

180
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

IMPACTO DE UN HURACAN EN LA COMPO-
SICION ESPECIFICA Y DISPOSICION
ESPACIAL DE GORGONACEOS EN
UNA REGION DEL ARRECIFE DE
PUERTO MORELOS, Q. R.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

PAOLA MARIA ROMERO CRESPO

ABRIL 1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

Resumen

I. Introducción	1
1.1 Formación de arrecifes coralinos	1
1.2 Importancia de los arrecifes coralinos	1
1.3 Importancia de los gorgonáceos	2
1.4 Los huracanes como perturbación	3
- Objetivos	4
II. Antecedentes	5
2.1 Ecología de corales arrecifales	5
2.2 Daños por huracanes a los arrecifes	5
2.3 El arrecife de Pto. Morelos	7
III. Area de estudio	8
3.1 Distribución y características de los arrecifes del Caribe	8
3.2 Arrecife de Pto. Morelos	8
3.3 Clima	10
IV. Material y Método	12
4.1 Anterior al huracán	12
4.2 Posterior al huracán	12

4.2.1 Trabajo de campo	12
4.2.2 Trabajo de laboratorio	14
4.2.3 Análisis de resultados	14
V. Resultados	18
5.1 Composición específica	18
5.2 Diversidad	18
5.3 Índice de similitud	24
5.4 Reclutamiento	24
5.5 Análisis de altura	27
5.6 Disposición espacial	29
VI. Discusión	30
6.1 Composición específica	30
6.2 Diversidad	32
6.3 Índice de similitud	34
6.4 Reclutamiento	35
6.5 Análisis de altura	37
6.6 Disposición espacial	37
VII. Conclusiones	39
VIII. Bibliografía	41

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo de la comunidad de gorgonáceos en ciertos puntos de la barrera arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo antes y después del paso del huracán Gilberto en 1988. Se evaluaron los parámetros de diversidad, densidad, riqueza específica y disposición espacial, así mismo, se registró la altura de las colonias sobrevivientes.

El método de muestreo utilizado fueron seis cuadrantes de veinte por veinte metros cada uno, divididos en cien unidades de dos por dos metros, en los cuales se registró el número de colonias y especies presentes en cada unidad; en cada cuadrante se tomaron las medidas de altura de algunas colonias.

Se observaron cambios en la densidad de colonias al igual que en el número de especies. La diversidad cambió en todas las zonas de estudio a excepción de la laguna. El patrón de diversidad indica que el valor mínimo lo presenta la rompiente arrecifal que es la zona más somera y expuesta al impacto del huracán, y ese valor se incrementa conforme aumenta la profundidad.

Por otro lado, se observó que existe un alto reclutamiento de gorgonáceos siendo más de 50% las colonias jóvenes que se encuentran en el Arrecife frontal. Las principales especies colonizadoras son *Pseudoterogorgia americana* y *Ptreogorgia citrina*.

En lo que respecta a la altura de las colonias sobrevivientes, existe un gradiente donde las colonias más pequeñas corresponden a sitios donde la perturbación fue más severa, mientras que las más altas están ubicadas en zonas protegidas y profundas.

Los daños del huracán son impredecibles, estos dependen de la intensidad de las tormentas, ubicación del lugar, profundidad, tipos de habitat, etc.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 FORMACIÓN DE ARRECIFES CORALINOS

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más productivos y diversos en la naturaleza. Aunque las aguas oceánicas tropicales son pobres en nutrientes, los ambientes de los arrecifes coralinos están entre los de mayores tasas de fijación fotosintética de carbono, fijación de nitrógeno y disposición de caliza, comparados con otros ecosistemas. Su alta productividad se debe al reciclaje biológico eficiente, a una gran retención de nutrientes y a su estructura, la cual provee diversos habitats a una gran cantidad de organismos (Goreau y Goreau, 1973).

Los arrecifes coralinos son construidos principalmente por corales hermatípicos, que van depositando un exoesqueleto de carbonato de calcio, sin embargo muchos otros animales del arrecife así como algas contribuyen con altos porcentajes de producción de estos carbonatos. Los corales son los formadores de una matriz en la cual quedan atrapados sedimentos de diverso origen, los que por litificación forman la masa calcárea de la estructura arrecifal (Goreau y Goreau, 1979).

El desarrollo de los arrecifes coralinos está limitado a las regiones tropicales del mundo, entre los 30°N y 30°S de latitud. Su distribución queda limitada a las aguas claras poco turbias de 27 grados centígrados en promedio (IUNC, 1988).

1.2 IMPORTANCIA DE LOS ARRECIFES CORALINOS

Los arrecifes coralinos son importantes para el hombre debido a que son útiles en diversas ramas industriales como la pesquera; éstos sirven de habitat a algunas especies que son explotadas, como peces, moluscos y crustáceos. En algunas costas o islas pequeñas dichos productos representan la principal fuente alimenticia. La pesca recreativa así como el buceo SCUBA son deportes que se practican en los arrecifes coralinos de las islas del Caribe e Indopacífico (IUCN, 1988).

