



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"IZTACALA"

"EFECTOS DE UN CICLON EN LA
ESTRUCTURA COMUNITARIA DE CORALES
ESCLERACTINIOS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ROSA ELISA RODRIGUEZ MARTINEZ



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTE TRABAJO SE REALIZO EN EL LABORATORIO DE CORALES
DE LA ESTACION DE INVESTIGACIONES MARINAS DEL
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA, DE
PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO. BAJO LA DIRECCION DEL
DR. ERIC JORDAN DAHLGREN.

A LUZ Y ROBERTO.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente al Dr. Eric Jordán Dahlgren por su asesoría en el desarrollo de este trabajo, por su ayuda en el trabajo de campo y sobretodo por su amistad y confianza.

También agradezco a los Biólogos Martín Sánchez Segura y Ma. Eugenia Ramos Aguilar por su ayuda para realizar parte del trabajo de campo y por su valiosa amistad.

Al M. en C. Francisco Ruíz por su asesoría técnica en aspectos de computación y por su eterno buen sentido del humor, que siempre hizo más grato el día de trabajo.

A la M. en C. Laura Célis y a la Dra. Lourdes Segura Puertas por sus importantes sugerencias al manuscrito y por sus siempre oportunas recomendaciones.

Al Biólogo Javier Pizaña Alonso por su ayuda en la obtención del material fotográfico.

A Michel Moreno y al Biólogo Jorge Simonin por su apoyo incondicional.

A Don José, Eutimio, Don Felipe y Don Manuel por su gran disposición de ayudar en todo momento.

De igual modo a los Biólogos Asela del C. Rodríguez Varela y Sergio Chazaro Olivera y a los M. en C. Guillermo Horta Puga y Arturo Rocha Ramírez por dedicar parte de su tiempo a revisiones y sugerencias importantes para el mejoramiento de este trabajo.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (U.N.A.M.) por las facilidades brindadas durante mi estancia en la Estación Puerto Morelos, en especial al Dr. Enrique Lozano y al Biólogo Francisco Escobar.

Finalmente agradezco de forma muy especial a mis padres por haberme brindado su amor, confianza y apoyo en todo momento.

INDICE

- RESUMEN.....	1
- INTRODUCCION.....	2
- ANTECEDENTES.....	6
- ZONA DE ESTUDIO.....	9
- MATERIAL Y METODO.....	12
- RESULTADOS	
- CARACTERIZACION DE LA COMUNIDAD CORALINA EN 1989-90.....	19
- ANALISIS GLOBAL DE LOS PATRONES OBSERVADOS.....	26
- COMPARACION ENTRE 1978-79 Y 1989-90.....	31
- RECUPERACION DE <u>Acropora palmata</u>	37
- DISCUSION.....	39
- CONCLUSIONES.....	46
- BIBLIOGRAFIA.....	48
- TABLAS.....	55

RESUMEN

En 1988 la comunidad coralina (escleractínios e hidrocorales pétreos) del arrecife que se localiza frente a Puerto Morelos, Q. Roo, fue afectada por el ciclón "Gilberto". Este estudio pretende determinar el efecto del evento en la estructura comunitaria, para lo cual se analizaron las variaciones en la composición de especies y en los patrones de distribución, abundancia y proporcionalidad, en el período comprendido entre 1978-79 y 1989-90. Como indicador de la abundancia se utilizó la cobertura por corales vivos, estimada mediante transectos lineales en las diferentes zonas arrecifales. El número de colonias, la frecuencia y magnitud de intersección, determinaron la importancia relativa de las especies. Los resultados indican que el ciclón ocasionó cambios en la cobertura coralina, en la abundancia relativa de las especies, en el grado de dominancia y en la diversidad. Los cambios fueron variables y dependieron de la constitución y forma de crecimiento de las especies coralinas, de la profundidad y de la topografía del sustrato principalmente. La cobertura global fue considerablemente menor en 1989-90 como resultado de una disminución en la abundancia de la mayoría de las especies coralinas. Las especies ramificadas, en especial Acropora palmata, A. cervicornis, y Porites porites, fueron más severamente afectadas que las masivas. El daño físico más extenso se produjo en Acropora palmata en las zonas someras, por fractura, desprendimientos total de las colonias y el efecto abrasivo del sedimento. La diversidad específica aumentó en las zona someras (posterior y rompiente) y profundas ($\geq 15\text{m}$) y disminuyó en las zonas de profundidad intermedia (entre 5 y 10m). Un muestreo realizado en 1992 reveló que la población de A. palmata presenta una elevada tasa de recolonización en las zonas someras. Esto ayudara a que dichas zonas recuperen los niveles de cobertura que presentaban antes de "Gilberto" en un período relativamente menor al estimado para la recuperación de otros arrecifes perturbados por ciclones. Esto sucedera siempre y cuando no ocurran perturbaciones severas antes del tiempo requerido para la recuperación.

INTRODUCCION

El arrecife coralino es una comunidad compleja formada por diferentes especies, algunas de las cuales participan en su construcción y otras lo destruyen, pero todas contribuyen de alguna u otra forma a la formación de roca, arena, fango o detritus que lo componen (Smith, 1972). Dentro de esta comunidad los corales zooxantelados del orden Scleractinia (Filo Cnidaria, Clase Anthozoa, Subclase Zoantharia) constituyen la estructura básica gracias a su capacidad para producir esqueletos de carbonato de calcio (Loya 1972).

Los corales zooxantelados se encuentran a profundidades relativamente someras en mares y océanos de zonas tropicales y subtropicales. Los límites extremos para el desarrollo arrecifal están entre los 35°N y 32°S, sin embargo un desarrollo considerable sólo se produce alrededor de islas oceánicas, lejos de flujo de sedimentos terrígenos, y en lugares a lo largo de lado Este de las masas continentales (Wells, 1956). Dos de los principales requerimientos para la sobrevivencia de estos organismos son, que la temperatura del agua tenga un rango entre los 18 y 36°C (con un crecimiento más activo entre los 25 y 29°C) y que el rango de salinidad sea entre 27 y 40‰ (Wells, 1956). Por lo que aún en las zonas tropicales, los arrecifes son poco abundantes en áreas influenciadas por corrientes de agua fría.

Los corales formadores de arrecifes dependen para la formación de su exoesqueleto de la simbiosis mutualista en la que viven con algas unicelulares del grupo de los dinoflagelados (Symbiodinium spp), comúnmente denominadas como zooxantelas (Muscatine, 1974 en Iglesias, 1986), por lo que es necesario que reciban una intensidad luminosa adecuada para que éstas puedan fotosintetizar. Como la luz del sol es rápidamente absorbida al pasar a través del agua de mar, el requerimiento de luz restringe la formación de arrecifes a profundidades de menos de 90 metros, encontrándose un crecimiento

más activo entre los 20 y 30 metros (Smith, 1972; Wells, 1956). El coral obtiene parte de sus requerimientos energéticos de los fotosintatos producidos por las algas simbiotes, aunque también obtiene nutrientes del agua marina, principalmente zooplancton, el cual captura con sus tentáculos y mediante la secreción de mucus a través de sus tejidos (Muscatine y Porter, 1977). Debido a su naturaleza sésil, estos organismos dependen de las corrientes o de la acción del oleaje para obtener alimento y oxígeno, por lo que la profundidad juega un papel importante, ya que en aguas profundas la acción del oleaje y las corrientes son menos efectivas o están ausentes (Smith, 1972; Stoddart, 1969).

La sedimentación es otro control importante sobre estos organismos, ya que por la naturaleza mucosa de su epitelio, el sedimento queda adherido sobre la superficie de la colonia dificultando y, en ocasiones, inhibiendo el intercambio de sustancias entre el coral y el medio ambiente, afectando el metabolismo del par simbiote. Aunque los corales tienen mecanismos para la eliminación del sedimento acumulado, el proceso es lento y energéticamente costoso pudiendo repercutir en su crecimiento e incluso ocasionarle la muerte (Hubbard y Pockock, 1972; Kohleminen, 1973 en Jordán 1989c).

Otros factores estrechamente relacionados con el desarrollo y mantenimiento de la estructura comunitaria de corales escleractínios y en general del arrecife coralino, incluyen : (a) geomorfológicos y fisiográficos (p.e. morfología del sustrato subyacente); (b) ambientales (meteorológicos e hidrológicos) y (c) biológicos (competencia, depredación, biohoradación y enfermedades). Por otro lado no hay que olvidar el efecto del hombre sobre estos sistemas, el cual en términos generales es el más severo al que se enfrenta esta comunidad en el presente (Jordán, en prensa). En la categoría de los factores ambientales se incluyen los efectos de tormentas tropicales y ciclones, fenómenos capaces de destruir o modificar seriamente la estructura

de la comunidad coralina, llegando a tener efectos dramáticos en la diversidad y organización de las comunidades de arrecife coralino (Glynn, 1976; Glynn *et al.*, 1964; Jordán, 1988; Rogers *et al.*, 1982; Rogers *et al.*, 1983; Stoddart, 1962, 1974; Woodley *et al.*, 1981 entre otros).

En los últimos diez años, el arrecife ubicado frente a Puerto Morelos, Q. Roo, fue afectado por dos ciclones de fuerte magnitud (megaciclonos), "Allen" en 1980 y "Gilberto" en 1988, y por un tormenta tropical, "Keith" en noviembre de 1988 (sus rutas se presentan en la figura 1). "Allen" se originó en la costa Oeste de Africa, tomando una dirección Oeste-Noroeste, alcanzando el grado de ciclón (categoría 5) el 3 de agosto de 1980 al Norte de Barbados, con vientos sostenidos de 285 km/h en el centro. En el caso de la Península de Yucatán el daño fue menor al de las islas del Caribe, ya que el ojo del ciclón no pasó por encima de ésta. "Gilberto", considerado entre los círculos meteorológicos como el ciclón del siglo, se generó como tormenta el 3 de septiembre de 1988 en el Atlántico tropical cerca de la costa de Africa. El 13 de septiembre el ciclón alcanzó su máxima fuerza al encontrarse a unos 900 km al Este de Cozumel. Al encontrarse sobre Puerto Morelos, entre el 14 y 15 de septiembre, los vientos máximos sostenidos fueron de aproximadamente 282 km/h, con ráfagas de hasta 350 km/h y una presión mínima de 886 mb, lo cual originó una marejada de hasta 7 m sobre el nivel del mar (Jáuregui, 1989; Lawrence y Gross, 1989). La tormenta tropical "Keith" pasó directamente sobre el arrecife en noviembre de 1988, alcanzando velocidades de 115 km/h.

Determinar el efecto de estos eventos en la estructura de la comunidad coralina es el interés principal de este estudio, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Analizar la estructura comunitaria de corales pétreos (escleractínios e hidrocorales) en el arrecife localizado frente a Puerto Morelos, Q. Roo, México.

- 2) Determinar si se produjeron cambios en dicha estructura y definir la magnitud de los mismos entre 1979-80 y 1989-90.

Para el análisis y manejo de datos, se emplearon las facilidades del Centro de Servicios de Cómputo de la Estación Pto. Morelos del ICMYL de la UNAM. Este estudio forma parte del programa de investigación sobre arrecifes coralinos del Caribe mexicano que se lleva a cabo en el Laboratorio de Arrecifes Coralinos de la misma estación.

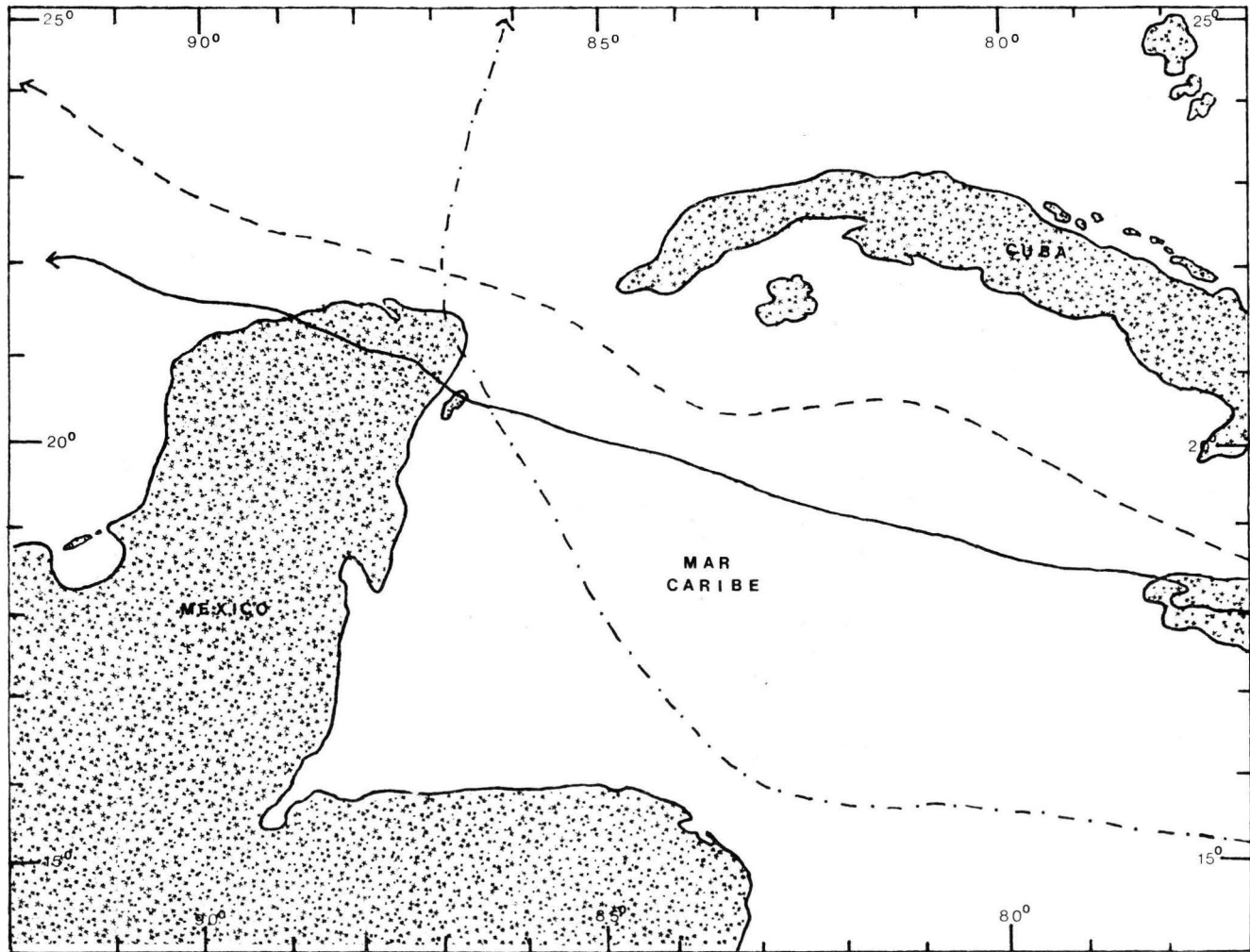


Figura 1. Trayectorias de los ciclones "Allen" (----) en 1980 y "Gilberto" (—) en 1988 y de la Tormenta tropical "Keith" (-.-.-) en 1988.

ANTECEDENTES

La mayor parte de los arrecifes coralinos mexicanos se encuentran en la zona del Caribe y en el Golfo de México. Para el Atlántico, en su porción correspondiente a México se estima que las áreas arrecifales son del orden de 1,500 km² entre bancos e islas arrecifales, y 400 km de arrecifes bordeantes a lo largo de la costa del Caribe. De los cuales se han descrito y caracterizado adecuadamente cerca del 5% y existen descripciones generales de aproximadamente el 30 ó 40% (Jordán, 1989a). En general los estudios tratan sobre la composición específica, la distribución y la biología de: (1) **corales escleractínios** (Castañares y Soto 1982; Chávez, 1973; Chávez et al., 1970; Chávez et al., 1985; Emery, 1963; Jordán 1979, 1988, 1989a, 1989c; Jordán et al., 1981; Jordán y Martín 1987; Kornicker et al., 1959; Moore 1958; Moore y Bullis 1960; Rigby y McIntire 1967; Tunnell, 1985, 1988; Villalobos, 1971); (2) **gorgonáceos** (Fenner 1988; Jordán, 1979, 1989b; Jordán y Martín (en prensa); Jordán y Nugent, 1978; Martín, 1982; Moreno et al., 1982; Nelson et al., 1988; Tunnell y Nelson 1989); (3) **algas** (Boyd et al., 1963; Brigh et al., 1984; Nugent et al., 1978) y (4) **esponjas** (Green, 1977; Gómez y Green 1984; Laubenfels 1953).

El efecto de ciclones y tormentas mayores en estos arrecifes ha sido poco estudiado, hasta el momento sólo se cuenta con dos estudios, ambos realizados en la zona del Caribe. El primero, de tipo cualitativo, menciona que el ciclón "Allen" ocasionó una destrucción relativamente menor de corales en la zona frontal del arrecife, afectando principalmente a las formas ramificadas, mientras que los corales de la zona posterior sólo fueron ligeramente dañados (Jordán et al., 1981; Jordán, 1989c); el segundo de tipo cuantitativo, realizado por Fenner (1991), estudia los efectos del ciclón "Gilberto" en los arrecifes coralinos, peces y esponjas de la Isla de Cozumel, encontrando que el daño a los corales fue relativamente menor y consistió principalmente en fracturas producidas por el oleaje y que, los arrecifes bordeantes

fueron más severamente afectados que los profundos.

