 'an. El hombre y su economía*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal, Q.Roo. 140 pp.
- González-Cano, J. (1991b). *Migration and Refuge in the assessment and management of the spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean*. Ph.D. Thesis. Imperial College of Science, Technology & Medicine. 445 p.
- Miller, D. 1989. The evolution of Mexico's Caribbean spiny lobster fishery. In *Common property resources*. F. Berkes (Ed.). Belhaven Press. p 185-198.
- Lozano, E.A. 1991. Consideraciones sobre el manejo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo. En: *Memorias del Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de la langosta*. (De. Briones, P.F. y Arenal R.) pp 33-41.



## Comunicaciones

### Recaptura de juvenil de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en Isla Contoy

José Carlos González Malpica

Jorge Carranza Sánchez

AMIGOS DE SIAN KA'AN, A.C.

APDO. POSTAL 770, CANCÚN, Q. ROO, C.P. 77500

Las playas de la Reserva Especial de la Biosfera Isla Contoy constituyen sitios importantes para la protección de las tortugas marinas que arriban para anidar. La presencia de arrecifes y zonas rocosas en el fondo marino de las zonas aledañas a las playas presentan condiciones favorables como sitio de refugio y alimentación de crías, juveniles y adultos de tortugas marina. En éstas zonas es común observar organismos juveniles de tortuga carey *Eretmochelys imbricata*. En la temporada de anidación 1995 durante los trabajos de protección e investigación de tortugas marinas se marcaron dos organismos juveniles. El primero localizado el 5 de mayo en los Islachos fue marcado con la clave J-3944 y el segundo con la clave ASK-045 del Instituto Nacional de Pesca y de Amigos de Sian Ka'an A.C. Sus medidas curvas del caparazón fueron 50 cm de longitud y 42 cm de ancho respectivamente.

El segundo organismo fue localizado el 14 de mayo frente a la Playa Tortugas y marcado con el número J-3943 y ASK-050. Este ejemplar tenía un tamaño de caparazón de 30 cm de longitud y 26 cm de ancho en medidas curvas. Este mismo organismo fue localizado nuevamente el 27 de agosto en el mismo sitio con una talla de 35 cm de longitud y 30 cm de ancho, registrando un incremento de 5 cm en su largo del caparazón y 4 cm en el ancho en 105 días. La marca del INP fue substituida por el número J-3960 por presentar problemas de colocación.

Este registro proporciona información sobre el crecimiento de tortuga carey en condiciones naturales; generalmente los datos acerca de su crecimiento son especulativos o son medidas esporádicas de tortugas en cautiverio (Witzell, 1983).

Witzell W.N. 1983, Synopsis of biological data on the Hawksbill Turtle (*Eretmochelys imbricata*) (Linnaeus, 1766) FAO. Fisheries Synopsis No. 137. 78 pp.

### Registro de zorrillo listado (*Mephitis macroura*) para Quintana Roo

Gonzalo Merediz Alonso

AMIGOS DE SIAN KA'AN, A.C.

APDO. POSTAL 770, CANCÚN, Q. ROO, C.P. 77500

El 1º de octubre de 1993, a las 19:30 horas, se observó un ejemplar vivo de zorrillo listado (*Mephitis macroura*) en el km. 140 de la Carretera Federal 307 Felipe Carrillo Puerto-Tulum. En la zona predominaba una vegetación secundaria de siete metros de altura aproximadamente. De acuerdo con los listados de mamíferos disponibles para Quintana Roo (Navarro *et al.*, 1990; Pozo *et al.*, 1991), la presencia de dicha especie no había sido reportada con anterioridad en este estado.

Navarro L., Jiménez A. T., Juárez G. J., 1990. Los mamíferos de Quintana Roo. *In: Diversidad biológica de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Navarro L. D., Robinson J.G. (Eds.). CIQRO, Chetumal, 1:371-450.

Pozo de la T. C., Escobedo C., Rangel S. J. L., Viveros L.P. 1991. Fauna. *In: Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo*. Camarena Lurhs T. y Salazar Vallejo S. (Eds.). CIQRO, Chetumal. Pp. 49-78.



## Resúmenes de tesis

### Zonación de las macroalgas bentónicas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo

Elena Torres Mejía. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 1991  
Estación Puerto Morelos I.C.M. y L. U.N.A.M. Apdo. Postal 1152, Cancún, Q. Roo

El presente trabajo analiza la composición y la distribución específica, así como la diversidad con base en la cobertura relativa de las macroalgas bentónicas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Se discuten los posibles cambios en la composición y riqueza específica de la comunidad algal arrecifal después del huracán Gilberto en 1988. Durante los meses de enero y febrero de 1990, se realizó un muestreo prospectivo y la colecta para obtener la lista de especies de la zona de estudio; posteriormente durante los meses de marzo a septiembre del mismo año se llevó a cabo el muestreo para analizar la distribución de macroalgas con base en la cobertura específica en cada zona del arrecife.