Los depósitos calcáreos de los arrecifes son utilizados para la fabricación de materiales de construcción. El coral negro y rojo se utilizan en la joyería, los corales duros (hexacorales) y conchas de moluscos son utilizados para la decoración de interiores. Las esponjas y los gorgonáceos son utilizados por la

industria farmacéutica para la elaboración de antibióticos o de compuestos hormonales (IUCN, 1988).

1.3. IMPORTANCIA DE LOS GORGONACEOS

En la región del Caribe los gorgonáceos son uno de los grupos más conspicuos y probablemente son importantes componentes de la biota de los arrecifes coralinos, debido a su número y tamaño (Kinzie, 1973). Son fáciles de reconocer por su grande talla y color llamativo, la mayoría de las especies encontradas en los arrecifes pertenecen a dos familias: Gorgoniidae y Plexauridae (Opresko, 1973).

No son verdaderos constructores arrecifales aunque sus espículas constituyen una porción significativa de las arenas (Opresko, 1973). Ocupan una gran parte del sustrato del arrecife; de igual manera juegan un papel importante en las interacciones biológicas que determinan parte de la estructura y organización comunitaria (Kaplan, 1982).

Los gorgonáceos sirven de refugio a otros animales arrecifales como peces, estrellas de mar, ofiuridos y algunos moluscos que los usan como sustrato permanente (Grigg, 1977).

Debido a su abundancia, se podría pensar que son presa de varios carnívoros arrecifales, sin embargo, solo algunos animales se alimentan de ellos como son los gasterópodos *Cyphoma*, *Neosinnia*, el poliqueto errante *Hermodice carunculata*, el pez Pomacéntrido *Hypsypops* y algunos Chaetodontidos. La baja depredación de estos organismos puede deberse en parte a que producen sustancias nocivas para otros animales. Se sabe que la alelopatía juega un papel importante en los mecanismos de exclusión y el control de la estructura comunitaria en varios ecosistemas (Grigg, 1977).

Investigaciones recientes han mostrado que productos derivados del metabolismo de los gorgonáceos son eficaces bactericidas, por lo que últimamente se están haciendo varios estudios farmacológicos al respecto, además *Plexaura homomalla* produce prostaglandinas que funcionan como las hormonas en los mamíferos por esta razón estaban siendo utilizadas en la industria farmacéutica para la fabricación de anticonceptivos, pero actualmente ya es posible sintetizarlas (Weinheimer y Spraggins, 1969).

Por otro lado los abanicos de mar del género *Gorgonia sp.* son usados como ornato y otros son explotados en joyería como *Corrallium rubrum* (Grigg, 1977).

Desde el punto de vista turístico los gorgonáceos son importantes como formadores del paisaje en los arrecifes que son visitados por personas que realizan buceo.

1.4 LOS HURACANES COMO PERTURBACIONES

Se sabe que las perturbaciones físicas pueden causar cambios en la diversidad y estructuración de las comunidades arrecifales (Sousa, 1984). Los huracanes son considerados agentes perturbadores, por lo mismo se han realizado diversos estudios después del paso de un huracán con el objeto de conocer cual es el impacto de éstos en las comunidades arrecifales (Stoddart 1962; Woodley, 1980; Begon *et al.*, 1986).

Se entiende por perturbación un evento que varía en espacio, intensidad y tiempo provocando la muerte, desplazamiento o daño de uno o más organismos que directa o indirectamente dan oportunidad a otros nuevos de llegar a establecerse (Sousa, 1984).

Una perturbación es ocasionada por componentes físicos y biológicos del ambiente. Cualquier perturbación tendrá efectos en la diversidad y estructura de las comunidades de animales y plantas (Rogers *et al.*, 1982).

Esta es considerada un desastre cuando los eventos son tan frecuentes o bien tan intensos en la vida de poblaciones que ejercen presión selectiva dejando su registro en los cambios evolutivos; por el contrario será considerada una catástrofe cuando la perturbación sea tan poco frecuente que la población haya perdido su memoria genética del evento para cuando este ocurra de nuevo (Begon *et al.*, 1986).

En el ambiente marino los movimientos de las aguas ejercen fuerzas mecánicas sobre los organismos sésiles, por lo tanto son considerados como un agente importante de perturbación. Por ejemplo, partículas en suspensión (sedimentos) u objetos grandes transportados por el oleaje (pedacera de coral) pueden golpear, enterrar o causar abrasión a los organismos sésiles. La muerte de colonias da oportunidad al reclutamiento de nuevas colonias. Los efectos de una perturbación depende de las características fisiológicas y morfológicas de los organismos y las propiedades del sustrato al cual los organismos estén fijados (Sousa, 1984).