Existen estudios sobre el efecto de ciclones en otros arrecifes coralinos del Caribe (Belice, Jamaica, Islas Vírgenes, Honduras Británicas y Puerto Rico, entre otros), con base en los cuales se sabe que estos eventos ocasionan perturbaciones violentas a los arrecifes, produciendo efectos a corto y largo plazo (Glynn et al., 1964; Rogers et al., 1982; Rogers et al., 1983; Stoddart, 1963, 1965; Woodley et al., 1981 entre otros). El daño que se produce en la comunidad coralina es ocasionado por varios factores, entre los que destaca el esfuerzo mecánico que produce el oleaje de tormenta y el golpeo que sufren los corales por objetos sólidos, en muchas ocasiones corales mismos o fragmentos de coral (Woodley et al., 1981). Otro factor importante es que, durante una tormenta, el sedimento libre es fácilmente resuspendido y transportado, rápida y violentamente, produciendo un efecto abrasivo sobre los tejidos blandos de los corales, lo cual dependiendo de su magnitud puede resultar en destrucción parcial o total de la colonia (Hubbard y Pockock 1972, en Jordán 1989b).

En algunos casos se ha observado que colonias enteras o parte de ellas sobreviven a los efectos inmediatos de la tormenta, pero mueren posteriormente como resultado de la transformación del ambiente a raíz de ésta. Algunas condiciones ambientales resultantes son: incremento en la turbiedad como consecuencia de la resuspensión de sedimentos (Goreau 1964); disminución en la salinidad, como consecuencia de un fuerte escurrimiento de agua dulce de tierra hacia el mar especialmente cuando el ciclón provoca en la zona una gran cantidad de lluvia (Rogers et al., 1982) y aumento en la concentración de nutrientes (Goreau, 1964; Knowlton et al., 1981; Rogers et al., 1982). Como consecuencia de estos cambios los corales entran en un estado de "stress" del que no se recuperan rápidamente y que los hace menos resistentes al ataque de enfermedades y depredadores (Knowlton et al., 1981; Rogers et al., 1982).

Es difícil estimar el tiempo necesario para la recuperación de la comunidad coralina ante este tipo de impactos, ya que en gran parte depende de la frecuencia y magnitud de los fenómenos (Jordán, 1989c; Stoddart, 1963). Algunos arrecifes afectados por huracanes moderados se han recuperado en pocos años (Rogers et al., 1982; Rogers et al., 1983; Stoddart, 1974), mientras que otros afectados por huracanes severos necesitarán mucho más tiempo para hacerlo, en ocasiones posiblemente varias décadas (Stoddart 1974).

Para poder proteger y hacer uso adecuado de este sistema es necesario contar con un conocimiento científico que nos permita entender su estructura básica, sus variaciones naturales y los efectos de fuerzas naturales destructivas sobre ellos. Se afirma esto tomando en cuenta el alto desarrollo de la población humana y las consecuencias que esto provoca en el mar, como por ejemplo: un aumento en la contaminación de las aguas, explotación de recursos no controlada, cambios en el nivel del mar ocasionados por la contaminación atmosférica y, la construcción de puertos, bases y lugares de pruebas militares.

ZONA DE ESTUDIO

El arrecife de Puerto Morelos pertenece a la formación arrecifal coralina más importante de los mares mexicanos, la cual forma una barrera discontinua desde Isla Contoy ($21^{\circ} 30' N$ y $86^{\circ} 45' W$) hasta Bacalar Chico en la frontera con Belize. Puerto Morelos se localiza en el Mar Caribe en la costa Este de Quintana Roo a los $20^{\circ} 52' N$ y los $86^{\circ} 52' W$.

El arrecife estudiado es de tipo barrera bordeante, corre de Norte a Sur paralelamente a la línea de costa, estando limitado hacia el Norte por una línea recta ortogonal a la línea de costa a la altura del astillero "Rodman", mientras que al Sur lo está por un trazo similar a la altura del Muelle "grande" de Puerto Morelos (Fig. 2).

De acuerdo con Merino y Otero (1991) Puerto Morelos queda muy cerca de la división de climas entre el $Aw1(x')(i')g$ y el $Aw2''(i)$, por lo que se encuentra dentro del grupo de climas más cálidos, con temperatura media mayor a los $22^{\circ}C$ y poca oscilación térmica (entre 5 y $7^{\circ}C$), es de los más húmedos dentro de los subhúmedos y presenta lluvias en verano. Los vientos alisios son dominantes de febrero a julio. Entre los meses de julio y septiembre se presenta una época de transición, a la cual le sigue la época de "Nortes" (masas de aire polar) de octubre a enero. Las corrientes dominantes en el arrecife son en dirección Norte-Noreste y Sur-Suroeste con valores de velocidad de alrededor de 10 cm/seg, y pueden alcanzar velocidades superiores a los 50 cm/seg en las "bocas" o aberturas que se forman en la barrera arrecifal o entre ésta y la playa. El régimen de mareas es mixto y semidiurno con un rango de oscilación diurna promedio de 20 a 30 cm (Ruíz, F.; ICMYL, P. Morelos; com. per.).

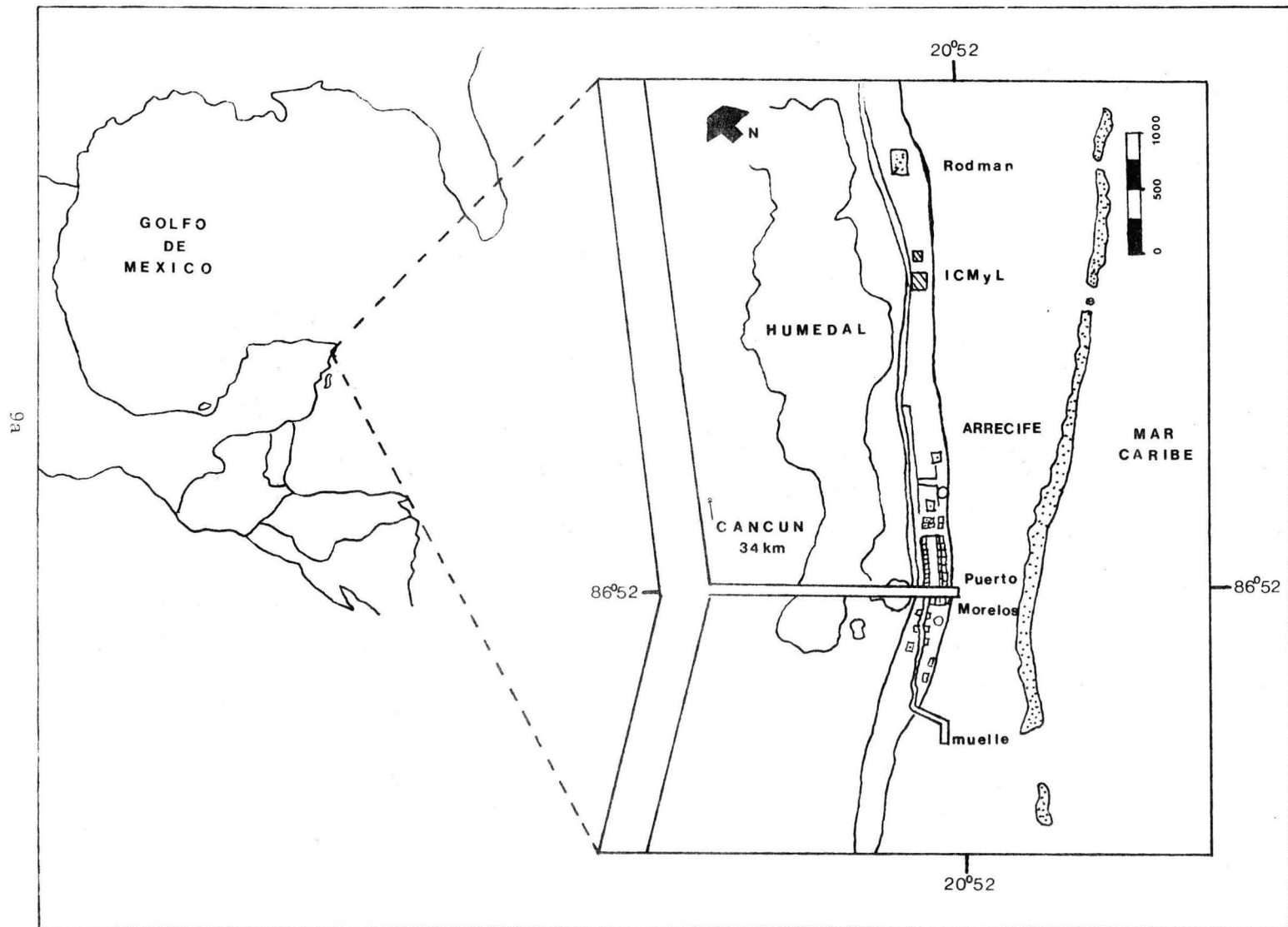


Figura 2. Localización del área de estudio.

- ZONACION

La figura 3 presenta un corte transversal del perfil de la barrera arrecifal a la que forma parte el área de estudio. Este ha sido dividido en cuatro zonas tomando en cuenta la topografía del fondo y parámetros de estructura comunitaria (Jordán, 1979, 1980, 1989a,b; Jordán et al, 1981): (I) **zona lagunar** localizada entre la línea de costa y el borde de la plataforma arrecifal, tiene una extensión variable que va de 350 a 1600 m, y una profundidad entre 3 y 6 m; el fondo está básicamente cubierto por Thalassia testudinum. En esta zona es común encontrar colonias de Manicina areolata creciendo sobre la arena, principalmente cerca de la orilla. En algunas áreas aisladas en las que se encuentra un sustrato expuesto duro, los corales pueden formar pequeños parches; (II) **zona posterior** localizada entre la zona lagunar y la de rompiente, está formada por una estrecha plataforma con un ancho que oscila entre 50 y 200 m aproximadamente cuya profundidad por lo general varía entre 1 y 2 m. Sobre esta plataforma crecen corales escleractínios, gorgonáceos, algas, esponjas y diversos organismos asociados. Entre las formaciones coralinas se encuentran parches de arenas gruesas; (III) **zona de rompiente** es la parte más somera del arrecife, en dirección de la playa al mar se encuentra después de la zona posterior, presenta una profundidad máxima aproximada de 30 a 50 cm y cuenta con condiciones de alta energía por la acción del oleaje. La biota presente esta principalmente determinada por corales escleractinos y el hidrocoral Millepora complanata; (IV) **zona frontal** se localiza entre la zona de rompiente y una plataforma arenosa entre los 20 y 25 m de profundidad, presenta una suave pendiente en dirección perpendicular a la barrera arrecifal con un valor aproximado de 3 a 8°. En general el desarrollo de la comunidad coralina es bajo en esta zona, aunque en algunos sitios se pueden encontrar elevaciones del fondo rocoso de 1 a 3 m de altura en la que se desarrollan grandes macizos de corales. Entre las estructuras arrecifales se forman depresiones en las que se acumulan arenas de origen arrecifal. Después de los 20 m de

profundidad hay una disminución en la pendiente y se inicia una plataforma arenosa (V) que continúa hasta los 60 m de profundidad aproximadamente, la cual presenta una amplitud que oscila entre 2 y 7 km y que se continúa con un cantil que marca el límite de la plataforma continental.

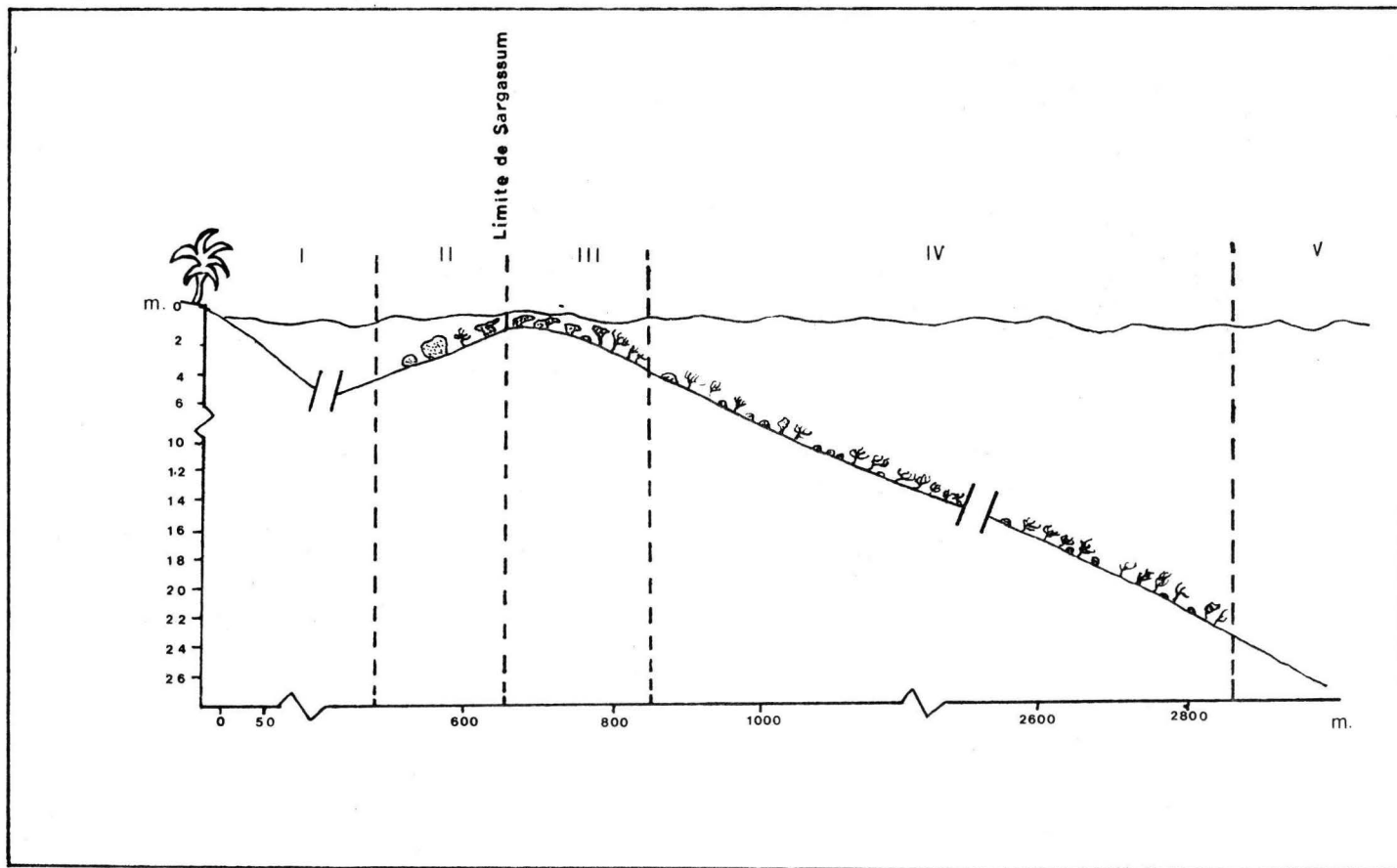


Figura 3. Diagrama del perfil arrecifal de Puerto Morelos. La zonación se basa en la composición de corales escleractinios y el relieve del sustrato. I.- Zona lagunar; II.- Zona Posterior; III.- Zona de Rompiente; IV.- Zona Frontal; V.- Zona de Plataforma Arenosa. (Modificado de Jordán, 1989).

MATERIAL Y METODOS

Con la finalidad de determinar si se produjeron cambios en la estructura comunitaria de corales pétreos (escleractínios e hidrocorales) en el arrecife de Puerto Morelos en el período que comprende de 1978-79 a 1989-90, se realizó primeramente una caracterización de dicha comunidad, para lo cual se realizaron muestreos entre los meses de mayo de 1989 y septiembre de 1990. Posteriormente se compararon los datos obtenidos, con los reportados por Jordán (1980) para esta misma comunidad. Por esta razón se trató de seguir la metodología utilizada por dicho autor, la cual además ha demostrado ser efectiva en estudios en los que se pretende estimar la estructura comunitaria en áreas amplias (Loya, 1972, 1976, 1978 ; Rogers et al., 1982; Rogers et al., 1983, entre otros).

Como caso especial se considera al hidrocoral Millepora alcicornis. Esta especie está reportada en el arrecife para 1978-79 y fue incluida en el procesamiento de datos mediante los cuales se obtuvo la caracterización de la comunidad coralina. En el presente estudio dicha especie no es considerada como un constructor arrecifal importante (a diferencia de Millepora complanata) ya que en la mayoría de los casos se encuentra creciendo sobre el esqueleto de alguna especie de octocoral sin extenderse sobre el fondo. Por lo que, en algunos casos, fue necesario procesar los datos de campo del período 1978-79 en lugar de tomar los valores reportados.