Se reportaron 63 especies de macroalgas para la zona de estudio pertenecientes a tres divisiones: Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta. Se observó que la división Chlorophyta tiene mayor cobertura en las zonas someras, y en las zonas profundas la cobertura algal está representada

relativamente de igual forma por las divisiones Chlorophyta y Phaeophyta.

También se detectan cambios en la riqueza específica, atribuidos a los efectos del huracán Gilberto (septiembre de 1988). Los resultados obtenidos sugieren que es posible distinguir un patrón en la distribución zonal de la comunidad algal del arrecife de Puerto Morelos. Este patrón se hace en base a los cambios en la profundidad, tipo de sustrato, etc.

El arrecife se dividió en 5 zonas: playa, laguna, posterior, rompiente y frontal. Dos de las cuales se subdividieron en subzonas, tres subzonas para la zona de laguna (1, 2, 3) y dos subzonas para la zona de frontal (frontal interior y frontal exterior).

Finalmente se discute la importancia que tienen algunos factores de competencia por sustrato, y heterogeneidad y perturbaciones ambientales como posibles factores determinantes de la diversidad, cobertura, abundancia y dominancia específica observados en el arrecife.

### Folk Management and the *campo* system: private ownership in a Mexican lobster cooperative

Karen Leslie. Major: Cultural Anthropology. Degree: Master of Arts. Northern Illinois University. 1995.

Many of the world's fisheries are regulated by state-level management systems built upon the assumption that marine resources are open-access common property resources, thus susceptible to "tragedy of the commons" scenarios, e.g., overfishing. Maritime anthropologists question this basic assumption based on empirical evidence that local fisheries often regulate themselves through a variety of common property regimes. This study based on fieldwork from May 1994 to July 1994 examines the folk management system of the Vigía Chico lobster cooperative in Punta Allen, Quintana Roo, Mexico. The *campo* system is a well defined lobster fishing rights system based on private sea ownership and governed by a set of formal rules created and enforced by local fishers. It was not initiated by the Mexican Government,

but by local cooperative fishers in order to regulate artificial habitats (lobster shelters) introduced by Cuban fishers in the 1960's. In less than a generation fishers have divided the cooperative's common fishing grounds into privately "owned" sea parcels or *campos*.

This relatively quick privatization has created a social organization of lobster fishing in which access to lobster resources is obtained by either owning *campos* (property rights) or becoming crew members in fishing groups (access rights). While the *campo* system appears to be an effective local system of fishing rights, the system is an inequitable due to unequal distribution of *campos*.



## Los peces de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

Ma. Antonia Burgos Legorreta. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 1992  
Instituto de Biología. Laboratorio de Ictiología.

Se obtiene un listado parcialmente anotado de las especies ícticas arrecifales, además se elaboró una clave dicotómica de las especies con problemas taxonómicos, así como una comparación cuantitativa de la comunidad de peces de la localidad Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo, con la de otros arrecifes del Golfo de México y Mar Caribe mexicano, señalándose algunas consideraciones biogeográficas.

Se analizaron 5,450 peces capturados con diversas artes de pesca, pertenecientes a 2 clases, 16 órdenes, 47 familias, 76 géneros y 124 especies.

Las familias mejor representadas en cuanto a número de especies fueron las familias consideradas como típicamente arrecifales; las familias Haemulidae y Labrisomidae con 10 especies cada una, Labridae con 8, Balistidae con 7, Scaridae y Carangidae con 6 especies. Las familias con mayor abundancia

relativa fueron Engraulidae con el 42.8%, Clupeidae con el 31.7% y Atherinidae con el 6.3%.

Se obtuvieron nueve nuevos registros de peces para la zona correspondiente al Golfo de México y mar Caribe mexicano siendo las siguientes; *Acyrtops ampliocirrus*, *Acyrtops beryllinus*, *Hypoatherina harringtonensis*, *Rypticus butrispinus*, *Eucinostomus jonesii*, *Stegastes partitus*, *Malacoctenus gilli*, *Paraclinus cingulatus* y *Gobiosoma evelynae*. Estas especies se habían registrado sólo para el Caribe, por lo que se amplía su distribución hacia el oriente (sic).

Al comparar la ictiofauna de Puerto Morelos con las otras comunidades arrecifales, se encontró que hay mayor similitud con la ictiofauna del Arrecife de Alacranes, Yucatán con un 28.3% de especies similares.