Se sabe que los huracanes causan enormes daños a los arrecifes coralinos, estos pueden ser tan intensos que constituyen catástrofes para los corales pues estos tardan en recuperarse hasta diez o veinte años (Woodley, 1980; Stoddart, 1962). Sin embargo los efectos de los huracanes en las comunidades arrecifales, dependerán de los diferentes tipos de habitats, profundidad, intensidad de las tormentas, por lo que no siempre serán catastróficos. Aunque dichas tormentas tropicales son estacionales, los efectos son impredecibles.

Los huracanes se forman y desarrollan en los mares tropicales del Atlántico Occidental, durante el verano principalmente, cuando la temperatura del mar es

mayor a 26 grados centígrados. Presentan vientos con velocidades superiores a 74 mph. En la región del Indopacífico son conocidos como tifones (Palmen, 1948).

Las zonas más abatidas por huracanes en nuestro país son las costas de Quintana Roo. La mayoría de los huracanes provienen del Caribe oriental. La actividad ciclónica empieza en el mes de agosto (trayectoria del N), en septiembre (con trayectorias de ESE o SE) se da una mayor actividad, seguido por y octubre (trayectorias del N y S) donde vuelve a decrecer (Jauregui et al., 1980).

Uno de los huracanes más fuertes en la década de los ochentas fué el huracán Gilberto con vientos de hasta 199 mph, el cual atravesó la barrera arrecifal de Puerto Morelos el 15 de Septiembre de 1988 pasando el ojo del huracán por dicha zona. (Ojo= la zona del huracán donde la velocidad puede decrecer hasta 15 mph, y ésta irá aumentado hacia afuera.)

Debido a que las perturbaciones físicas causan cambios en la diversidad y estructuración de comunidades es importante conocer el efecto del huracán Gilberto sobre las diferentes comunidades en el arrecife de Puerto Morelos Quintana Roo; en este caso, los gorgonáceos. Este estudio se realizó en ciertos puntos de la barrera arrecifal.

Los objetivos particulares son evaluar algunos parámetros de la comunidad de gorgonáceos como son la diversidad, densidad, riqueza específica y disposición espacial; se comparan las diferencias de estos parámetros antes y después del paso del huracán Gilberto para poder conocer los efectos del mismo sobre dicha comunidad.

Por otro lado se analiza la altura de las colonias adulto que se encuentran en las áreas de estudio después del paso del huracán. Posiblemente exista un patrón en las tallas de las colonias sobrevivientes que esté ligado con los efectos de dicha catástrofe.

II. ANTECEDENTES

2.1 ECOLOGÍA DE CORALES ARRECIFALES

El desarrollo de trabajos sobre arrecifes coralinos se ha ido incrementado con el objeto de obtener los mejores métodos de conservación de estos sistemas ecológicos tan diversificados y provechosos para el hombre.

Se conocen algunos trabajos de interés ecológico donde se explica la formación de los arrecifes así como algunos aspectos morfológicos y fisiológicos de los mismos (Stoddart, 1962; Goreau y Goreau, 1979).

Otros estudian los patrones de diversidad, así como la zonación de los arrecifes coralinos (Porter, 1972; Huston, 1985; Lara, 1989; Padilla, 1989).

Existen diversos trabajos sobre gorgonáceos; Opresko (1973) explica la abundancia y distribución de éstos, en el área de Miami, Florida; Goldberg (1973) estudió la composición específica, diversidad y zonación de los gorgonáceos, para la costa sureste de Florida.

Otros trabajos muestran la distribución y estructura ecológica de éstos corales (Kinzie, 1973; Preston y Preston, 1975; Muzik, 1982; Lasker y Coffroth, 1983, Jordán, 1989).

Grigg (1977) explicó la dinámica de poblaciones de dos especies de gorgonáceos, mientras que Rees (1972) y Birkeland (1974) estudiaron el efecto de las corrientes y oleaje en las colonias de gorgonáceos.

2.2 DAÑOS A LOS ARRECIFES CAUSADOS POR HURACANES

Debido a que la mayoría de los arrecifes están situados dentro de áreas de frecuente actividad ciclónica, éstos se ven afectados constantemente por huracanes (Stoddart, 1969).

El impacto que el huracán cause en el arrecife dependerá de su intensidad y duración al igual que de la localización, profundidad y topografía del arrecife (Woodley et al., 1981). De igual manera será diferente el efecto que tenga para cada taxón dependiendo de su localización, forma, construcción y talla (Yoshioka y Yoshioka, 1987).