- CARACTERIZACION DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA

De acuerdo con la zonación del perfil arrecifal mencionada en el capítulo anterior se realizó un muestreo de tipo estratificado al azar, el cual consistió en asignar 3 estaciones de muestreo: posterior, rompiente y frontal. Debido a la extensión de la zona frontal, esta se dividió en cuatro niveles, a profundidades de 5,

10, 15 y 20 metros (límite inferior de la formación arrecifal). La zona lagunar, por no presentar formaciones coralinas (exceptuando algunos sitios aislados) no fue considerada en el estudio (Jordán, 1980).

En cada estación se muestrearon un determinado número de transectos, de 20 metros de longitud, paralelos entre sí al azar y orientados perpendicularmente a la línea de costa. La distancia máxima entre dos transectos fue de 500 metros aproximadamente. El número de transectos total fue de 16 para la zona posterior, 10 para la zona de rompiente, 10 para cada uno de los niveles de la zona frontal.

El método se basa en la siguiente premisa: "la relación entre la longitud total del transecto y el área en la que se distribuye la población es proporcional a la relación entre la longitud total interceptada y el área total que ocupa esa población" (Jordán, 1980; Loya, 1972, 1976, 1978; Marsh et al., 1984; Rogers et al. 1983).

Los transectos lineares han demostrado ser razonablemente eficientes en estudios sobre la estructura de arrecifes coralinos, con estos se obtienen datos sobre la riqueza específica, abundancia relativa y diversidad de la comunidad. Las cualidades del método son principalmente que los transectos se adaptan a los cambios topográficos del arrecife, su margen de error es aceptable comparado con otros métodos y es de fácil y rápido manejo, lo cual es importante por las restricciones de tiempo que se tiene al utilizar equipo de buceo autónomo (Jordán, 1979, 1980; Loya, 1972, 1976, 1978; Marsh et al., 1984; Rogers et al. 1982, 1983).

Para el propósito del trabajo, un individuo fue definido como cualquier colonia creciendo independientemente de sus vecinos. Cuando era claro que una colonia individual estaba separada en 2 o más porciones por una parte muerta, todas las porciones se consideraron como un individuo. Se registró a cualquier especie

de coral que quedara debajo del transecto, así como el número de eslabones que quedaban cubriendo a la colonia. Aquellas colonias que tuvieron un tamaño menor al de un eslabón recibieron un valor unitario (Loya, 1972).

La mayor parte de las identificaciones fueron realizadas in situ, sin embargo cuando se encontraron individuos cuya identificación era dudosa bajo el agua se colectó un fragmento de la colonia y posteriormente se identificaron en el laboratorio de acuerdo a las claves y descripciones hechas por Wells (1956), Smith (1972) y Zlatarski y Martínez (1982).

El tamaño de muestra fue el mismo que utilizara Jordán en 1980. Para determinar si éste era el adecuado de acuerdo con el estado actual de la comunidad, se hicieron 3 ordenamientos al azar de la diversidad acumulativa (Hk) para cada una de las zonas arrecifales. De estos se obtuvo un promedio el cual se graficó contra el número de transectos, aceptándose como un tamaño de muestra adecuado aquel punto en el que la curva tiende a la asíntota (Fig. 4).

En la estimación de la diversidad acumulativa (Hk) se utilizó la fórmula de Brillouin, ($H = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{N_1! N_2! N_3! \dots N_s!}$) donde N es el número total de individuos, y N1, N2.....Ns es el número de individuos correspondiente a cada especie. Este índice se utilizó en lugar del de Shannon y Weaver, ya que al comparar las localidades se asume que son una representación real de la comunidad y no una muestra de ella y por lo tanto no se estiman probabilidades (Pielou 1966a en Poole 1974).

Como estimadores de la estructura comunitaria se utilizaron los siguientes indicadores: el número de especies (S), el índice de importancia relativa (I.R.) y dos índices de proporcionalidad.

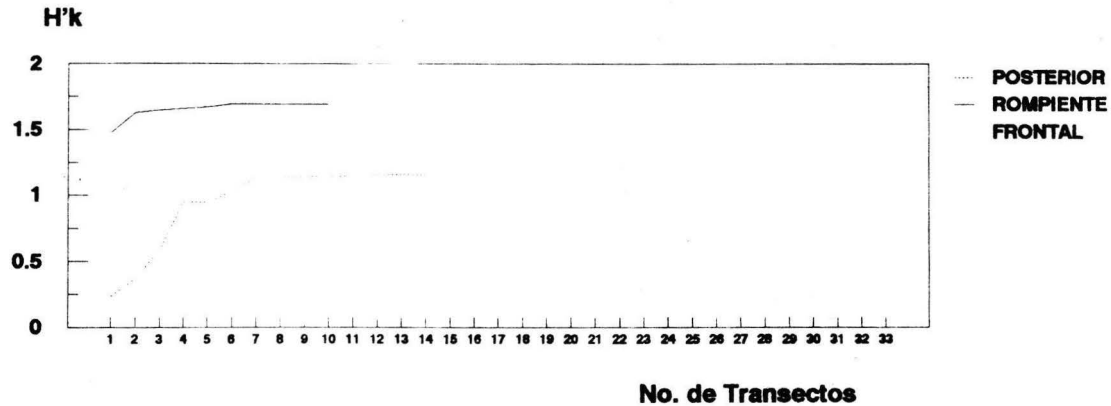


Figura 4. Curvas acumulativas de diversidad poblacional ($H'k$) para la comunidad de corales escleractinios e hidrocorales pétreos en cada una de las zonas arrecifales en Puerto Morelos (1989-90). Cada curva corresponde al promedio de tres curvas generadas al azar.

Como estimador de la abundancia se utilizó la cobertura por corales vivos. Como estos organismos compiten por sustrato, la cobertura del mismo es un indicador del éxito ecológico que tienen las especies.

La densidad, frecuencia y magnitud de intersección de las colonias de coral con el transecto determinaron la importancia relativa de cada especie (modificado de Franco *et al.*, 1985):

$$I.R. = (\text{Frecuencia Relativa} + \text{Densidad Relativa} + \text{Abundancia Relativa}) / 3$$

Donde:
$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie } x}{\text{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{No. de puntos en que aparece la especie } x}{\text{total de puntos muestreados}}$$

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{No. de colonias de la especie } x}{\text{No. total de colonias}} * 100$$

$$\text{Abundancia Relativa} = \frac{\text{Cobertura de la especie } x}{\text{Cobertura de todas las especies}} * 100$$

Se estimó también el coeficiente de variación (C.V.), expresándolo como un porcentaje, de la cobertura de las especies, con el propósito de tener una medida sobre la variabilidad en la muestra en relación con la media de la muestra.

$$C.V. = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

Se utilizaron dos indicadores basados en la proporcionalidad de abundancia de las especies. Uno basado en la teoría de información (Índice de Shannon) y otro que mide la dominancia en la muestra (Índice de Simpson). Para estimarlos se combinaron los datos de todos los transectos en cada zona y en cada nivel de la zona frontal.

1) El índice de diversidad de Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1948 en Poole, 1974) se basa en la premisa de que la diversidad, o información, en un sistema natural puede medirse de manera similar a la información contenida en un código o mensaje. Este índice es sensible tanto a la dominancia como a la proporcionalidad, ya que toma en cuenta la riqueza específica y la abundancia relativa por especie, la cual en éste caso como se mencionó se determinó a partir de la cobertura de las colonias por lo que se expresa como " $H'c$ ", este se calculó de la siguiente manera:

$$H'c = - \sum p_i \ln p_i \quad (\text{Poole, 1974})$$

Donde: $p_i = n_i/N$,

N = número total de eslabones de todas las especies
bajo la cadena.

n_i = número de eslabones que ocupa la especie i bajo la
cadena.

La varianza de H' se obtiene:

$$\text{var}(H') = \frac{\sum p_i \ln^2 p_i - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N}$$

En una población la máxima diversidad posible para un número dado de especies ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes ($H' \text{ max} = \ln S$). Una medida de la equitatividad en la distribución de los individuos entre las especies es la diversidad real de la colección, expresado como "la proporción entre la diversidad observada y la máxima diversidad posible" ó $J' = H'/H' \text{ max}$, en donde J' es una medida de la equitatividad.

2) El índice de Simpson (C') es esencialmente una medida de la dominancia, o concentración de abundancia, en una o dos de las especies más comunes de la comunidad. Este índice dá la probabilidad de que cualquiera de dos individuos escogidos al azar a partir de una comunidad infinitamente grande pertenezcan a especies diferentes (Poole, 1974).

$$C = \frac{\sum n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

- COMPARACION DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA ENTRE 1978-79 Y 1989-90.

Se hizo una comparación entre los datos obtenidos en 1978-79 y 1989-90 de los siguientes indicadores de estructura comunitaria: (1) número e identidad de las especies registradas en cada una de las zonas y niveles arrecifales; (2) cobertura, tanto global (aquella constituida por el conjunto de las especies) como particular (la de aquellas 5 especies que contribuyeran en mayor grado al desarrollo arrecifal en 1979) y (3) la proporcionalidad según el índice de Shannon.

Para las comparaciones estadísticas se utilizó la prueba 't' de Student, para lo cual se utilizaron los datos de campo de Jordán (1980) y los datos obtenidos en el presente estudio. En nivel de confianza empleado fue del 95% (Zar, 1974). Debido a que no se contó con los datos de campo de la zona posterior para 1978-79, la comparación estadística se llevo a cabo comparando los datos de una media contra los de una población (Sokal y Rohlf 1969), estandarizando los datos a un tamaño de muestra de 320 m.

- ESTIMACION DE LA RECUPERACION DE A. palmata

En octubre de 1992 se realizaron una serie de observaciones en la zona de rompiente las cuales señalaron que existe una fuerte recolonización de Acropora palmata, por lo que se decidió realizar un muestreo adicional, con la finalidad de determinar el principal mecanismo reproductivo (sexual o asexual) de recolonización.

En la zona de rompiente existe un área prácticamente descubierta, en donde existen algunas colonias de Millepora complanata, de tamaño pequeño, y A. palmata; el fondo esta cubierto por algas de los géneros Sargassum, Turbinaria, Padina y Halimeda y algunos octocorales. Esta área marca el límite entre la zona de rompiente y la zona frontal y tiene aproximadamente entre uno y tres metros de ancho.

El muestreo se realizó en tres sectores de la zona de rompiente denominados: (a) límite entre la zona de rompiente y la zona frontal, el cual estuvo definido por la presencia de Sargassum sp; (b) 20 metros hacia la costa a partir del límite de Sargassum y (c) 30 metros hacia la costa a partir del límite de Sargassum (Fig. 3).

En cada sector se muestrearon un determinado número de cuadrantes de 40 m². El número de transectos fue de seis en el sector "a", dos en el sector "b" y uno en el sector "c".

El tamaño del cuadrante se estimó graficando la varianza acumulativa del tamaño de las colonias contra el número de colonias, aceptándose como un tamaño de muestra adecuado aquel punto en el que la curva tiende a la asíntota. Los datos se organizaron en una distribución de tamaños en frecuencias para cada uno de los sectores muestreados.

Los cuadrantes se posicionaron al azar con el eje más largo paralelo a la cresta arrecifal. Cada cuadrante de 40 m² se delimitó por medio de una cadena de plástico de 20 metros de longitud, la cual se colocó siguiendo el contorno del fondo, y con un bastón de aluminio de un metro de longitud. Se nadó a lo largo de un lado de la cadena con el bastón perpendicular a ella, y se midió cada colonia que apareció dentro del marco. Al llegar al final de la cadena, el procedimiento se repitió hacia el otro lado (Jordán, 1992). El tamaño de las colonias se estimó midiendo su diámetro máximo.

RESULTADOS

Este capítulo se dividió en dos partes; la primera describe la estructura comunitaria de corales escleractínios e hidrocorales pétreos en 1989-90; la segunda estima los cambios que se han producido en dicha comunidad en un período que comprende de 1978-79 a 1989-90.

Para la segunda parte se utilizaron con fines comparativos los datos de campo de Jordán (1980) y los reportados por Jordán (1979, 1980, 1989a) y Jordán et al. (1981).

- CARACTERIZACION DE LA COMUNIDAD CORALINA EN 1989-90

Un total de 27 especies de escleractínios y un hidrocoral se observaron en el arrecife de Puerto Morelos durante los muestreos realizados en 1989-90 (Tabla 1). De este total 20 especies fueron registradas bajo los transectos y ocho fueron observadas en áreas cercanas a estos (Tabla 2).

Las especies más abundantes fueron Montastrea annularis, Siderastrea siderea, Montastrea cavernosa, Acropora palmata, Porites astreoides, Diploria strigosa y Millepora complanata. En conjunto estas siete especies representaron el 80% y 82% del total del número de colonias y de la cobertura lineal por corales respectivamente, del fondo muestreado.

Se registraron 440 colonias de coral en el conjunto de las zonas arrecifales, comprendiendo un total de 45.87 metros de cobertura lineal que corresponde a 3.5% (\pm 3.4%) del fondo muestreado. Los valores de diversidad específica estimados con el índice de Shannon, basados en la cobertura lineal ($H'c$), se presentaron en un rango de 1.5580 a 2.0952, observándose una tendencia a aumentar con la profundidad. El componente de proporcionalidad (J') fluctuó entre 0.627 y 0.927; y la dominancia

(C') entre 0.139 y 0.359 con una tendencia a disminuir con la profundidad (Tabla 3).

A continuación se hace una descripción de la estructura comunitaria en cada zona y nivel arrecifal estudiado.

ZONA POSTERIOR

La característica más sobresaliente de la zona posterior, fue el gran número de colonias de Acropora palmata muertas y/o en muchos casos volteadas en dirección hacia la costa. Estas colonias se encontraron en mayor abundancia en la cercanía de la zona de rompiente. En algunos casos los esqueletos estaban cubiertos, ya sea parcial o totalmente, por algas filamentosas y organismos incrustantes, en otros, se observaron pequeñas colonias de coral creciendo sobre ellos. En su mayoría estas colonias fueron de A. palmata, aunque en algunos casos también se observaron pequeñas colonias de Millepora complanata. En menor cantidad se observaron colonias muertas de Diploria spp, Porites astreoides y Siderastrea spp. Aproximadamente el 13.65% del fondo muestreado estuvo cubierto por colonias muertas.

Se registraron en total doce especies coralinas y seis más fueron observadas en áreas cercanas a los transectos (Tabla 2), éstas estuvieron representadas por 115 colonias que comprendieron un total de 14.79 metros de cobertura lineal, lo cual corresponde a un 4.6% ($\pm 4.7\%$) del fondo muestreado. La diversidad específica fue baja ($H'c = 1.5580$, var. = 0.0032), al igual que la equitatividad ($J' = 0.627$) como resultado de una alta dominancia ($C' = 0.359$) (Tabla 3).

M. annularis fue la especie dominante (I.R. = 44.2 de 100), tanto por el elevado número de colonias registradas (65) como por el tamaño que alcanzan las colonias, el cual es considerablemente mayor que el del resto de las especies presentes en esta zona

arrecifal (Tabla 4). La variabilidad en el número de colonias registradas (Tabla 6) y en su cobertura (Tabla 6) fue alta, aunque menor que en el resto de las especies registradas.

Otros constructores arrecifales importantes en esta zona fueron P. astreoides (I.R. = 13.4), S. siderea (I.R. = 10.0) y P. porites (I.R. = 7.2). En conjunto estas cuatro especies comprendieron el 82% del total del número de colonias registradas y el 80% del total de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado.

ZONA DE ROMPIENTE

Se registraron siete especies coralinas (Tabla 2), las cuales estuvieron representadas por 140 colonias que comprendieron un total de 12.87 metros de cobertura lineal que corresponde a 6.4% ($\pm 2.3\%$) del fondo muestreado. A pesar del bajo número de especies, la diversidad específica ($H'c = 1.8033$ var = 0.0005) presentó un valor intermedio en relación con el resto de las zonas arrecifales estudiadas, la dominancia en esta zona no fue tan marcada como en la zona anterior ($C' = 0.177$) debido a una mayor proporcionalidad en la abundancia de las especies ($J' = 0.927$) (Tabla 3).

Tres especies dominaron la zona de rompiente: A. palmata (I.R. = 22.4 de 100), P. astreoides (I.R. = 19.6) y M. complanata (I.R. = 19.0). Otras especies importantes en la zona fueron: S. siderea (I.R. = 13.8) D. strigosa (I.R. = 11.3). En conjunto estas cinco especies representaron el 88% del total del número de colonias registradas y casi el 90% del total de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado (Tabla 4).

La variabilidad en la cobertura y número de colonias registradas de las especies fue baja en relación con la encontrada en las zonas posterior y frontal (Tablas 5 y 6).