## Análisis de la distribución y abundancia de los moluscos en la Laguna Bojórquez, Quintana Roo, México

Citlalli Valentina Alvarez Saulés. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 1993  
Instituto de Biología. Laboratorio de Ictiología.

Se analiza la diversidad de la fauna malacológica, así como su distribución y abundancia relativa en la Laguna Bojórquez, la cual pertenece al Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo, en donde se ha desarrollado un complejo urbano y turístico. Los muestreos se realizaron del 2 al 4 de abril de 1990 y los días 7 y 8 de mayo de 1991 con una draga Van Veen de dos litros de capacidad en seis estaciones de colecta; las estaciones abarcaron los diferentes ambientes de la laguna (fondos descubiertos, fondos con pastos marinos, fondos con algas y fondos en los que se encontró tanto pastos marinos como algas).

Se cuantificaron en los dos muestreos un total de 42,780 individuos comprendidos en las clases Gastropoda y Bivalvia, determinándose 7 órdenes, 39 familias, 54 géneros y 74

especies. Se contribuyó al conocimiento del número de especies presentes en la laguna, determinándose tres géneros y 48 especies de la clase Gastropoda y dos especies de la clase Bivalvia no registradas anteriormente en la laguna, de acuerdo a la bibliografía revisada en el presente trabajo.

Las especies con la distribución mas amplia para los dos muestreos (en orden sistemático) fueron: *Cocculina cf. rathbuni*, *Tricolia affinis beaui*, *Tricolia affinis cruenta*, *Caecum nitidum*, *Modulus carchedonius*, *Diastoma varium*, *Triphora nigrocincta*, *Anachis semiplacata*, *Mitrella profunda*, *Nassarius cf. scissuratus*, *Marginella roosevelti*, *Bulla striata*, *Brachidontes exustus*, *Tellina lineata*, *Cumingia tellinoides*, *Chione cancellata* y *Anomalocardia auberiana*.



Las especies que presentaron una mayor abundancia en los dos muestreos fueron: *Tricolia affinis beaufi*, *Assiminea sp.*, *Caecum nitidum*, *Modulus carchedonius*, *Cerithium eburneum algicola*, *Diastoma varium*, *Mitrella profunda*, *Marginella roosevelti* y *Brachidontes exustus*.

La proporción de individuos vivos encontrada para los dos muestreos fue mínima (0.14% para gasterópodos y 6.59% para bivalvos) pudiéndose deber al método de muestreo

utilizado y a la acumulación de exoesqueletos en el sustrato de la laguna.

Se obtuvo una reducción de la fauna malacológica de 1990 a 1991, relacionada posiblemente con la tasa excesiva de depósito y suspensión de sedimentos, causada por las acciones humanas del turismo que alteran el bentos y provocan la sustitución de pastos marinos por algas.

## Organización espacial de la comunidad de peces damisela (Pomacentridae) en la costa del Caribe Mexicano

Rosa María Loreto Viruel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 1993  
Instituto de Biología. Laboratorio de Ictiología.

En el presente trabajo se realizó un estudio descriptivo de los patrones de distribución espacial de la comunidad de peces damisela en la zona posterior de la barrera arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Fueron consideradas ocho especies de esta comunidad: siete del género *Stegastes* y una del género *Microspathodon*, las cuales establecen su territorio asociado a sustrato duro como coral vivo o pedacera de coral muerto. El método de muestreo utilizado fue a través de observaciones con equipo de buceo autónomo sobre transectos de nylon de dos metros de ancho por 30 m de largo, en los cuales se registró el tipo de sustrato asociado al territorio de las especies en estudio, el número de individuos por especie, estado de desarrollo de cada individuo y el nivel sobre el sustrato en que se distribuyó cada especie.

Se describió la frecuencia relativa de los juveniles y adultos por especie en nueve tipos de sustrato, la distribución de los sustratos asociados a los territorios de los peces damisela, la frecuencia relativa de utilización de estos sustratos y la distribución vertical de las especies en los sustratos. Con estos datos se analizó el grado de sobreposición del nicho entre pares de especies (Petraitis, 1979) en términos de la utilización del sustrato (especie-sustrato) y de la utilización intrasustrato (especie-nivel de sustrato). Los resultados indicaron la distribución de algunas especies en más de un tipo de sustrato, misma distribución que ha sido reportada para especies de peces damisela en otros arrecifes del Atlántico Occidental y mar Caribe: *S. leucostictus* y *S. partitus* en pedacera de coral, *S. dorsopunicans*, *S. variabilis*, *S. diencaeus* y *S. mellis* en pedacera de coral muerto y en macizos de coral vivo, mientras que *S. planifrons* y *M. chrysurus* en macizos de coral vivo. La distribución de estos

sustratos en la zona posterior fue afectada en parte por los efectos del huracán "Gilberto" (septiembre de 1988) que además al causar la muerte y fragmentación de algunos componentes del arrecife como *A. palmata* produjo pedacera de coral.