Connell (1978) propone que tormentas periódicas de intensidad intermedia tienen importancia primaria en mantener una alta diversidad en los arrecifes

coralinos. Para arrecifes que son perturbados periódicamente por tormentas de intensidad intermedia, las tasas de crecimiento y calcificación arrecifal a largo plazo son más elevadas (Highsmith *et al.*, 1980).

Así pues, en algunos de los arrecifes que han sido perturbados por un huracán, se ve afectada la provisión, adquisición y retención de espacio en el sustrato para los organismos bentónicos, aumentando la superficie de sustrato disponible para la implantación de larvas de invertebrados o algas, decreciendo la exclusión competitiva y la complejidad estructural de la comunidad al igual que el porcentaje de coral vivo (Yoshioka y Yoshioka, 1987).

Durante un huracán los escleractinios masivos son divididos o derribados; los gorgonáceos y las esponjas son arrancados del sustrato, los corales ramificados son destrozados. Muchos peces resultan lastimados, cambia su comportamiento por algunos días, e inclusive algunos de ellos pierden su actividad territorial (Woodley *et al.*, 1981).

Varios trabajos tratan acerca de los daños causados a las comunidades arrecifales por huracanes, tal es el caso del estudio realizado por Glynn *et al.* en 1964, sobre el efecto que se produce en las comunidades de organismos marinos después de un huracán como el de "Edith", la supervivencia de la fauna y flora, y los cambios en su densidad. Estudia también las condiciones climatológicas que se llevan a cabo antes y durante el huracán.

Otros estudios tratan acerca de la sobrevivencia y tasas de recuperación de un arrecife afectado por un huracán como el de "Hattie" (Stodart, 1962) y "Gretta" (Highsmith *et al.*, 1980). Existe un estudio descriptivo de los daños inmediatos al huracán "Allen" (Woodley, 1980).

Knowlton (1981) explica las causas por las cuales se cree que existe una alta mortalidad después de un huracán ("Allen") concluyendo que se debe a una alta energía del oleaje y a cambios en la salinidad. Porter (1981) estudia los patrones de reclutamiento y mortalidad en el arrecife de Discovery Bay, Jamaica abatido por el huracán "Allen".

Woodley *et al.* en 1981 sugieren que la variación del daño del huracán "Allen" al arrecife de Discovery Bay, Jamaica dependió tanto de la posición y orientación del sustrato del arrecife, así como de la forma, tamaño y propiedades mecánicas de los organismos expuestos.

Por otro lado Rogers *et al.* (1982) describen como afectaron los huracanes "Frederic" y "David" a la equitabilidad y riqueza específica de la población de *Acropora palmata* de los arrecifes cercanos a St. Croix.

Por último, se conoce el trabajo de Yoshioka y Yoshioka (1987) que estudia las causas de mortalidad de la comunidad de gorgonáceos de los arrecifes de la costa sur de Puerto Rico después del huracán "David".

2.3 EL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS

En México, los estudios acerca de los arrecifes de coral son escasos y de poca difusión internacional, por lo que muy poco se conoce acerca de ellos y sus recursos. En su mayoría, las estructuras arrecifales del país son explotadas tanto por el turismo como por la pesca de producción y subsistencia, y también por la exploración y explotación petrolera en las áreas aledañas a dichas estructuras. Por esta razón constituyen un recurso natural apreciable para el país desde el punto de vista económico y de investigación (Lara, 1989).

En el Caribe mexicano, Jordán (1979) ha realizado trabajos con los arrecifes de esta zona en donde describe la estructura general y biota coralina del sistema arrecifal que se encuentra al Este de la península de Yucatán, encontrando tres tipos de desarrollo arrecifal: de barrera, bordeante y crecimiento dentro de caletas. Reporta también que la zonación de las especies más importantes de escleractinios es diferente a la de otras áreas del Caribe. Más tarde realiza un trabajo acerca de la estructura comunitaria y zonación de los gorgonáceos en los arrecifes coralinos de Yucatán (Jordán, 1989).

Existen otros trabajos entre los que destacan el de Otero (1988) sobre la caracterización de una comunidad coralina sobre un sustrato artificial dando ideas sobre las etapas de colonización de la misma; y Espejel (1983) acerca de las preferencias alimenticias del gasterópodo *Cyphoma gibbosum* sobre diferentes especies de gorgonáceos.

III. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ARRECIFES DEL CARIBE

Existen tres tipos principales de arrecifes coralinos: los costeros, los de barrera y los atolones (Goreau, y Goreau, 1979).

En el Caribe existen arrecifes de barrera en Belice, y Bahamas, ya que no hay verdaderos atolones, aunque si algunas estructuras arrecifales muy parecidas debido a su forma pero su origen no es del suelo marino sino que es de la plataforma continental (llamados basin o cup reefs) (IUCN, 1988). Los arrecifes del Golfo de México se consideran arrecifes costeros.