A diferencia de lo observado en la zona posterior, en la zona de rompiente no se observaron tantas colonias muertas y/o volteadas de *A. palmata*, probablemente debido a la diferencia en su forma de crecimiento en ambas zonas. En la zona de rompiente las colonias tendieron a ser de menor tamaño (debido a que su crecimiento está limitado por la superficie del agua, la cual está aproximadamente a 50 cm del fondo) y presentaron zonas basales extensas y ramificaciones fuertes orientadas hacia mar abierto. Esta forma de crecimiento les permite resistir mejor el embate de las olas el cual es considerablemente más fuerte en la zona de rompiente que en la zona posterior.

ZONA FRONTAL

La zona frontal se caracterizó por el bajo desarrollo de la comunidad coralina en comparación con las zonas posterior y rompiente. El sustrato estuvo dominado por octocorales, algas y esponjas incrustantes. Para la descripción de esta zona se hace referencia de cada uno de los niveles mencionados (ver Metodología).

5 METROS

Se registraron nueve especies coralinas y tres más fueron observadas en áreas cercanas a los transectos (Tabla 2), las cuales estuvieron representadas por 51 colonias que comprendieron un total de 5.34 metros de cobertura lineal, lo cual corresponde a 2.7% ($\pm 1.5\%$) del fondo muestreado. La diversidad específica ($H'c = 1.7213$; $var = 0.0048$) y la equitatividad ($J' = 0.783$) presentaron valores bajos, en relación con el resto de los niveles muestreados en la zona frontal, como resultado del bajo número de especies registradas y de una fuerte dominancia ($C' = 0.246$) (Tabla 3).

S. siderea es la especie dominante (I.R. = 37.0 de 100). Su alta importancia relativa estuvo dada principalmente por el elevado

número de colonias registradas (21) en comparación con el resto de las especies (Tabla 4).

Otras especies importantes como constructores arrecifales en el nivel de 5 metros son: D. clivosa (I.R. = 17.1), D. strigosa (I.R. = 15.7), D. stokesi (I.R. = 8.3) y M. meandrites (I.R. = 7.9) (Tabla 4). Estas cinco especies representaron el 88% del total del número de colonias y de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado.

Con excepción de Isophyllastrea rigida que solamente fue observada en este nivel, el resto de las especies registradas se distribuyeron en otros niveles y zonas arrecifales.

10 METROS

Se registraron once especies coralinas (Tabla 2), representadas por 66 colonias, que comprendieron 6.12 metros de cobertura lineal, lo cual correspondió a un 3.1% ($\pm 1.2\%$) del fondo muestreado. La diversidad específica ($H'c = 1.7264$; $var = 0.0055$) y la equitatividad ($J' = 0.720$) presentaron valores intermedios, mientras que la dominancia fue la más alta en la zona ($C' = 0.262$) (Tabla 3).

La especie dominante fue M. cavernosa (I.R. = 34.4 de 100), seguida S. siderea (I.R. = 22.0). Tanto la cobertura lineal como el número de colonias registradas de ambas especies fue elevado en comparación con el resto de las especies resgistradas en este nivel. Otras especies importantes son: M. annularis (I.R. = 8.2), A. agaricites (I.R. = 8.0) y P. astreoides (I.R. = 7.5) (Tabla 4). En conjunto estas cinco especies comprendieron el 83% del total de las colonias registradas y el 85% del total de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado.

15 METROS

Se registraron 11 especies coralinas (Tabla 2), representadas por 36 colonias, que comprendieron 2.76 metros de cobertura lineal y corresponden a un 1.4% ($\pm 2.4\%$) del fondo muestreado. La diversidad específica ($H'c = 1.9844$ var. 0.0076) al igual que la equitatividad ($J' = 0.821$) fueron mayores que en los niveles anteriores como resultado de una menor dominancia ($C' = 0.173$) (Tabla 3), ya que, aunque M. cavernosa (I.R. = 24.2 de 100) y S. siderea (I.R. = 23.1) se mantuvieron como especies dominantes, la importancia relativa de ambas especies fue considerablemente menor que en los niveles anteriores (Tabla 4).

Otros constructores arrecifales importantes en este nivel fueron: M. annularis (I.R. = 14.5) y M. complanata (I.R. = 8.6). En conjunto estas especies representaron el 75% del total de las colonias registradas y el 77% del total de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado.

Con excepción de C. natans que solamente fue registrada en este nivel, el resto de las especies se distribuyen en otros niveles y zonas arrecifales.

20 METROS

Se registraron diez especies coralinas y tres más fueron observadas en áreas cercanas a los transectos (Tabla 2). La especies estuvieron representadas por 32 colonias y 3.9 metros de cobertura lineal, lo que corresponde a una cobertura del fondo muestreado por corales del orden de 2.0% ($\pm 3.4\%$). En este nivel se registró la diversidad específica más alta del perfil arrecifal ($H'c = 2.0952$ var. 0.0027), como resultado de una alta equitatividad ($J' = 0.910$) y una baja dominancia ($C' = 0.139$) (Tabla 3).

M. cavernosa (I.R. = 20.6 de 100) se mantuvo como especie dominante, mientras que, la importancia relativa de M. annularis y S. siderea fue igual en este nivel (I.R.= 16.3)

Otra especie importante en la zona fue A. agaricites (I.R. = 10.8), en total estas 4 especies comprendieron el 65% del total del número de colonias registradas y de la cobertura lineal por corales del fondo muestreado (Tablas 4).

ANALISIS GLOBAL DE LOS PATRONES OBSERVADOS

La comunidad estudiada, presentó una riqueza, composición y diversidad específica, comparables a lo reportado para otras áreas arrecifales del Caribe a profundidades similares, como Bermuda (21) (Ginsburg y Stanley, 1970), Florida (27) (Goldberg, 1973), Barbados (33) (Lewis, 1960) y Puerto Rico (35) (Almy y Carrión-Torres, 1963) entre otros, mientras que su desarrollo en términos del porcentaje de cobertura del fondo ocupado por dichos organismos fue bajo (Tabla 7).

Los resultados indicaron diferencias en el desarrollo de la comunidad coralina entre las tres zonas arrecifales estudiadas. Dentro de cada zona a su vez, la comunidad se encontró distribuida en parches o mosaicos, entre y dentro de los cuales, existió variabilidad. La diferencias registradas entre las zonas fueron principalmente en relación con: (1) el número y composición de las especies coralinas que los constituyen; (2) la cobertura del fondo por corales; (3) el grado de dominancia; (4) la abundancia relativa de las especies; (5) las asociaciones que presentan y (6) su tamaño.

Por otro lado las diferencias entre los parches dentro de una misma zona estuvieron relacionados con: (1) el número de especies; (2) el porcentaje de cobertura del fondo; (3) el número de colonias registradas y (4) la abundancia relativa de las especies.

Las especies que presentaron una distribución más amplia en el arrecife fueron Siderastrea siderea y Porites astreoides, seguidas por Diploria strigosa y Dichocoenia stokesii.

S. siderea fue una de las especies más abundantes en las tres zonas arrecifales, aunque su importancia relativa fue mayor en la zona frontal. P. astreoides de manera opuesta presentó una mayor importancia relativa en las zonas posterior y rompiente.

Es evidente que en el arrecife de Puerto Morelos, de manera contraria a como sucede en la mayoría de los arrecifes del Caribe (Goreau, 1959; Jordán, 1980, 1989c; Shinn 1963), el desarrollo de la comunidad coralina en términos de la cobertura del fondo por corales fue considerablemente mayor en las zonas posterior y rompiente que en la zona frontal.

La zona posterior se caracterizó por presentar una mayor riqueza específica (18) que la zona de rompiente (7), siendo ésta similar a la que se registró en el conjunto de niveles muestreados en la zona frontal (20) (Fig. 5). A pesar del elevado número de colonias de coral muertas que se observaron en la zona posterior, el número de colonias vivas registradas, así como el porcentaje de cobertura del fondo, fue más elevado que en la zona frontal, aunque menor que en la zona de rompiente (Fig. 6). La diversidad específica basada en la cobertura lineal ($H'c$) presentó el valor más bajo en relación con las otras zonas arrecifales, como resultado de una marcada dominancia por parte de Montastrea annularis y de una baja proporcionalidad en la abundancia del resto de las especies. Entre los parches muestreados se registró una fuerte variabilidad en: el número de especies, la cobertura del fondo, el número de colonias registradas y el número de colonias muertas.

La zona de rompiente a pesar de contar con la menor riqueza específica, presentó el mayor porcentaje de cobertura del fondo por corales vivos y el mayor número de colonias registradas. La diversidad específica ($H'c$) fue mayor a la que se registró en la zona posterior y en los niveles someros (5 y 10 m) de la zona frontal. A pesar de que existió una cierta dominancia en la zona por parte de Acropora palmata, Porites astreoides y Millepora complanata la proporcionalidad (J') en la abundancia de los individuos entre las especies fue mayor que en las zonas posterior y frontal. Las especies que componen a la comunidad en esta zona se encuentran distribuidas relativamente de manera homogénea,

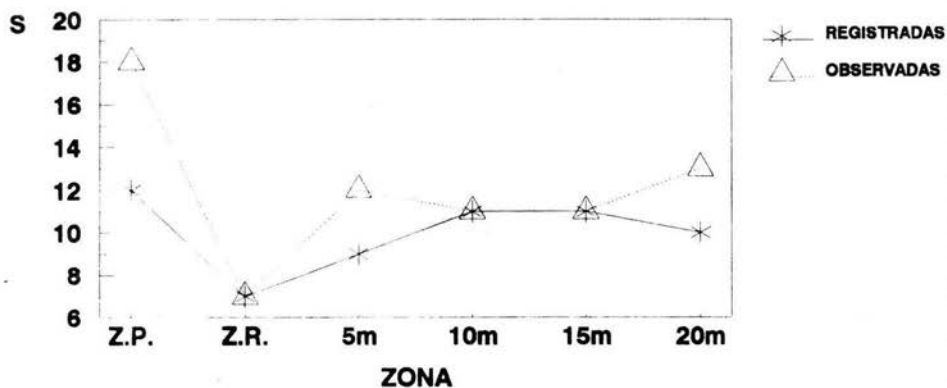


Figura 5. Número de especies (S) registradas y observadas en las diferentes zonas y niveles arrecifales muestreados en Puerto Morelos Morelos durante 1989-90.

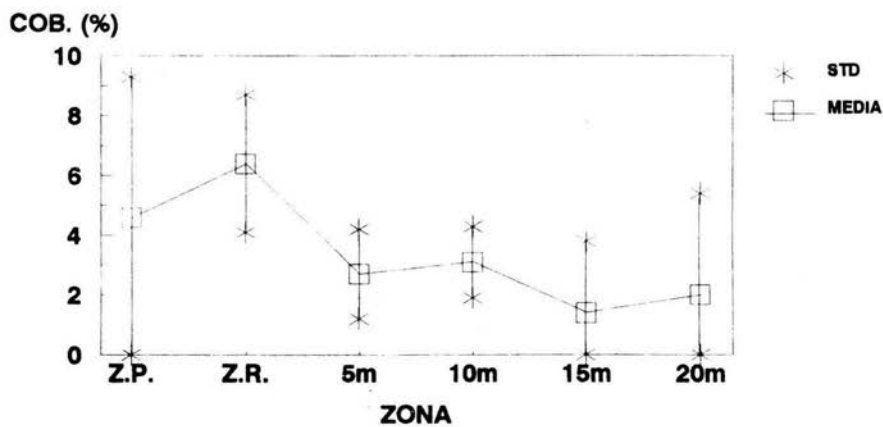


Figura 6. Porcentaje de cobertura (COB(%)), media y desviación estándar (STD) en las diferentes zonas y niveles arrecifales muestreados en Puerto Morelos durante 1989-90.

observándose que la variabilidad tanto en la cobertura, como en el número de colonias entre los parches muestreados, fue baja en relación con las zona posterior y con los cuatro niveles de la zona frontal.

En la zona frontal se registró una baja variabilidad entre los niveles muestreados en relación al número y composición de las especies coralinas. La variabilidad en el número de especies registradas, el número de colonias y el porcentaje de cobertura del fondo por corales, dentro de cada nivel, fue mayor al aumentar la profundidad, observándose que la comunidad coralina se encuentra distribuida más homogéneamente en los niveles de 5 y 10 metros que en los más profundos. La diversidad específica ($H'c$) aumentó con la profundidad como resultado de una mayor equitatividad y de una menor dominancia (C') (Fig. 7). Montastrea cavernosa, Siderastrea siderea y Montastrea annularis fueron las especies dominantes de 10 a 20 metros de profundidad. En las primeras dos especies la importancia relativa tiende a disminuir con la profundidad, mientras que en Montastrea annularis tiende a aumentar. A 5 metros se observa un patrón diferente ya que las especies dominantes fueron Siderastrea siderea, Diploria clivosa y Diploria strigosa. En el nivel de 10 metros es en el que la comunidad coralina presentó un desarrollo ligeramente mayor, registrándose un mayor número de colonias y un mayor porcentaje de cobertura del fondo muestreado por corales. Por otro lado en el nivel de 15 metros fue en el que se registró la menor cobertura, mientras que los niveles de 5 y 20 metros presentaron valores intermedios.

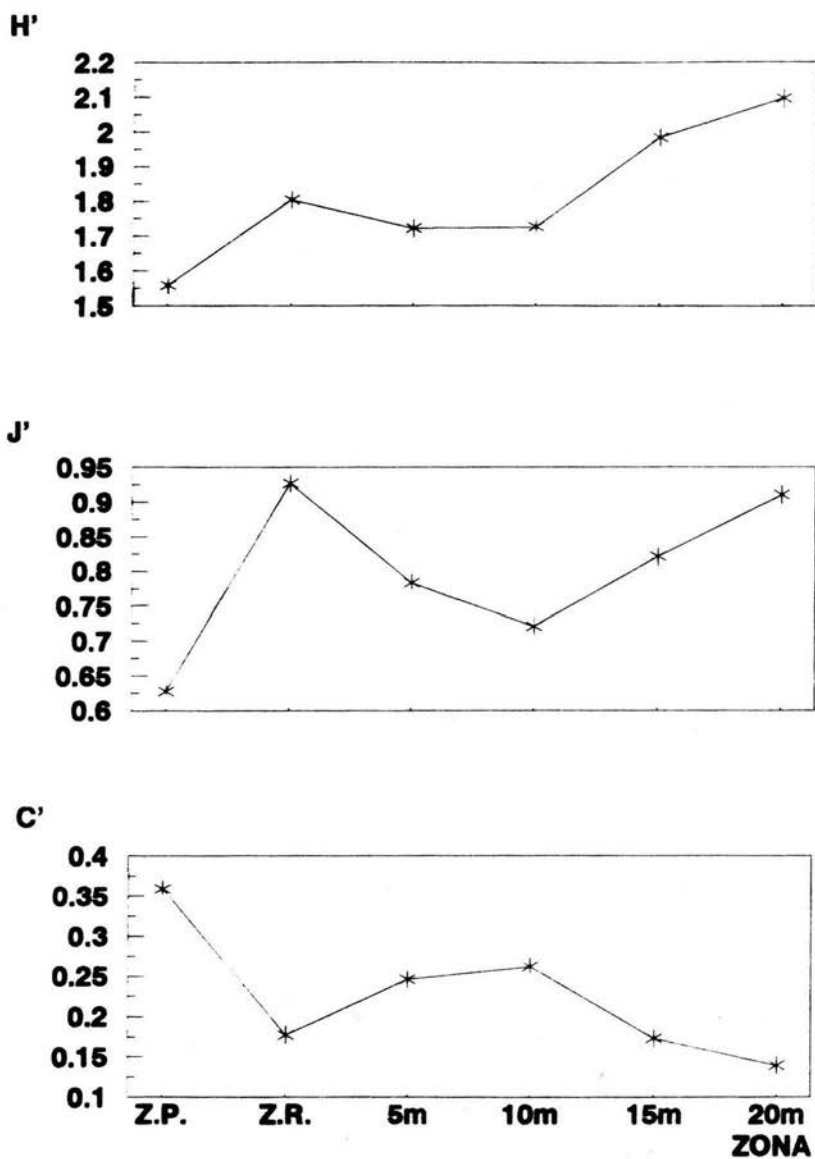


Figura 7. Diversidad (H'), Equitabilidad (J') y Dominancia (C') en las diferentes zonas y niveles arrecifales muestreadas en Puerto Morelos durante 1989-90.

COMPARACION ENTRE 1978-79 Y 1989-90

Los resultados indican que entre 1978-79 y 1989-90 se produjo en el arrecife un fuerte disminución en la cobertura global por corales (de 30.7% a 3.5%). El número total de especies registradas disminuyó de 32 ('78-79) a 28 ('89-90), mientras que la diversidad aumentó significativamente ($p < 0.05$) en las zonas someras (posterior y rompiente) y en el nivel de 15 metros; disminuyó significativamente ($p < 0.05$) en las zonas de profundidad intermedia (5 y 10 m) y permaneció sin cambios significativos ($p > 0.05$) en las zonas profundas (20 metros) (Tablas 3 y 8; Fig. 8).

A continuación se describen las diferencias observadas entre ambos períodos de muestreo en cada una de las zonas y niveles arrecifales estudiados.