Por otra parte el patrón de distribución vertical de las especies se definió por la frecuencia de *S. planifrons*, *S. diencaeus* y *M. chrysurus* en los niveles medio y superior (0.5 m) de los sustratos, y *S. dorsopunicans*, *S. leucostictus*, *S. mellis*, *S. partitus* y *S. variabilis* en el nivel inferior de éstos, estas diferencias de la distribución vertical entre especies fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ). Los valores más bajos del índice de sobreposición ( $SO=0$ ) en cuanto a la utilización del sustrato, se registraron en seis pares de especies que incluyen a los adultos de *S. leucostictus*, resultando que solo en estos casos las curvas de utilización de las especies difirieron significativamente ( $P < 0.05$ ). Mientras que, los valores más bajos ( $SO=0$  a 0.04) de sobreposición en cuanto a utilización intrasustrato, se registraron para los pares que incluyen a las especies frecuentes en el nivel superior y a las frecuentes en el nivel inferior de los sustratos. Varios factores ecológicos, sociales y físicos del ambiente influyen en las relaciones espaciales entre las especies de esta comunidad, y la coexistencia de las especies podrá explicarse al considerar dos fuerzas importantes que forman y estructuran comunidades: los procesos de competencia resultantes en la repartición de recursos (MacArthur and Levins, 1967) y las perturbaciones que resultan en el desplazamiento o muerte de organismos y así la creación de áreas nuevas para la colonización y establecimiento de más especies (Sale, 1977; Connell, 1978).



---

## Descripción de la zona de anidación y algunas características de dos especies de tortugas marinas en la porción central de la RBSK

Jordan Kyril Golubov Figueroa. Tesis profesional. Facultad de Ciencias U.N.A.M.. 1995

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an tiene en su parte central 14 km de playas arenosas adecuadas para la anidación de tortugas marinas. Se hizo un análisis de la zona de mayo a septiembre de 1992, recorriendo las playas de Punta Pájaros a Tupac, haciendo censos nocturnos y diurnos. Se registraron un total de 238 rastros de *Caretta caretta* y 74 de *Chelonia mydas*. La distribución de las actividades varía por playas, posiblemente por las características de éstas. Se obtuvieron datos de eclosión para ambas especies. *Caretta caretta* tiene

un promedio de 103 huevos por hembra con porcentajes de eclosión del 77.8%. Se depositaron 7,348 huevos de los cuales se produjeron 5,718 crías. *Chelonia mydas* depositó un promedio de 122 huevos por hembra con un porcentaje de eclosión de 79%. Se depositaron 3,291 huevos y se produjeron 2,600 crías. Al parecer, Sian Ka'an es una zona de transición en la anidación de tortugas marinas. Las diferencias con otras zonas del estado son pocas. El aislamiento de las playas en esta zona reduce las pérdidas de nidos por depredadores.

---

### *Fe de erratas*

#### SIAN KA'AN SERIE DOCUMENTOS NO. 3, JUNIO 1995

Pág. 41. En el mapa 2, Punta Xcalak se ubicó cerca de Punta Herrero, cuando su localización debe ser al sur, después de Majahual.

---

### *Cartas al editor*

Como es del conocimiento, la regularización del Sector Pesquero implica la tramitación y autorización de permisos o concesiones para la explotación racional de las diversas especies marinas que cohabitan en nuestros litorales, en virtud de ello, el Gobierno del Estado, con la colaboración de la SEMARNAP a través del CRIP Puerto Morelos, ha apoyado a las organizaciones sociales de la pesca, en tramitación de sus respectivas concesiones, las cuales una vez autorizadas se han publicado en el Diario Oficial de la Federación.

Por la importancia que reviste la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, dentro de la cual una de las actividades económicas más importantes es precisamente la pesca, y que da sustento a cinco organizaciones sociales, mucho le agradeceremos la difusión de las áreas concesionadas para la pesca de langosta del Caribe (*Panulirus argus*) con la finalidad de hacerlas del conocimiento de la población en general, a través de su prestigiada revista.

ING. GERARDO KAUFFMANN BARROSO  
Director de Fomento Pesquero  
Secretaría Estatal de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca

*Nota:* Las áreas concesionadas para la pesca de langosta del Caribe se muestran en el mapa de la página siguiente.