En las Antillas mayores y menores, se encuentran muchos de los arrecifes más importantes de la región. El desarrollo de los arrecifes es mayor en las islas pequeñas con baja precipitación pluvial y descarga de sedimentos como es en la Anegada, Barbuda, Antigua, St.Croix, Grand Terre y las Granadinas del Sur (IUCN, 1988).

En las aguas del centro y sur de América se reciben descargas fluviales, por lo que el desarrollo de corales es muy pobre, como en la parte suroeste del Atlántico influenciada por la descarga de los ríos Orinoco y Amazonas.

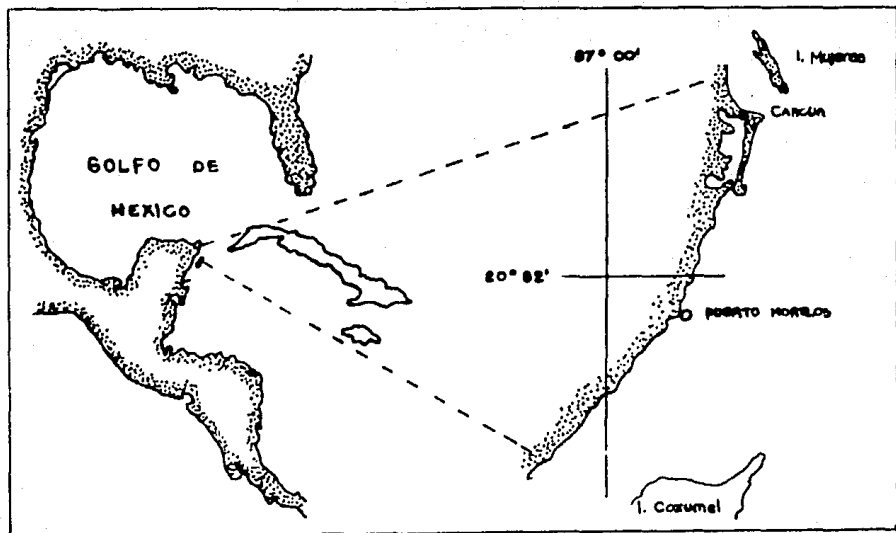
Se conocen cerca de setenta especies de corales hermatípicos escleractínicos y cuarenta y dos especies de octacorales para la región del Caribe (Colin, 1988; Jordan, 1989).

En general la salinidad de los arrecifes de esta región, aumenta en los meses de Enero a Mayo, disminuyendo de Junio a Diciembre (IUCN,1988).

3.2. ARRECIFE DE PUERTO MORELOS

La barrera arrecifal del caribe mexicano se extiende frente a las costas del estado de Quintana Roo al noreste de la península de Yucatán, esta es parte de una barrera arrecifal discontinua que corre desde Belice hasta el canal de Yucatán. Abarca una distancia aproximada de 300 km, desde punta Nizuc hasta banco Chinchorro (Otero, 1988).

El arrecife de Puerto Morelos se encuentra en la parte Noroeste de la península de Yucatán entre los 20 40' y 21 12' norte de latitud y 86 47' y 86 58' oeste de longitud (Mapa 1). De Puerto Morelos a Punta Maroma la barrera arrecifal



MAPA 1. Localización de Puerto Morelos, Quintana Roo.

se rompe, presentando un fondo marino arenoso. (Otero, 1988). El crecimiento de coral esta limitado por una pendiente muy suave y por la acumulación y resuspensión de sedimentos ocasionado por la acción del oleaje.

La zonación del arrecife está basada en la composición específica de escleractinios y en la topografía de la formación arrecifal (Jordán, 1979) como se describe a continuación:

1 Laguna.- Esta zona se caracteriza por presentar un ambiente protegido del impacto del oleaje y corrientes marinas por lo que presenta poca agitación, tienen un fondo arenoso, cubierto por la fanerogama marina *Thalassia testudinum*, aunque existen losas calcáreas donde la competencia por el sustrato es muy fuerte entre especies de algas, esponjas, pastos marinos y gorgonáceos.

2 Arrecife posterior.- Esta zona presenta una protección de la energía del oleaje debido a su cercanía con la rompiente la cual disipa dicha energía, existe cierta turbulencia que remueve los sedimentos constantemente. Es característico de esta zona tanto los escleractinios como los gorgonáceos, por lo que se lleva una competencia por el sustrato entre las colonias de éstos principalmente.

3 Rompiente.- Existe una gran energía del oleaje por lo que no hay acumulación arenosa, constantemente se recibe el impacto del oleaje y una fuerte resaca. El ambiente es considerado como severo. Existen grandes bancos de *Acropora palmata* y el hidrocoral *Millepora complanata* también esta presente.