ZONA POSTERIOR

Para esta zona arrecifal no se contó con los datos de campo de Jordán (1980), por lo que las comparaciones estadísticas se realizaron de forma diferente al resto de las zonas y niveles (ver metodología).

Siete especies registradas en 1978-79 no fueron observadas en este estudio (Tabla 9). La cobertura del fondo por corales disminuyó significativamente ($p < 0.05$) y se produjo un aumento significativo ($p < 0.05$) en la diversidad específica (Tabla 10), como resultado de un aumento en la equitatividad y una disminución en la dominancia (Fig. 8).

Las variaciones observadas en los valores de diversidad y dominancia entre ambos períodos, son resultado principalmente, de la elevada mortalidad que sufrió Acropora palmata. Esta especie era la dominante en la zona en 1978-79, ocupando más del 74% del total de la cobertura coralina. En 1989-90 A. palmata sólo

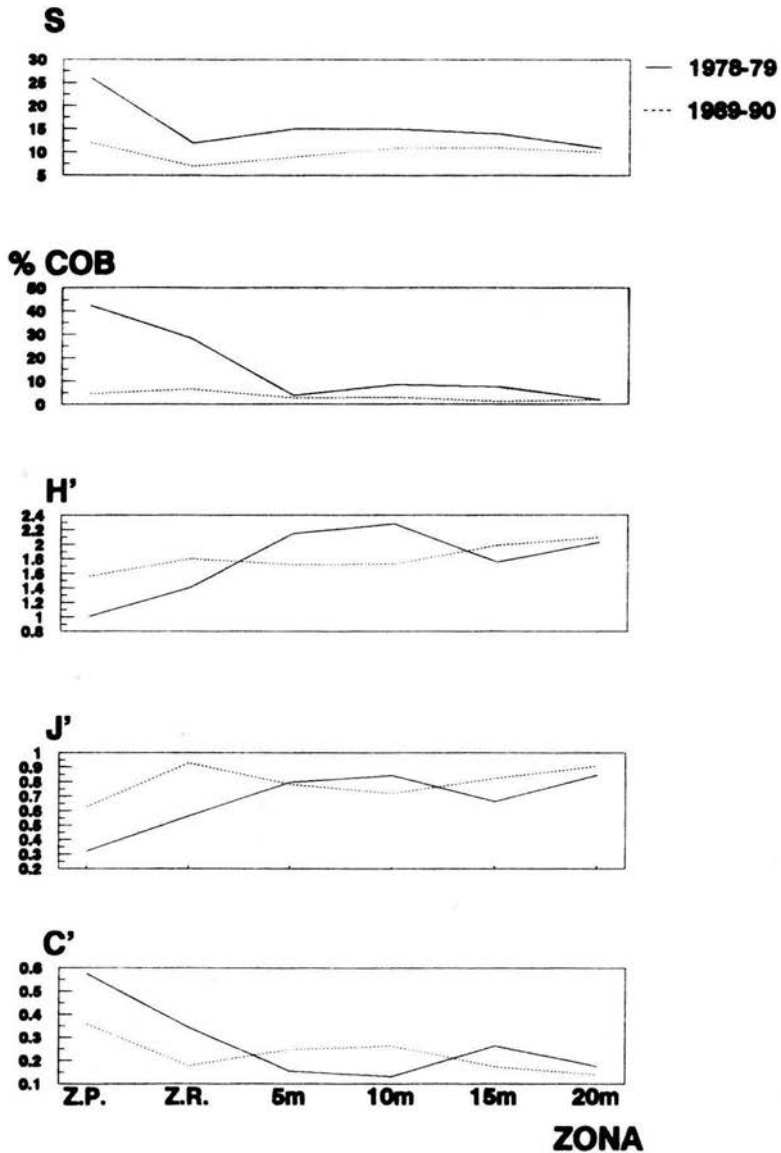


Figura 8. Variaciones entre 1978-79 y 1989-90 en el número de especies (S); Porcentaje de cobertura lineal (% COB); Diversidad (H'); Equitabilidad (J') y Dominancia (C') en la comunidad de corales escleractinios e hidrocorales pétreos en Puerto Morelos.

representa el 5.3% de la cobertura total y su importancia relativa disminuye considerablemente (Tabla 11).

Las cuatro especies coralinas que, junto con A. palmata, contribuían en mayor grado al desarrollo arrecifal en 1978-79, comprendiendo casi el 95% del total de la cobertura del fondo eran M. annularis, P. astreoides, D. strigosa y A. agaricites. De estas cuatro especies, solamente M. annularis y P. astreoides presentaron una abundancia relativa elevada en 1989-90. A pesar de que ambas especies sufrieron una disminución en sus coberturas, ésta no fue significativa ($p > 0.05$) (Tabla 11).

D. strigosa y A. agaricites perdieron importancia relativa en 1989-90, y aunque no se registraron diferencias significativas en sus coberturas entre ambos períodos de muestreo ($p > 0.05$) (Tabla 11), el número de colonias registradas de ambas especies fue considerablemente menor en 1989-90. S. siderea y P. porites de manera contraria adquieren mayor importancia relativa en la zona en 1989-90.

ZONA DE ROMPIENTE

Seis especies reportadas en 1980 para esta zona arrecifal no fueron registradas en 1989-90 (Tabla 9). La cobertura coralina disminuyó significativamente ($p < 0.05$) y se produjo un aumento significativo ($p < 0.05$) en la diversidad específica (Tabla 10) como resultado de una disminución significativa en la cobertura de dos de las tres especies dominantes en 1978-79 (A. palmata y M. complanata). Esto ocasionó una disminución en la dominancia y un aumento en la equitatividad (Fig. 8).

A pesar de las variaciones en la abundancia de A. palmata y M. complanata, éstas junto con P. astreoides se mantienen como las especies dominantes en 1989-90. En el caso de P. astreoides la

cobertura fue similar ($p > 0.05$) entre ambos períodos de muestreo (Tabla 11).

Como resultado de las variaciones en la abundancia, la importancia relativa de A. palmata y M. complanata disminuyó en 1989-90 y aumentó en P. astreoides, por lo que esta especie pasa a ocupar el segundo sitio en importancia relativa en 1989-90 desplazando a M. complanata al tercero.

La importancia relativa de D. strigosa aumentó en 1989-90, a pesar de presentar una cobertura similar ($p > 0.05$) en ambos períodos. Otra especie que presentó un aumento en su importancia relativa fue S. siderea, ya que, aunque su cobertura fue similar en ambos períodos, el número de colonias registradas fue mayor en 1989-90. Por lo anterior ambas especies desplazan a D. clivosa a la 6a posición, a pesar de haber presentado una cobertura similar en ambos períodos (Tabla 11).

ZONA FRONTAL

- 5 METROS

Ocho especies reportadas en 1978-79 no se observaron en 1989-90 (Tabla 9). A pesar de que la cobertura coralina fue similar ($p > 0.05$) en ambos períodos de muestreo, la diversidad específica disminuyó significativamente ($p < 0.05$) por la disminución en el número de especies registradas, del aumento en la dominancia (Tabla 10) y de la disminución en la equitatividad (Fig. 8).

De las cinco especies con mayor importancia relativa en 1978-79, dos no se registraron en 1989-90 (P. porites y A. cervicornis) (Tabla 11), dos perdieron importancia relativa (D. strigosa y M. cavernosa) y una ganó importancia relativa (S. siderea).

S. siderea se mantuvo como especie dominante. D. strigosa fue desplazada por D. clivosa al tercer sitio y M. cavernosa fue

desplazada por D. stokesii y M. meandrites.

- 10 METROS

Seis especies reportadas para 1978-79 no se observaron en 1989-90 (Tabla 9). La cobertura coralina disminuyó significativamente ($p < 0.05$) al igual que la diversidad específica (Tabla 10), esta última como resultado de la disminución en el número de especies registradas y en la equitatividad y un aumento en la dominancia (Fig. 8). El aumento en la dominancia a su vez fue resultado de un incremento en la importancia relativa de M. cavernosa y S. siderea. Estas especies ocupaban el tercero y quinto lugar en importancia relativa en 1978-79, mientras que en 1989-90 quedan ocupando el primero y segundo sitio respectivamente.

De los cinco constructores arrecifales más importantes en 1978-79, dos especies presentaron coberturas similares ($p > 0.05$) en ambos períodos de muestreo (M. cavernosa y S. siderea); dos sufrieron una disminución significativa ($p < 0.05$) en sus coberturas (D. strigosa y A. agaricites) y una no se registró en 1989-90 (A. cervicornis) (Tabla 11).

Otras especies que ganaron importancia relativa en la zona fueron M. annularis y P. astreoides, y en 1989-90 quedan ocupando el tercer y cuarto sitios en importancia relativa respectivamente.

- 15 METROS

Cuatro especies reportadas en 1978-79 no se observaron en 1989-90 (Tabla 9). Entre ambos períodos de muestreo la cobertura lineal por corales escleractínios e hidrocorales pétreos del fondo muestreado disminuyó considerablemente, mientras que hubo un aumento significativo ($p < 0.05$) en la diversidad específica (Tabla 10).

La dominancia disminuyó y la equitatividad aumentó (Fig. 8), como resultado de una disminución en la importancia relativa de las especies dominantes en 1978-79 (M. cavernosa y M. annularis).

M. cavernosa, M. annularis y S. siderea se mantuvieron como especies dominantes en este nivel, aunque todas presentaron coberturas menores en 1989-1990. Los lugares en importancia relativa que eran ocupados en 1978-79 por M. annularis (segundo) y S. siderea (tercero) se invierten en 1989-90.

D. stokesii ocupaba en 1978-79 el cuarto sitio en importancia relativa. Esta especie sufrió una disminución significativa ($p < 0.05$) en su cobertura, por lo que no queda incluida dentro de los cinco constructores arrecifales más importantes en este nivel. D. strigosa, que fuera en 1978-79 la quinta especie más abundante no se registró en el presente estudio.

D. stokesii y D. strigosa perdieron importancia relativa en 1989-90, mientras que M. complanata y C. natans la ganaron.

- 20 METROS

Las menores variaciones en la estructura comunitaria de corales escleractínios e hidrocorales pétreos se registraron en este nivel.

Tres especies reportadas en 1978-79 no fueron observadas en 1989-90 (Tabla 9); sin embargo, la cobertura lineal por corales, del fondo muestreado, fue similar ($p > 0.05$) en ambos períodos de muestreo, al igual que la diversidad específica (Tabla 10). 8
registró una disminución en la dominancia y un aumento en la equitatividad (Fig. 8).

De las cinco especies más abundantes en 1978-79, únicamente S. siderea se encuentra entre las cinco especies más abundantes en

1989-90, ocupando el cuarto sitio. Los lugares ocupados en 1978-79 por las cuatro especies restantes son en 1989-90 ocupados por M. annularis (primero), M. cavernosa (segundo), A. agaricites (tercero) y S. michelinii (quinto). Tanto M. cavernosa como S. michelinii presentaron un aumento en sus coberturas entre ambos períodos, mientras que M. annularis y S. michelinii no se reportan para este nivel en 1978-79.

D. strigosa y D. stokesii perdieron importancia relativa en 1989-90 y P. porites y S. bournoni no fueron registradas. (Tabla 11).

RECUPERACION DE Acropora palmata

Durante los muestreos realizados en octubre de 1992 se encontró que la población de Acropora palmata presenta una elevada tasa de recolonización. Se registraron en total 389 colonias, la mayoría de las cuales se encontraron creciendo sobre esqueletos de A. palmata ya sea volteados, como grava o en su posición original.

Se registraron en total 2.1 colonias/m² en la zona "a"; 3.2 col./m² en la zona "b" y 1.9 col./m² en la zona "c", las cuales presentaron un rango de diámetro máximo entre 2.5 y 150 cm (Tabla 11).

La mayoría de las colonias registradas presentaron tamaños que oscilaron entre los 2.5 y 40 cm (98.4% en la zona "a", 81.6% en las zonas "b" y "c") (Fig. 9).

NUMERO DE COLONIAS

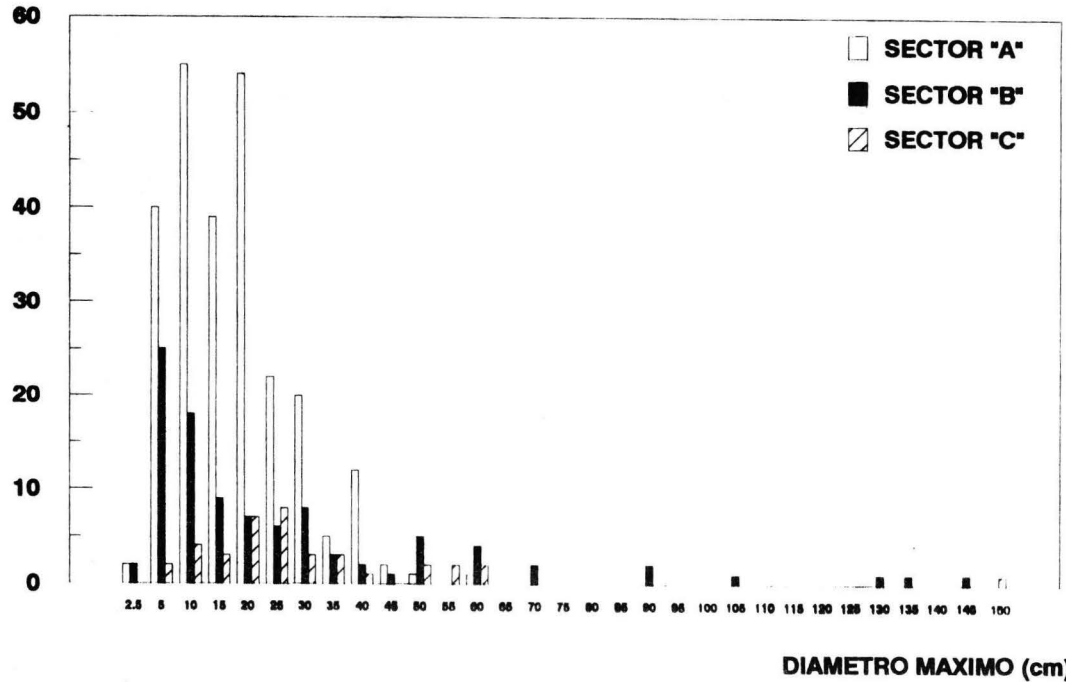


Figura 9. Distribución de tamaños en frecuencias del diámetro máximo (cm) en *Acropora palmata* en tres sectores de la zona de rompiente durante octubre de 1992.

DISCUSION

Es evidente que entre y dentro de las diferentes zonas y niveles arrecifales estudiados existe una fuerte variabilidad en relación a: la riqueza y composición específica, la cobertura, la abundancia relativa de las especies y al grado de dominancia.

Las variabilidad registrada en los patrones de distribución y abundancia de las especies que componen a una comunidad, pueden ser consecuencia de diversos factores.

La distribución de una especie está relacionada primeramente con sus requerimientos ecológicos particulares (Smith, 1972), así algunas especies se encuentran restringidas a ciertas zonas arrecifales, mientras que otras tienen distribuciones espaciales y batimétricas más amplias. Acropora palmata por ejemplo, es una especie restringida a profundidades entre 1 y 5 metros, mientras que Siderastrea siderea y Porites astreoides parecen tener requerimientos ambientales menos estrictos ya que se distribuyen en todo el perfil arrecifal.

Por otro lado la abundancia relativa de las especies varía en espacio y tiempo, como resultado de las diferencias que presentan en sus tasas de reclutamiento, crecimiento y mortalidad (Connell, 1973).

Otro factor importante que regula la estructura comunitaria, son las perturbaciones por eventos físicos y biológicos. Connell (1975, 1978) propone que, como resultado de un ciclo continuo de perturbación de procesos sucesionales, la comunidad coralina se estructura como un mosaico formado por parches, unos con mezclas de especies dominantes y asociadas y otros quizás vacíos.

El efecto que una perturbación tenga sobre una comunidad y la subsecuente tasa de recuperación dependerá del tipo, intensidad y

duración del agente causal (Rogers *et al.*, 1982). Las perturbaciones pueden tener un efecto local, como en el caso de mecanismos físicos y/o biológicos (p.e. degradación del sustrato, depredación, etc.), o afectar grandes extensiones, como en el caso de tormentas y ciclones (Glynn 1973).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se propone que las diferencias registradas en la estructura comunitaria de corales escleractínios e hidrocorales pétreos en el arrecife de Puerto Morelos entre 1978 y 1990, son principalmente resultado de la perturbación producida por el ciclón "Gilberto" en septiembre de 1988. Aunque otro tipo de perturbaciones (p.e. contaminación, las producidas por el hombre, etcétera) no han sido estimadas, y probablemente quedan enmascaradas por el efecto de "Gilberto", observaciones previas al ciclón no revelaron cambios drásticos aparentes en la estructura de la comunidad coralina (Jordán, com. pers.).

El ciclón ocasionó una gran mortalidad de corales hasta los 15 metros de profundidad. Esto se vio reflejado en una fuerte disminución en el número de especies registradas, en el número de colonias y en la cobertura coralina. Su efecto en la estructura comunitaria fue variable dependiendo principalmente de la constitución y forma de crecimiento de las especies, de su localización en el arrecife y de la topografía arrecifal.

Como resultado de la variaciones en las abundancias relativas de las especies se produjeron también cambios en la diversidad específica ($H'c$), la equitatividad (J') y la dominancia (C'). La diversidad aumentó significativamente en las zonas posterior y rompiente y en el nivel de 15 metros como resultado de una elevada mortalidad de las especies dominantes en 1978-79 (*A. palmata* en la zona posterior; *A. palmata* y *M. complanata* en la zona de rompiente y *M. cavernosa* y *M. annularis* en en nivel de 15 metros) y disminuyó en los niveles 5 y 10 metros como consecuencia de una disminución

en el número de especies registradas y un aumento en la dominancia de Siderastrea siderea en el nivel de 5 metros y de M. cavernosa y S. siderea en el nivel de 10 metros, mientras que en el nivel de 20 metros la diversidad es similar en ambos períodos de muestreo.

Las zonas más afectadas, en términos de la disminución en la cobertura por corales, fueron las someras (posterior y rompiente) y en menor grado el nivel de 10 metros de la zona frontal. Mientras que en los niveles de 5, 15 y 20 metros de la zona frontal la cobertura fue similar en ambos períodos de muestreo. Esto se relaciona en parte, con la forma de crecimiento que presentan aquellas especies que fueran las dominantes en la zona en 1978-79, ya que, a pesar de que la mayoría de las especies coralinas sufrieron una disminución en su cobertura, aquellas que presentan una forma de crecimiento ramificada o foliosa, como A. palmata, A. cervicornis, Porites spp (menos P. astreoides), Agaricia tenuifolia, A. agaricites y M. complanata, fueron más severamente afectadas que las que presentan colonias masivas como Montastrea annularis, M. cavernosa, P. astreoides y Siderastrea siderea. A igual que en las zonas posterior y rompiente, en la zona frontal las especies ramificadas (Acropora cervicornis y Porites porites) fueron más afectadas por el ciclón que las masivas. Sin embargo, en la zona frontal las especies dominantes en 1978-79 eran las masivas (Montastrea cavernosa, Siderastrea siderea y Diploria strigosa).

Un patrón similar, en el cual las especies frágiles de crecimiento más rápido son más severamente afectadas durante este tipo de eventos, que aquellas especies masivas de crecimiento más lento, ya ha sido reportado para varios arrecifes coralinos del mundo como: Belice (Stoddart, 1962), Puerto Rico (Glynn et al., 1964), Jamaica (Woodley et al., 1981) e Islas Vírgenes (Rogers et al., 1982; Rogers et al., 1983) entre otros.

El daño físico más extenso se produjo en Acropora palmata,

tanto por abrasión por sedimento como por fractura y desprendimiento total de las colonias. La mortalidad de esta especie fue mayor en la zona posterior que en la zona de rompiente. Probablemente esto guarda relación con la diferencia en la forma de crecimiento que presenta la especie en ambas zonas, ya que en la zona de rompiente las colonias son más robustas y pequeñas, lo cual les permite resistir mejor las condiciones de alta severidad ambiental (determinadas por el continuo golpeo del oleaje oceánico) a las que están expuestas.

Cuando las especies de más rápido crecimiento (principalmente A. palmata) están ausentes o han sido severamente afectadas, las especies masivas e incrustantes pasan a ser las dominantes en las zonas someras (Woodley et al., 1981; Stoddart, 1962, 1969). En el caso del arrecife de Puerto Morelos M. annularis queda como especie dominante en la zona posterior. M. annularis es una de las especies más resistentes al efecto de ciclones, por presentar colonias masivas, las cuales llegan a alcanzar tamaños considerables (Stoddart 1962, 1969).

Por lo tanto es de esperarse que durante cierto tiempo las especies masivas (M. annularis, P. astreoides y Siderastrea siderea) serán relativamente más abundantes que las ramificadas en la zona posterior. En la zona de rompiente la situación es diferente, ya que las especies dominantes en 1978-79 no fueron tan severamente afectadas por el ciclón como en la zona posterior, por lo que es de esperarse que la recuperación sea más rápida.

El que los niveles someros de la zona frontal hayan sido más afectados por el ciclón que los profundos (> 15m), es resultado de la baja pendiente y del bajo desarrollo de la comunidad coralina en esta zona, ya que no existe una trama arrecifal bien constituida que disipe el efecto del oleaje generado durante tormentas.

Entre la zona de rompiente y los cinco metros de profundidad

la comunidad coralina siempre ha estado pobremente representada, ya que está sometida a condiciones de alta severidad ambiental determinadas por la acción del oleaje (Jordán, 1980). Por otro lado entre los 10 y 15 metros de profundidad la comunidad coralina presentaba en 1978-79 un desarrollo considerablemente mayor que a 5 y 20 metros, por lo que el efecto del ciclón es aparentemente mayor.

Jordán (1979, 1980, 1989c) sugiere que en los arrecifes de la costa NE de la Península de Yucatán, la comunidad coralina en la zona frontal es controlada físicamente por un conjunto de condiciones que incluyen una baja pendiente del fondo, concentración de sedimento y resuspensión y transporte del mismo por el oleaje. Estas condiciones dan como resultado una baja cobertura por corales y una baja importancia relativa de la mayoría de las especies, ya que solamente aquellas que cuenten con mecanismos eficientes para remover el sedimento acumulado sobre las colonias podrán sobrevivir.

Según los estudios realizados Kolehmainen (1973), las especies más eficientes en quitarse sedimento son D. strigosa y M. cavernosa, aunque Hubbard y Pockock (1972) también consideran a S. siderea entre las especies competentes en limpiarse a sí mismas (Jordán, 1980). Estas mismas especies son reportadas por Loya (1976) como las más importantes en los ambientes con altas tasas de sedimentación en los arrecifes de Puerto Rico y por Jordán (1980) y Jordán et al. (1981) para los sustratos de bajo relieve en los arrecifes del NE de la Península de Yucatán, incluyendo al de Puerto Morelos.

De estas tres especies solamente dos se mantienen como dominantes después del ciclón (Montastrea cavernosa y Siderastrea siderea), mientras que Diploria strigosa sufre una disminución considerable en su abundancia relativa, principalmente en los niveles de 10 y 15 metros.

RECUPERACION EN Acropora palmata

Acropora palmata es una especie con notables adaptaciones a condiciones de "stress" físico. Se han reportado casos en los que las colonias al ser volteadas de cabeza durante ciclones y tormentas mayores, tiene la capacidad de reorientar su crecimiento, mediante la regeneración del tejido sobreviviente, volteando las puntas de sus ramas en dirección hacia la luz. Incluso los fragmentos producidos durante este tipo de eventos llegan a regenerarse (Rogers *et al.*, 1982). Otro mecanismo de recolonización importante es mediante el reclutamiento de larvas (Pearson, 1981; Rogers *et al.*, 1982).

De acuerdo con Porter *et al.* (1982) el primer caso parece ser más importante después del daño por ciclones, mientras que el segundo se ha observado después de mortalidades en masa por disminuciones drásticas en la temperatura que ocasionan una alta mortalidad coralina.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es probable que ambos tipos de recolonización jueguen un papel importante en las zonas someras del arrecife de Puerto Morelos.

Según Szmant (1986) Acropora palmata tiene solamente un ciclo de reproducción sexual por año (Jordán, 1992). Si el período reproductivo es igual en Puerto Morelos, entonces la mayoría de las colonias reclutadas por reproducción sexual durante agosto de 1989 y octubre de 1992 deberían tener un tamaño máximo de 33 cm. Esto de acuerdo con la tasa de crecimiento máxima reportada (11 cm/año) (Rogers *et al.*, 1982). Mientras que en aquellas colonias en las que la recolonización es partir de fragmentos o por regeneración de tejidos sobrevivientes al ciclón, las colonias tendrían un tamaño mayor o igual a 18.8 cm (de acuerdo con tasa de crecimiento mínima reportada = 4.7 cm/año) (Bak, 1976; Gladfelter *et al.*, 1978). Por lo que se puede suponer que aquellas colonias que presenten un

diámetro máximo menor a 18.8 cm se han reclutado por reproducción sexual y las que presenten un diámetro mayor a 33 cm son colonias o fragmentos de colonias que sobrevivieron al ciclón, mientras que las que tengan un diámetro entre 18.8 y 33 cm pueden ser resultado de cualquiera de los dos mecanismos.

Es de esperarse que, a pesar de que durante cierto tiempo las especies masivas e incrustantes serán relativamente más abundantes que las ramificadas en la zona posterior, la elevada tasa de crecimiento de *A. palmata* ayudará a que las zonas someras del arrecife recuperen los niveles de cobertura que presentaban antes del ciclón en un período relativamente menor al que se ha propuesto para otros arrecifes, en donde como resultado de ciclones se ha producido una mortalidad casi completa de las especies ramificadas (Woodley *et al.*, 1981). Esto sucederá siempre y cuando no se presenten perturbaciones severas antes del tiempo requerido para la recuperación del arrecife.

CONCLUSIONES

- 1) El ciclón "Gilberto" ocasionó cambios significativos en la estructura comunitaria de corales escleractínios e hidrocorales pétreos del arrecife de Puerto Morelos hasta los 15 metros de profundidad.
- 2) A pesar de que la zonas más afectadas en términos de la disminución en la cobertura coralina fueron las someras (posterior y rompiente), éstas siguen presentando un mayor desarrollo de la comunidad coralina en comparación con la zona frontal.
- 3) La mayoría de las especies presentaron una disminución en sus coberturas, sin embargo las especies ramificadas fueron más severamente afectadas que las masivas.
- 4) El daño físico más extenso se produjo en Acropora palmata en las zonas posterior y rompiente, como consecuencia de fracturas, desprendimiento total de las colonias y por el efecto abrasivo del sedimento.
- 5) Como resultado de la elevada mortalidad de Acropora palmata en la zona posterior Montastrea annularis pasa a ser la especie dominante.
- 6) Acropora palmata permanece como especie dominante en la zona de rompiente a pesar de haber sufrido una fuerte disminución en su abundancia como consecuencia del ciclón, probablemente como resultado de la forma de crecimiento que presenta en la zona.
- 7) Dos de las tres especies dominantes en la zona frontal en 1978-79-80 (Montastrea caverosa y Siderastrea siderea) se mantienen como dominantes en 1990, mientras que Diploria strigosa pierde importancia relativa.

8) La diversidad aumentó significativamente en las zonas posterior y rompiente, y en el nivel de 15 metros de la zona frontal, como resultado de una elevada mortalidad de las especies de coral más abundantes antes del ciclón.

9) La diversidad disminuye en los niveles de 5 y 10 metros como consecuencia de una disminución en el número de especies y un aumento en la dominancia.

10) Es de esperarse que durante cierto tiempo las especies masivas serán relativamente más abundantes que las ramificadas en la zona posterior. Sin embargo la elevada tasa de recolonización que presenta Acropora palmata ayudará a que las zonas someras del arrecife recuperen los niveles de cobertura que presentaban antes del ciclón en un período relativamente menor al que se ha propuesto para otros arrecifes coralinos. Esto siempre y cuando no se presenten perturbaciones severas antes del tiempo requerido para su recuperación.

BIBLIOGRAFIA

- Almy, C.C. y C. Carrión-Torres, 1963. Shallow Water Stony Corals of Puerto Rico. Carib. Jour. Sci., 3: 2-3.
- Bak, R.P.M., 1976. The Growth of Coral Colonies and the Importance of Crustose Coralline Algae and Burrowing Sponges in Relation with Carbonate Accumulation. Neth. Jour. of Sea Res., 10(3): 285-337.
- Boyd, W.D., L.S. Kornicker y R. Rezak, 1963. Coraline algal microatolls near Cozumel island, México. Contr. to Geol., 2: 105-108.
- Castañares, L.G. y L.A. Soto, 1982. Estudios sobre los corales escleractínios hermatípicos de la costa Noreste de la península de Yucatán, México. Parte 1. Sinopsis taxonómica de 38 especies (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia). An. Inst. Ciencias del Mar y Limn. Univ. Nal. Autón. México, 9(1): 295-344.
- Chávez, E.A., 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife de Lobos, Veracruz. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. México, 20: 13-21.
- Chávez, E.A., E. Hidalgo, M.L. Sevilla, 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife de Lobos, Veracruz. Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat., XXXI: 211-281.
- Chávez, E.A., E. Hidalgo, M.A. Izaguirre, 1985. A comparative analysis of Yucatan coral reefs. Procc. of the 5th Int. Coral Reef Congress, Tahiti. Vol. 6: 355-362.
- Connell, J.H., 1973. Population Ecology of the reef-building corals. In: Jones, O.A. y Endean, R. (Eds.) Biol. and Geol. of Coral Reefs., Vol II: Biology 1. Academic Press. New York and London. pp. 205-244.
- -----, 1975. Some mechanisms producing structure in natural communities. In: M.L. Cody y J.M. Diamond (Eds.). Ecology and Evolution of Communities, The Belknap Press, Harvard Univ. USA. pp 460-490.
- -----, 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. Science, 199: 1302-1310.
- Emery, K.O., 1963. Arrecifes coralinos en Veracruz, México. Geofísica Internacional, 3(1): 11-17.

- Fenner, D.P., 1988. Some leeward reefs and corals of Cozumel, México. Bull. Mar. Sci., 42(1): 133-144.
- -----, 1991. Effects of Hurricane Gilbert on coral reefs, fishes and sponges at Cozumel, Mexico. Bull. Mar. Sci., 48(3): 719-730.
- Ginsburg, R.N. y S.M., Stanley, 1970. Seminar on Organism-Sediment Interrelationships. Spec. Pub. No. 6, Bermuda Biol. Stat. for Res., St. George's West, 109 p.
- Gladfelter, E.H., R. K. Monahan y W.B. Gladfelter, 1978. Growth rates of five reef-building corals in the Northeastern Caribbean. Bull. Mar. Sci., 28(4): 728-734.
- Glynn, P.W., 1973. Western Atlantic Coral Reef Ecology. In: Jones, O.A. and R. Endean (Eds.). Biol. and Geol. of Coral Reefs. Vol. 11, Biology I. New York: Academic Press, Inc., p. 271-325.
- Glynn, P.W., 1976. Some physical and biological determinants of coral community structure in the Eastern Pacific. Ecol. Monographs, 46: 431-456.
- Glynn, P.W., L.R. Almodóvar y J.G. González, 1964. Effects of hurricane 'Edith' on marine life in La Parguera, Puerto Rico. Caribb. J. Sci., 4: 335-345.
- Goldberg, W.M., 1973. The ecology of coral-octocoral communities off the Southeast Florida Coast: Geomorphology, species composition and zonation. Bull. of Mar. Sci., 23(3): 465-488.
- Gómez, L.P. y G. Green, 1984. Sistemática de las esponjas marinas de Pto. Morelos, Q. Roo México. An. Inst. Cienc del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 11(1): 65-90.
- Goreau, T.F., 1959. The Ecology of Jamaican Coral Reefs- I. Species composition and zonation. Ecology, 40(1): 67-90.
- -----, 1964. Mass Expulsion of Zooxanthellae from Jamaican Reef Communities after Hurricane Flora. Science, 145: 383-386.
- Green, G., 1977. Sinopsis taxonómica de trece especies de esponjas del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 4(1): 79-98.
- Hubbard, A.E.B. y Y.P. Pocock, 1972. Sediment rejection by recent scleractinian corals: a key to paleo-environmental reconstruction. Geologische Rundschau, 60: 598-625.

- Iglesias, R., 1986. Mecanismos de Fotoadaptación en Gorgonáceos. Tesis de Maestría. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. de México. 62 p.
- Jaap, W.C, W.G. Lyons, P. Dustan y J.C. Halas, 1989. Stony Coral (Scleractinia and Milleporina). Community Structure at Bird Key Reef, Ft. Jefferson National Monument, Dry Tortugas, Florida. Florida Marine Research Publications, 46: 1-31.
- Jáuregui, E., 1989. Los huracanes prefieren a México. Inf. Cienc. y Tec., 11(155): 32-39.
- Jordán, E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región Noreste de la Península de Yucatán, México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6 (1): 69-86.
- -----, 1980. Arrecifes coralinos del Noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctorado, U.A.C.P y P., Univ. Nal. Autón. México, 118 pp.
- -----, 1988. Arrecifes profundos en la Isla de Cozumel, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 15(2): 195-208.
- -----, 1989a. Coral Reef studies in México. In: Proc. of the Workshop Australia-México on Mar. Sci., Quintana Roo, México., Chávez E.A. (Ed.) pp. 29-35.
- -----, 1989b. Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatán coral reefs. Bull. Mar. Sci., 45(3): 678-696.
- -----, 1989c. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. An. Inst. Cienc. de Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 16(1): 105-118.
- -----, 1992. Recolonization patterns of Acropora palmata in a marginal environment. Bull. Mar. Sci., 51(1): 104-117.
- Jordán, E. y E. Martín. 1987. Chinchorro: Morphology and Composition of a Caribbean Atoll. Atoll Res. Bull., No. 310: 1-32.
- Jordán, E., M. Merino, O. Moreno y E. Martín, 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. Proc. 4th Int. Coral Reef Symp., Manila, 2: 303-308.