4 Arrecife frontal.- Es la parte del arrecife que queda expuesta a mar abierto, caracterizado por tener una pendiente regular muy suave, una abundancia alta de gorgonáceos y poca cobertura de coral vivo y falta de estructuras como montículos y canales.

5 Plataforma arenosa.- Solo hay arena y eventualmente algas calcáreas, esta se encuentra a 25m de profundidad.

Existe gran variabilidad topográfica, geográfica, de condiciones físicas principalmente profundidad, entre y dentro de las zonas a lo largo de la barrera, por lo que ésta es muy irregular.

3.3 CLIMA

La región de Puerto Morelos presenta un clima cálido-subhúmedo clasificándose AW (Koeppen modificado por García en 1964). La temperatura media anual es de veintiseis grados centígrados (Otero, 1988). La precipitación pluvial es máxima en los meses de verano. Los aportes de agua dulce en el área se deben a lagunas y cenotes localizados principalmente hacia el sur, dada la ausencia de ríos (Jordán, 1979).

En la zona de estudio las mareas son mixtas y de poca amplitud. La corriente superficial marina se desplaza en dirección norte.

El tipo de sustrato de la región en su mayoría está constituido de carbonato de calcio.

Los vientos dominantes durante el año provienen del este y sureste, aunque en mayo y octubre es común que existan vientos predominantes del norte. El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la zona ciclónica tropical del Caribe.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 ANTERIOR AL HURACÁN

El método empleado en el muestreo realizado antes del huracán Gilberto fué diseñado por Espejel en el año de 1981. Su estudio tuvo como objetivo principal analizar las preferencias del gasterópodo *Cyphoma* (depredador) por los gorgonáceos (presa) por lo que fué necesario conocer la distribución de estos organismos en el arrecife. Realizó estimaciones de la dispersión de *Cyphoma* en función de los gorgonáceos ocupados. (Espejel, 1983).

El método de muestreo utilizado fueron seis cuadrantes; uno para cada zona arrecifal, realizando tres cuadrantes para el área del arrecife frontal debido al gradiente de profundidad, cada uno de éstos mide veinte por veinte metros, dividido en cien unidades de dos por dos metros. En cada unidad, se registró el número de individuos del gasterópodo *Cyphoma* sobre el número de colonias y especies de gorgonáceos. Los cuadrantes no tuvieron ningún alineamiento en particular, ya que se tiraron donde se encontrara un parche abundante de gorgonáceos.

El arrecife se dividió para su estudio en cuatro zonas principales:

- 1 zona de laguna (1.5-2.0m)
- 2 zona posterior (1.5m)
- 3 zona de rompiente (0.7m)
- 4 arrecife frontal 4.1 (2.0-4.0m)
4.2 (5.0-9.0m)
4.3(10.0-13m)

Para el análisis de los datos se utilizaron los índices

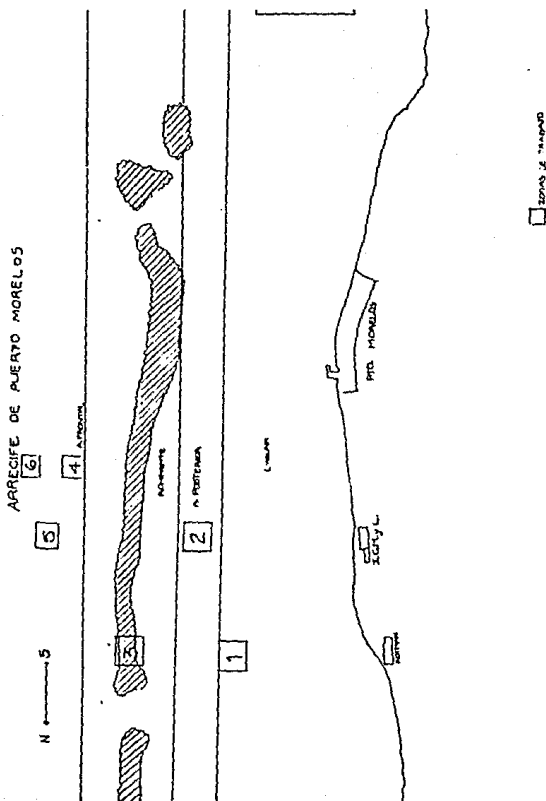
de diversidad de Shannon-Winner y Simpson, se empleó el índice de Brillouin, el de P.I.E.; para analizar las preferencias alimenticias se trabajó con el índice de Ivlev y los índices de ocupación. Para más detalles ver Espejel (1983)

4.2. POSTERIOR AL HURACÁN

4.2.1 Trabajo de campo

Para el muestreo después del huracán Gilberto se trabajó en las mismas zonas y con el método empleado por Espejel (1983) registrando el número de colonias de gorgonáceos de cada especie presente en las cien unidades de cada cuadrante.