- Jordán, E. y R.S. Nugent, 1978. Evaluación poblacional de Plexaura homomalla (Esper) en la costa noreste de la Península de Yucatán (Octocorallia). An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 5(1): 189-200.
- Kjerfve, B., K.E. Magill, J.W. Porter y J.D. Woodley, 1986. Hindcasting of hurricane characteristics and observed storm damage on a fringing reef, Jamaica, West Indies. Jour. of Mar. Res., 44: 119-148.
- Knowlton, N., J.C. Lang, M.C. Rooney y P. Clifford, 1981. Evidence for delayed mortality in hurricane-damaged Jamaican staghorn corals. Nature, 294(5838): 251-252.
- Kornicker, L.S., F. Bonet, R. Cann y C.M. Hoskin, 1959. Alacran reef, Campeche Bank, Mexico. Inst. Mar. Sci. Publ. Univ. Texas, 6: 1-22.
- Laubenfels, M.W., 1953. Sponges from the Gulf of México. Bull. Mar. Sci. Gulf. Carib., Vol. 2: 511-557.
- Lawrence, M.B. y J.M. Gross, 1989. Annual Summaries, Atlantic Hurricane Season of 1988. Monthly Weather Review, 177: 2248-2256.
- Lewis, J.B., 1960. The Coral Reefs and Coral Communities of Barbados, West Indies. Canadian Jour. Zool., 38: 1133-1145.
- Liddell, W.D. y S.L. Ohlhorst, 1987. Patterns of Reef Community Structure, North Jamaica. Bull. Mar. Sci., 40(2): 311-329.
- Loya, Y., 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. Mar. Biol., 13(2): 100-123.
- -----, 1976. Recolonization of Red Sea Corals affected by natural catastrophes and man-made perturbations. Ecology, 57(2): 278-289.
- -----, 1978. D.R. Stoddart and R.E. Johannes (eds.). Plotless and transect methods. In: Coral Reefs: research methods, UNESCO. pp, 197-217.
- Marsh, L.M., R.H. Bradbury y R.E. Reichelf, 1984. Determination of physical parameters of coral distributions using line transect data. Coral Reefs, 2: 175-180.

- Martín, E., 1982. Ciclo reproductivo, proporción sexual y fecundidad del coral blando Plexaura homomalla (Esper) en el mar Caribe mexicano (Octocorallia: Plexauridae) An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1): 359-380.
- Merino, M. y L. Otero (1991). Atlas ambiental costero Puerto Morelos- Quintana Roo. Ferrándiz, S.A., México, D.F. 80 p.
- Moore, D.R., 1958. Notes on Blanquilla Reef. Inst. Mar. Sci. Publ. Univ. Texas, 5: 151-155.
- Moore, C.R. y H.R. Bullis, 1960. A deep water coral reef in the Gulf of Mexico. Bull. Mar Sci. Gulf Carib., 10(1): 125-128.
- Moreno, O., M. Merino, E. Jordán, 1982. Estimación de la edad de un organismo colonial Plexaura homomalla (Esper) (Octocorallia: Plexauridae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1): 345- 358.
- Muscatine L., y J.W. Porter, 1977. Reef Corals: Mutualistic Symbiosis Adapted to Nutrient-Poor Environments. Bioscience 27(7): 454-460.
- Nelson, T.J., T.L. Stinnet y J.W. Tunnell, 1988. Quantitative assessment of an unusually dense octocoral community in the Southeastern Gulf of Mexico. Procc. of the 6th Int. Coral Reef Symp. Australia, 2: 791-796.
- Nugent, R.S., E. Jordán y R. de la Torre, 1978. Investigaciones preliminares de la biomasa de Thalassia testudinum König, en la Costa del Caribe Mexicano. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 5(1): 247-254.
- Ott, B. 1975. Community Patterns on a Submerged Barrier Reef at Barbados, West Indies. Int. Rev. Gesamten Hydrobiol., 60(6): 719-736.
- Pearson, R.G., 1981. Recovery and Recolonization of Coral Reefs. Mar. Ecol. Prog. Ser., 4: 105-122.
- Poole, R.W., 1974. An Introduction to Quantitative Ecology. Mc Graw-Hill, Kogakusha, Ltd. 532 pp.
- Porter, J.W., 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef- corals. Ecology, 53(4): 745-748.
- Porter, J.W., J.F. Battey, y G.J. Smith, 1982. Perturbation and change in coral reef communities. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, Vol. 79: 1678-1681.

- Rigby, J.K. y W.G. McIntire, 1966. The Isla de Lobos and associated reefs, Veracruz, México. Brigham Young Univ. Geol. Studies, 13(5): 3-46.
- Rogers, C.S., T.H. Suchanek y F.A. Pecora, 1982. Effects of hurricanes David and Frederic (1979) on shallow Acropora palmata reef communities: St. Croix, U.S. Virgin Islands. Bull. Mar. Sci., 32(2): 532-548.
- Rogers, C.S., M. Gilnack y H.C. Fitz, III, 1983. Monitoring of coral reefs with linear transects: a study of storm damage. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 66: 285-300.
- Shinn, E., 1963. Spur and Groove Formation on the Florida Reef Tract. J. Sed. Petrol., 33: 291-303.
- Smant, A.M., 1986. Reproductive Ecology of Caribbean Coral Reefs. Coral Reefs, 5(1): 43-53.
- Smith, F.G.W., 1972. Atlantic Reef Corals. Univ. of Miami Press., Coral Gables, Florida. 164 pp.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1969. Biometry. W.H. Freeman y Co. San Francisco. p 229.
- Stoddart, D.R., 1962. Catastrophic storm effects on the British Honduras reefs and cays. Nature, 196:512-515.
- -----, 1963. Effects of hurricane 'Hattie' on the British Honduras reefs and cays. Oct. 30-31, 1961. Atoll. Res. Bull., 95: 1-142.
- -----, 1965. Resurvey of hurricane effects on the British Honduras reefs and cays. Nature, 207: 589-592.
- -----, 1969. Ecology and morphology in recent coral reefs. Biol. Rev., 44: 433-498.
- -----, 1974. Coral Reef and Islands and Catastrophic Storms. In: J.A. Steers, (ed.) Applied Coastal Geomorphology, Macmillan Co. London. p. 155-197,
- Tunnell, J.W. Jr., 1985. Environmental stresses of Veracruz Coral Reefs. Procc. of the 5th Int. Coral Reef Congr., Tahiti, 2:
- -----, 1988. Regional comparison of Southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea Coral Reefs. Procc. of the 6th Int. Coral Reef Symp. Australia, 3: 303-308.

- Tunnell, J.W. y T.J. Nelson, 1989. A high density-low diversity octocoral community in the Southwestern Gulf of México. Diving for Science: 325-335.
- Villalobos, A.F., 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veacruz, México. Symposium on Investigations and resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions, Willemstad, Curacao.
- Wells, J.N., 1956. Scleractinians. In: R.C. Moore (Ed.) Treatise on invertebrate Paleontology. Part: COELENTERATA. Geological Society of America. Univ. Kansas Press, Lawrence Kansas. pp. 328-444.
- Woodley, J.D., E.A. Chornesky, P.A. Clifford, J.B.C. Jackson, L.S. Kaufman, N. Knowlton, J.C. Lang, M.P. Pearson, J.W. Porter, M.C. Rooney, K.W. Rylaarsdam, V.J. Tunnicliffe, C.M. Wahle, J.L. Wulff, A.S.G. Curtis, M.D. Dallmeyer, B.P. Jupp, M.A.R. Koehl, J. Neigel, y E.M. Sides, 1981. Hurricane Allen's impact on Jamaican Coral Reefs. Science, 214: 749-755.
- Zar, J.H., 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 620 pp.
- Zlatarski, V.N. y N.E. Martínez, 1982. Les Sclérectiniales de Cuba. Editions de l'Academic Bulgare des Sciences. Sofia. 472 pp.

TABLAS

Tabla 1. Corales Escleractinios e Hidrocorales Petreos registrados en el arrecife de Puerto Morelos durante los muestreos realizados en 1989-90.

- Clase HIDROZOA Owen, 1843
Orden MILLEPORINA Hickson, 1901
Familia Milleporidae Fleming, 1828
Millepora complanata Lamarck, 1816
- Clase ANTHOZOA Ehrenberg, 1834
Subclase Zoantharia, Haeckel, 1896
Orden SCLERACTINIA Bourne, 1900
Familia Astrocoeniidae Koby, 1890
Stephanocoenia michelinii Milne Edwards y Haime, 1848
- Familia Acroporidae Verrill, 1902
Acropora cervicornis (Lamarck, 1816)
A. palmata (Lamarck, 1816)
A. prolifera (Lamarck, 1816)
- Familia Agariciidae Gray, 1847
Agaricia agaricites (Linnaeus, 1758)
Agaricia tenuifolia (Dana, 1848)
Helioseris cucullata (Ellis y Solander, 1786)
- Familia Siderastreidae Vaughan y Wells, 1943
Siderastrea radians (Pallas, 1766)
S. siderea (Ellis y Solander, 1786)
- Familia Poritidae Gray, 1842
Porites astreoides Lamarck, 1816
P. porites (Pallas, 1766)
- Familia Faviidae Gregory, 1900
Favia fragum (Esper, 1788)
Diploria labyrinthiformis (Linnaeus, 1758)
D. clivosa (Ellis y Solander, 1786)
D. strigosa (Dana, 1846)
Manicina areolata (Linnaeus, 1758)
Colpophyllia natans (Houttuyn, 1772)
Montastrea annularis (Ellis y Solander, 1786)
M. cavernosa (Linnaeus, 1767)
Solenastrea bournoni Milne Edwards y Haime, 1849
- Familia Meandrinidae Gray, 1847
Meandrina meandrites (Linnaeus, 1758) forma: meandrites
Dichocoenia stokesii Milne Edwards y Haime, 1848
Dendrogyra cylindrus Ehrenberg, 1834
- Familia Mussidae Ortmann, 1890
Mussa angulosa (Pallas, 1766)
Isophyllia sinuosa (Ellis y Solander, 1786)
Isophyllastrea rigida (Dana, 1846)
- Familia Caryophylliidae
Eusmilia fatigiata (Pallas, 1766)

Tabla 2. Distribución de corales pétreos en las diferentes zonas y niveles del arrecife de Puerto Morelos durante los muestreos realizados en 1989-90 (*) = especies registradas en los transectos; (-) = especies observadas en la zona, pero no registradas en los transectos); (Z.P. = Zona Posterior; Z.R.= Zona de Rompiente; Z.F.= Zona Frontal).

ESPECIE	ZONAS						
	Z.P.	Z.R.	Z.F.				
			5m	10m	15m	20m	
<u>Millepora complanata</u>	*	*	*		*		
<u>Stephanocoenia michelinii</u>			(-)	*	*	*	
<u>Acropora cervicornis</u>	*						
<u>Acropora palmata</u>	*	*	(-)				
<u>Acropora prolifera</u>	(-)						
<u>Agaricia agaricites</u>	*			*	*	*	
<u>Agaricia tenuifolia</u>	(-)						
<u>Helioseris cucullata</u>					*	*	
<u>Siderastrea radians</u>			*	*			
<u>Siderastrea siderea</u>	*	*	*	*	*	*	
<u>Porites astreoides</u>	*	*	*	*	*	*	
<u>Porites porites</u>	*				*		
<u>Favia fragum</u>	*						
<u>Diploria labyrinthiformis</u>				*		*	
<u>Diploria clivosa</u>	*	*	*	*			
<u>Diploria strigosa</u>	*	*	*	*		*	
<u>Manicina areolata</u>	(-)					(-)	
<u>Colpophyllia natans</u>					*		
<u>Montastrea annularis</u>	*			*	*	*	
<u>Montastrea cavernosa</u>			*	*	*	*	
<u>Solenastrea bournoni</u>						(-)	
<u>Meandrina meandrites</u>			*			(-)	
<u>Dichocoenia stokesi</u>		*	*	*	*	*	
<u>Dendrogyra cylindrus</u>	(-)						
<u>Mussa angulosa</u>	*						
<u>Isophyllia sinuosa</u>	(-)						
<u>Isophyllastrea rigida</u>			(-)				
<u>Eusmilia fastigiata</u>	(-)						
TOTALES							
REGISTRADAS	20	12	7	9	11	11	10
OBSERVADAS	28	18	7	12	11	11	13

Tabla 3. Indicadores de estructura comunitaria en el perfil arrecifal de Pto. Morelos (1989-90). (S = especies; # Col.= número de colonias; Cob.(%)= porcentaje de cobertura (media \pm 1 desviación estandar); H'c = índice de Shannon; Var H'c = varianza del índice de Shannon; C' = índice de Simpson; J'= equitabilidad).

Zona	Muestra (m)	S	# Col.	Cob.(%)	H'c	Var H'c	C'	J'
Posterior	320	12	115	4.6 \pm 4.7	1.5580	0.0032	0.359	0.627
Rompiente	200	7	140	6.4 \pm 2.3	1.8033	0.0005	0.177	0.927
5 metros	200	9	51	2.7 \pm 1.5	1.7213	0.0048	0.246	0.783
10 metros	200	11	66	3.1 \pm 1.2	1.7264	0.0055	0.262	0.720
15 metros	200	11	36	1.4 \pm 2.4	1.9844	0.0076	0.173	0.821
20 metros	200	10	32	2.0 \pm 3.4	2.0952	0.0027	0.139	0.910
TOTAL	1320	21	440	3.5 \pm 3.4				

Tabla 4. Análisis de la composición específica (C = cobertura (cm); D = densidad (número de colonias); F = frecuencia (no. de transectos en que aparece); I.R. = Importancia Relativa) en las diferentes zonas y niveles arrecifales estudiados en 1989-90.

POSTERIOR					ROMPIENTE				
	C	D	F	I.R.		C	D	F	I.R.
<u>M. annularis</u>	855	65	8	44.2	<u>A. palmata</u>	339	31	9	22.4
<u>P. astreoides</u>	123	13	9	13.4	<u>P. astreoides</u>	186	33	10	19.6
<u>S. siderea</u>	138	8	6	10.0	<u>M. complanata</u>	237	25	10	19.0
<u>P. porites</u>	69	9	4	7.2	<u>S. siderea</u>	198	16	7	13.8
<u>A. palmata</u>	78	5	4	6.2	<u>D. strigosa</u>	192	18	3	11.3
<u>M. complanata</u>	45	6	4	5.8	<u>D. clivosa</u>	108	13	6	10.1
<u>D. strigosa</u>	66	3	3	4.6	<u>D. stokesi</u>	27	4	3	3.7
<u>A. agaricites</u>	54	2	2	3.3					
<u>D. clivosa</u>	33	1	1	1.8					
<u>A. cervicornis</u>	12	1	1	1.3					
<u>F. fragum</u>	3	1	1	1.1					
<u>M. angulosa</u>	3	1	1	1.1					
TOTAL	1479	115		100		1287	140		100

FRONTAL (5m)					FRONTAL (10m)				
<u>S. siderea</u>	228	21	9	37.0	<u>M. cavernosa</u>	273	23	10	34.4
<u>D. clivosa</u>	99	9	5	17.1	<u>S. siderea</u>	129	17	8	22.0
<u>D. strigosa</u>	54	8	7	15.7	<u>M. annularis</u>	60	5	3	8.2
<u>D. stokesii</u>	27	4	4	8.3	<u>A. agaricites</u>	27	5	5	8.0
<u>M. meandrites</u>	63	3	2	7.9	<u>P. astreoides</u>	33	5	4	7.5
<u>P. astreoides</u>	21	2	2	4.6	<u>S. michelinii</u>	30	2	3	5.0
<u>M. cavernosa</u>	18	2	2	4.5	<u>D. stokesii</u>	12	3	3	4.5
<u>M. complanata</u>	15	1	1	2.6	<u>D. strigosa</u>	27	2	2	4.1
<u>S. radians</u>	9	1	1	2.2	<u>D. strigosa</u>	6	2	2	2.9
					<u>D. labyrinthiformis</u>	9	1	1	1.8
					<u>S. radians</u>	6	1	1	1.6
TOTAL	534	51		100		612	66		100

FRONTAL (15m)					FRONTAL (20m)				
<u>M. cavernosa</u>	81	9	4	24.2	<u>M. cavernosa</u>	72	7	5	20.6
<u>S. siderea</u>	39	10	6	23.1	<u>M. annularis</u>	93	4	3	16.3
<u>M. annularis</u>	57	5	2	14.5	<u>S. siderea</u>	39	7	4	16.3
<u>M. complanata</u>	36	3	1	8.6	<u>A. agaricites</u>	57	3	2	10.8
<u>A. agaricites</u>	9	2	2	6.0	<u>D. stokesii</u>	21	3	3	9.2
<u>S. michelinii</u>	9	2	2	6.0	<u>S. michelini</u>	36	2	2	8.0
<u>C. natans</u>	21	1	1	5.0	<u>H. cucullata</u>	24	2	2	7.0
<u>P. astreoides</u>	9	1	1	3.5	<u>D. strigosa</u>	30	2	1	6.0
<u>H. cucullata</u>	9	1	1	3.5	<u>D. labyrinthiformis</u>	24	1	1	4.5
<u>D. stokesi</u>	3	1	1	2.8	<u>P. astreoides</u>	3 y	1	1	2.7
<u>P. porites</u>	3	1	1	2.8					
TOTAL	276	36		100		399	32		100

Tabla 5. Media (\bar{X}), Desviación estandar (STD) y Coeficiente de Variación (C.V.) de las colonias registradas en las zonas arrecifales de Puerto Morelos durante los muestreos realizados en 1989-90.

ESPECIE	NUMERO DE COLONIAS POR ESPECIE POR ZONA											
	POSTERIOR		ROMPIENTE		FRONTAL-5		FRONTAL-10		FRONTAL-15		FRONTAL-20	
	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.
<i>M. annularis</i>	4.1 (0.7)	164					0.5 (0.6)		161 0.5 (0.8)		161 0.4 (0.7)	186
<i>S. siderea</i>	0.5 (0.7)	148	1.6 (1.4)		89 2.1 (1.4)		89 1.7 (1.5)		87 1.0 (1.0)		100 0.7 (1.0)	144
<i>M. cavernosa</i>					0.2 (0.4)		200 2.3 (1.0)		44 0.9 (1.5)		168 0.7 (0.8)	12
<i>A. palmata</i>	0.3 (0.6)	201	3.1 (2.1)		67							
<i>P. astreoides</i>	0.8 (1.1)	131	3.3 (2.2)		68 0.2 (0.4)		200 0.5 (0.7)		134 0.1 (0.3)		300 0.1 (0.3)	300
<i>D. strigosa</i>	0.2 (0.4)	202	1.8 (2.9)		158 0.8 (0.6)		75 0.2 (0.4)		200		0.2 (0.6)	300
<i>M. complanata</i>	0.4 (0.6)	202	2.5 (2.0)		81 0.1 (0.3)		300		0.3 (0.9)		300	
<i>D. olivosa</i>	0.1 (0.3)	250	1.3 (1.4)		109 0.9 (1.2)		136 0.2 (0.4)		200			
<i>A. agerincites</i>	0/1 (0.3)	342					0.5 (0.5)		100 0.2 (0.4)		200 0.3 (0.6)	213
<i>D. stokesii</i>			0.4 (0.8)		200 0.4 (0.5)		123 0.3 (0.5)		153 0.1 (0.3)		300 0.3 (0.5)	153
<i>S. michelini</i>							0.2 (0.4)		200 0.2 (0.4)		200 0.2 (0.4)	200
<i>P. porites</i>	0.6 (1.5)	521							0.1 (0.3)		300	
<i>M. meandrites</i>					0.3 (0.6)		213					
<i>H. cucullata</i>									0.1 (0.3)		300 0.2 (0.4)	200
<i>D. labyrinthiformis</i>							0.1 (0.3)		300		0.1 (0.3)	300
<i>C. natans</i>									0.1 (0.3)		300	
<i>S. radicans</i>					0.1 (0.3)		300 0.1 (0.3)		300			
<i>A. cervicornis</i>	0.1 (0.25)	250										
<i>F. fragum</i>	0.1 (0.3)	250										
<i>M. angulosa</i>	0.1 (0.3)	250										

Tabla 6. Media (\bar{X}), Desviación estandar (STD) y Coeficiente de Variación (C.V.) de las coberturas (cm) registradas en las zonas arrecifales de Puerto Morelos durante los muestreos realizados en 1989-90.

ESPECIE	NUMERO DE COLONIAS POR ESPECIE POR ZONA											
	POSTERIOR		ROMPIENTE		FRONTAL-5		FRONTAL-10		FRONTAL-15		FRONTAL-20	
	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.	X (std)	C.V.
<i>M. annularis</i>	53.4 (89.7)	168	-	-	-	-	6.0 (10.1)	168	5.7 (12.5)	220	9.3 (20.3)	219
<i>S. sidera</i>	8.6 (13.5)	158	19.8 (15.1)	76	22.8 (24.1)	106	12.9 (11.5)	89	3.9 (4.0)	103	3.9 (5.8)	150
<i>M. cavernosa</i>					1.8 (4.7)	263	27.3 (17.6)	64	8.1 (16.4)	203	7.2 (13.2)	183
<i>A. palmata</i>	4.9 (11.5)	234	33.9 (24.3)	72								
<i>P. astreoides</i>	7.7 (16.9)	219	18.6 (7.0)	38	2.1 (5.7)	270	3.3 (5.0)	151	0.9 (2.9)	316	0.3 (1.0)	316
<i>D. strigosa</i>	4.1 (11.6)	283	19.2 (31.8)	165	5.4 (5.6)	104	0.6 (1.3)	211			3.0 (9.5)	316
<i>M. oenoplata</i>	2.8 (6.3)	226	23.7 (13.5)	57	1.5 (4.7)	316			3.6 (11.4)	316		
<i>D. olivosa</i>	2.1 (8.0)	387	10.8 (10.6)	98	9.9 (13.6)	138	2.7 (6.1)	225				
<i>A. ageriales</i>	3.4 (12.0)	226					2.7 (3.3)	122	0.9 (2.0)	225	5.7 (15.1)	265
<i>D. stokesii</i>			2.7 (4.4)	161	2.7 (3.9)	143.0	1.2 (2.1)	175	0.3 (1.0)	316	2.1 (3.5)	166
<i>S. nichelini</i>							3.0 (5.8)	194	0.9 (2.0)	225	3.6 (9.5)	263
<i>P. porites</i>	4.3 (11.4)	265							0.3 (1.0)	316		
<i>M. meandrius</i>					6.3 (15.4)	244						
<i>H. oculata</i>									0.9 (2.9)	316	2.4 (5.1)	211
<i>D. labyrinthiformis</i>							0.9 (3.8)	422			2.4 (7.6)	316
<i>C. natans</i>									2.1 (6.6)	316		
<i>S. radians</i>					0.9 (2.9)	316	0.6 (1.9)	316				
<i>A. oenicornis</i>	0.8 (3.0)	375										
<i>F. fragum</i>	0.2 (0.8)	375										
<i>M. angulosa</i>	0.2 (0.8)	375										

Tabla 7. Número de especies de coral (S), porcentaje de cobertura (% COB.) y valores de diversidad ($H' \ln$) registradas en diferentes arrecifes coralinos del Atlántico Oeste. (Modificado de Goldberg 1973 y Jaap *et al.* 1989).

LUGAR	PROF. (m) (rango)	S	% COB. (rango)	H' (rango)	FUENTE
Grand Bahama Is.	1-73	43	0-60.2	-	Jaap (en Jaap 1988)
Barbados	9-48	34	5.0-45.0	-	Ott, 1975
Panamá (Caribe)	5-25	53	-	1.0-2.4	Porter, 1972
Jamaica	1-56	26	0.8-62.0	0.8-2.1	Liddell y Ohlhorst, 1987
Florida	16-30	27	-	1.0-2.4	Goldberg, 1973
Puerto Rico	6-20	21	30.3-81.4	1.8-2.2	Loya, 1976
Pto. Morelos	1-20	32	1.9-42.4	1.0-2.3	Jordán, 1980
Pto. Morelos	1-20	29	1.4- 6.4	1.5-2.1	Rodríguez (este estudio)

Tabla 8. Indicadores de estructura comunitaria en el perfil arrecifal de Pto. Morelos (1978-79). (S = especies; # Col.= número de colonias; Cob.(%)= porcentaje de cobertura (media \pm desviación estandard); H'c = índice de Shannon; Var H'c = varianza del índice de Shannon; C' = índice de Simpson; J'= equitabilidad).

Zona	Muestra (m)	S	# Col.	Cob.(%)	H'c	Var H'c	C'	J'
Posterior	1720	25	378	42.4 \pm 22.1	1.0089	0.0001	0.574	0.318
Rompiente	200	12	224	28.1 \pm 18.2	1.4046	0.0005	0.343	0.565
5 metros	200	15	58	3.8 \pm 5.5	2.1491	0.0031	0.154	0.794
10 metros	200	15	175	8.4 \pm 3.1	2.2773	0.0011	0.131	0.841
15 metros	200	14	75	7.5 \pm 9.9	1.7530	0.0025	0.262	0.664
20 metros	200	11	44	1.9 \pm 2.4	2.0291	0.0055	0.175	0.846
TOTAL	2720	31	954					

Tabla 9. Especies reportadas en 1979-80 que no fueron observadas en 1989-90 con sus respectivos porcentajes de cobertura (% COB.) y valores de importancia relativa (I.R.), para cada zona arrecifal.

POSTERIOR	% COB.	I.R.	ROMPIENTE	% COB.	I.R.
<u>Dichocoenia stokesii</u>	0.24	1.31	<u>Agaricia agaricites</u>	1.60	1.6
<u>Montastrea cavernosa</u>	0.18	0.75	<u>Porites porites</u>	1.07	2.3
<u>Colpophyllia natans</u>	0.05	0.16	<u>Porites branneri</u>	0.39	1.8
<u>Porites branneri</u>	0.04	0.29	<u>Favia fragum</u>	0.15	1.6
<u>Meandrina meandrites</u>	0.03	0.15	<u>Porites furcata</u>	0.10	0.8
<u>Stephanocoenia michelinii</u>	0.01	0.27	<u>Montastrea cavernosa</u>	0.10	0.8
<u>Siderastrea radians</u>	0.003	0.13			
5 METROS			10 METROS		
<u>Acropora cervicornis</u>	10.99	7.0	<u>Acropora cervicornis</u>	16.69	12.4
<u>Porites porites</u>	6.03	10.8	<u>Porites branneri</u>	4.86	5.6
<u>Agaricia agaricites</u>	3.90	5.7	<u>Porites porites</u>	4.70	5.6
<u>Solenastrea bournoni</u>	2.48	2.4	<u>Meandrina meandrites</u>	2.59	2.0
<u>Colpophyllia natans</u>	1.42	2.1	<u>Acropora palmata</u>	1.30	1.0
<u>Solenastrea hyades</u>	1.06	2.0	<u>Millepora complanata</u>	0.65	1.9
<u>Montastrea annularis</u>	0.71	1.9			
<u>Porites divaricata</u>	0.71	1.9			
15 METROS			20 METROS		
<u>Meandrina meandrites</u>	4.72	5.4	<u>Diploria clivosa</u>	7.80	7.4
<u>Diploria strigosa</u>	4.54	7.2	<u>Porites porites</u>	4.26	8.3
<u>Acropora cervicornis</u>	1.45	2.8	<u>Acropora cervicornis</u>	4.26	3.5
<u>Eusmilia fastigiata</u>	0.36	1.3			

Tabla 10. Comparación estadística de algunos indicadores de estructura comunitaria en el arrecife de "Puerto Morelos", entre 1978 y 1990.

Año	No. de especies		No. de colonias		Cobertura (cm)		Diversidad (H')	
	1979	1990	1979	1990	1979	1990	1979	1990
POSTERIOR								
Media			4.4	7.2	311.8	92.4	1.03	1.56
STD				6.5		94.0	0.01	0.06
Prueba "t"				0.41		36.24*		9.1217*
ROMPIENTE								
Media	5.5	4.8	22.4	14.0	562.9	128.7	1.41	1.80
STD	1.8	1.2	11.1	7.8	363.2	46.5	0.02	0.02
Prueba "t"	1.000		1.9580		3.7500*		12.6080*	
FRONTAL 5m								
Media	3.2	3.3	5.8	5.1	76.7	53.4	2.15	1.72
STD	3.3	1.2	6.4	2.2	110.2	30.3	0.06	0.07
Prueba "t"	0.0914		0.3254		0.6448		4.8131*	
FRONTAL 10m								
Media	8.7	4.2	17.5	6.6	168.5	61.2	2.28	1.73
STD	1.5	1.3	4.6	2.9	62.0	24.2	0.03	0.07
Prueba "t"	7.1450*		6.3775*		5.0995*		6.7811*	
FRONTAL 15m								
Media	4.8	2.2	7.5	3.6	150.4	27.6	1.75	1.98
STD	2.4	2.6	5.1	5.2	197.8	47.0	0.05	0.09
Prueba "t"	2.3391*		1.7014		1.9104		2.1234*	
FRONTAL 20m								
Media	2.6	2.4	4.4	2.4	38.4	39.9	2.03	2.10
STD	2.5	2.6	5.1	2.9	50.5	67.1	0.07	0.05
Prueba "t"	0.1756		1.0762		0.0565		0.7300	

Hipótesis:

Ho: Los parámetros entre los años fueron similares.

* Rechazar Ho, $\alpha = .05$

Los datos de la zona posterior en 1980 fueron estandarizados a un tamaño de muestra de 320 m. La prueba estadística aplicada a los datos de esta zona fue diferente (ver texto).

Tabla 11. Comparación estadística de la cobertura lineal de los 5 constructores arrecifales más importantes en 1978-79 en cada una de las zonas y niveles del arrecife de Puerto Morelos, y sus respectivos valores de Importancia Relativa (I.R.).

ZONA POSTERIOR	AÑO	I.R.	MEDIA	STD	(t)
A. <u>palmata</u>	'78-79	46.2	634.0		53.21*
	'89-90	6.2	4.9	11.0	
M. <u>annularis</u>	'78-79	11.7	117.0		0.68
	'89-90	44.2	53.4	89.7	
P. <u>astreoides</u>	'78-79	6.2	13.6		0.34
	'89-90	13.4	7.7	16.9	
A. <u>agaricites</u>	'78-79	5.1	14.4		0.89
	'89-90	3.3	3.4	12.0	
D. <u>strigosa</u>	'78-79	5.3	13.1		0.75
	'89-90	4.6	4.1	11.6	
ZONA DE ROMPIENTE					
A. <u>palmata</u>	'78-79	32.3	289.0	231.4	3.46*
	'89-90	22.4	33.9	24.3	
M. <u>complanata</u>	'78-79	24.5	143.2	131.5	2.86*
	'89-90	19.0	23.7	13.5	
D. <u>strigosa</u>	'78-79	5.4	15.5	25.4	0.29
	'89-90	11.3	19.2	31.8	
P. <u>astreoides</u>	'78-79	14.7	55.6	55.3	2.10
	'89-90	19.6	18.6	7.0	
D. <u>clivosa</u>	'78-79	10.2	30.8	30.8	1.95
	'89-90	10.1	10.8	10.6	
ZONA FRONTAL (5m)					
S. <u>siderea</u>	'78-79	21.6	17.9	21.5	0.48
	'89-90	37.0	22.8	24.1	
D. <u>strigosa</u>	'78-79	15.1	19.6	48.4	0.92
	'89-90	15.7	5.4	5.6	
M. <u>cavernosa</u>	'78-79	8.2	8.7	22.5	0.95
	'89-90	4.5	1.8	4.7	
- P. <u>porites</u> (I.R. = 10.8) y A. <u>cervicornis</u> (I.R. = 7.0) no se registraron en 1990.					

Cont. tabla 11

FRONTAL 10m

<i>D. strigosa</i>	'78-79	18.3	35.2	14.4	7.57*
	'89-90	4.1	0.6	1.3	
<i>M. cavernosa</i>	'78-79	13.2	24.3	11.6	0.45
	'89-90	34.4	27.3	17.6	
<i>A. agaricites</i>	'78-79	10.1	11.3	8.2	3.07*
	'89-90	8.0	2.7	3.3	
<i>S. siderea</i>	'78-79	9.5	13.2	11.2	0.06
	'89-90	22.0	12.9	11.5	

- *A. cervicornis* (I.R. = 12.4) no se registró en 1990.

FRONTAL 15m

<i>M. cavernosa</i>	'78-79	26.4	46.6	40.8	2.76
	'89-90	22.4	8.1	16.4	
<i>M. annularis</i>	'78-79	20.6	59.5	137.9	1.22
	'89-90	14.5	5.7	12.5	
<i>S. siderea</i>	'78-79	9.8	6.1	7.3	0.84
	'89-90	23.1	3.9	4.0	
<i>D. stokesii</i>	'78-79	8.3	4.5	4.7	2.79*
	'89-90	2.8	0.3	0.9	

- *D. strigosa* (I.R. = 7.2) no se registró en 1990.

FRONTAL 20m

<i>S. siderea</i>	'78-79	27.8	13.3	16.7	1.68
	'89-90	16.3	3.9	5.8	
<i>D. strigosa</i>	'78-79	11.8	6.2	13.2	0.62
	'89-90	6.0	3.0	9.5	
<i>D. stokesii</i>	'78-79	15.0	4.3	7.2	0.87
	'89-90	9.2	2.1	3.5	

- *P. porites* y *S. bournoni* no se registraron en 1990.

Ho: La cobertura de las especies fue similar en ambos períodos de muestreo.

* Rechazar Ho, $\alpha = .05$