Los cuadrantes fueron delimitados por unas cuerdas fijadas con la ayuda de unos muertos de cemento, nuevamente no tuvieron ningún alineamiento. Las zonas de trabajo se localizaron confiablemente con las referencias que se tenían de los lugares; se contó con un mapa del arrecife de Pto. Morelos donde se marcaron las mismas zonas de estudio (Mapa 2). En total se realizaron seis cuadrantes (uno por área) cubriendo un área total de 2400 metros cuadrados.



MAPA 2. Localización de las zonas de estudio (1=Laguna, 2=Arrecife Posterior, 3=Arrecife, 4=Arrecife Frontal a 2m de profundidad, 5=A. posterior a 5m de profundidad, 6=A. Frontal a 10m de profundidad).

El muestreo se llevó a cabo de mayo a septiembre de 1990, realizándose mediante buceo libre en la rompiente y buceo autónomo para las zonas restantes. Los datos del número de colonias y especies fueron tomados dentro del agua en una tablilla de acrílico, y posteriormente se elaboró a una base de datos con la ayuda del programa de computación lotus (123).

En el cuadrante de cada zona se tomaron medidas de la altura de las colonias de gorgonáceos, midiendo como máximo cien colonias, aunque en algunas zonas no se pudieron medir tantas debido a su escases, esto se realizó con la ayuda de una cinta métrica. La medida se tomo de la base de fijación a la punta más alta de la colonia.

Por último, para las zonas del arrecife frontal se diferenciaron las colonias adultas y jóvenes de las colonias reclutas, basándose en el criterio seguido por Opresko (1974) y Grigg (1977) en donde organismos de 0 a 10cm son considerados como colonias jóvenes recientemente reclutadas.

El reconocimiento de las especies se realizó *in situ*.

4.2.2 Trabajo de laboratorio

De aquellas especies que no fue posible identificarlas en el campo, se tomó una muestra y se realizó su identificación en el laboratorio con la ayuda de la clave de Bayer (1961).

Para ello se utilizó la morfología de la colonia, forma de crecimiento, su color tanto en vivo como en seco y se hicieron preparaciones de cortes de coral para la observación de espcleulas.

4.2.3 Análisis de resultados

Para realizar el análisis de datos se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener, Simpson y Riqueza específica.

Para conocer la disposición espacial se realizó el análisis por zonas, utilizando las técnicas estadísticas de varianza/media del número de colonias presentes en las cien unidades de cada cuadrante (Poisson) (Ludwig y Reynolds, 1988)

Se realizó un estudio con el índice de similitud para conocer que tan parecidas son las comunidades en cuanto a su composición específica de antes con las de después del paso del huracán.

En cuanto a los datos de la altura de las colonias, se realizó un análisis de varianza entre las seis zonas, para saber si existen diferencias significativas entre éstas.

Los análisis mencionados se realizaron para cada zona arrecifal y posteriormente se realizó un estudio comparativo tomando en cuenta los datos antes del huracán junto con los posteriores al huracán.

a. Índices de diversidad

Índice de Simpson

En 1949 Simpson introduce su medida de la diversidad, que se interpreta como la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar e independientemente en una muestra de la comunidad, sean de la misma especie.

Esto se define como:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S (n_i - 1)(N - 1)$$

donde, n=número de individuos de la especie

λ =probabilidad de que los individuos sean de la misma especie.

N=número de individuos totales de la muestra.

Si N es suficientemente grande, entonces:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S (n_i/N)^2$$

La equitabilidad se cuantifica de la siguiente manera:

$$E = D_n / D_{\max}$$

$$D_n = 1 - \sum_{i=1}^S (n_i/N)^2$$

$$D_{\max} = S$$

Los valores de D van de cero (mínima diversidad) a S (máxima diversidad).

Índice de Shannon-Wiener

El contenido de la información es una medida de la magnitud de la incertidumbre, donde algunos autores igualan la incertidumbre con el concepto termodinámico de entropía. Según Washington (1984), la entropía es una forma de expresar la heterogeneidad de la población y por tanto de la diversidad.

El índice de Shannon-Wiener se define como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

donde:

P_i = proporción de individuos de la especie i

S = número de especies.

Los valores de H' oscilan entre cero y H_{max} definida como $\ln S$, que es igual a calcular H' cuando el número de individuos es igual para todas las especies. Para estandarizar y poder comparar los valores de diversidad entre muestras se calcula el valor de Equitabilidad que da idea de que tan cerca está la diversidad observada de la máxima teórica para esa comunidad en particular.

$$J = H' / H_{max}$$

Donde J = Equitabilidad.

Se calculó la varianza y el error estandar del índice de Shannon-Wiener, con estos datos se obtuvieron los límites de confianza, con el objetivo de conocer el rango de variación del valor de diversidad (Poole, 1974).

$$e.s. = \sqrt{VH' / N}$$

$$\text{Lim. conf.} = e.s. \times 1.96$$

b. Índice de similitud

El índice de similitud es utilizado para medir que tan parecida es una comunidad a otra en cuanto a su composición específica. Este va de 0 a 1.0 para cuantificar el área de distribución desde disimilitud total, hasta semejanza completa.

$$\text{índice de similitud} = \frac{2c}{a + b}$$

donde "a" y "b" son el número de especies de cada comunidad, y tienen en forma conjunta "c" número de especies (Krebs, 1978)

c. Distribución de Poisson

Para una distribución azarosa en un conjunto de organismos, el modelo de Poisson ($s=x$) expresa las probabilidades del número de individuos por unidad de muestreo bajo las siguientes condiciones: (1) cada unidad de muestreo natural tiene la misma probabilidad de hospedar a un individuo, (2) la ocurrencia de un individuo en una unidad de muestra no tiene influencia en su ocupación por otra, (3) cada unidad de muestreo esta disponible, y (4) el número de individuos por unidad de muestreo es relativamente bajo al máximo posible que pueda ocurrir en dicha unidad. Para computar estas probabilidades se necesita solo estimar el número promedio de individuos por unidad de muestreo (Ludwig y Reynolds, 1988).

Una particularidad interesante de la distribución de Poisson es el hecho de que la media y la varianza son iguales.

Las relaciones que existen entre la varianza y la media del número de individuos por unidad de muestreo esta influenciada por la dispersión de los individuos. En base a esto se pueden definir tres patrones:

- 1. Distribución al azar $v=x$
- 2. Distribución agregada $v>x$
- 3. Distribución uniforme $v<x$

d. Análisis de varianza

El análisis de varianza es una técnica mediante la cual la variación total presente en un conjunto de datos se distribuye en varios componentes. Con cada una de estas componentes está asociada una fuente específica de variación, de modo que en el análisis es posible averiguar la magnitud de las contribuciones de cada una de estas fuentes a la variación total. (Daniel, 1982).

V. RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a ciertas áreas específicas dentro del arrecife, por lo cual no pueden ser tomados como una aproximación del efecto que la perturbación provocó en toda la estructura, no obstante permiten evaluar el impacto causado en los puntos de muestreo.

5.1 COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

En la zona de estudio se registraron 31 especies de gorgonáceos antes del huracán, todas ellas simbióticas y típicas de ambientes someros arrecifales; mientras que solo se observaron 26 especies después de la catástrofe. Algunas de las especies que no se observaron después del huracán en las zonas de trabajo fueron *Pseudoplexaura crucis*, *Pseudoplexaura sp.*, *Plexaurella sp.*, *Muricea atlántica*, *Lophogorgia sanguinolenta*, *Pseudopterogorgia rigida*, y *Gorgonia marie* (Tab. 1a y 1b).

En las zonas que van de la rompiente hacia la línea de costa se observó la dominancia de las mismas especies tanto antes como después del huracán; *Pseudopterogorgia americana*, *Gorgonia flabellum* y *Eunicea tourneforti*; después del huracán *Briareum asbestinum* solo fue abundante en la laguna y en el arrecife posterior, *Eunicea mammosa* se presentaba con mayor frecuencia antes del huracán que en la actualidad.

En el arrecife frontal después del huracán, las especies dominantes a la profundidad de 2m fueron *P. americana* y *G. flabellum*, mientras que a 5 y 10m dominaron *P. cirina*, *P. americana* y *Pseudoplexaura porosa*. Anteriormente al huracán las especies que dominaban eran las mismas para el frontal a 2m mientras que a 5m de profundidad dominaba además *Muriceopsis flavida* (Tab. 1b).

En general tanto el número de especies como el número de individuos decreció después del huracán para todas las zonas de estudio a excepción de la laguna la cual presentó un incremento tanto en el número de especies como en el número de individuos (Fig. 5 y 6).

5.2 DIVERSIDAD

La tabla 2 contiene los valores de diversidad calculados para cada zona. Comparaciones de los índices de diversidad y equitabilidad de las comunidades

estudiadas antes y después del huracán, se muestran de la figura 1 a la 4. Las gráficas muestran que después del huracán existe un patrón de diversidad en donde el valor mínimo lo presenta la zona de la rompiente, y a medida que las zonas arrecifales se van alejando de ésta la diversidad va aumentando. Los valores máximos se encuentran en la laguna y el arrecife frontal a 10m.

ESPECIES

	LAGUNA		A.POSTERIOR		ROMPIENTE	
	antes	despues	antes	despues	antes	despues
<i>Briareum asbestinum</i>	90	117	17	34	0	0
<i>Plexaura homomalla</i>	20	59	34	8	10	3
<i>P. flexuosa</i>	63	103	259	42	229	42
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	17	39	15	13	5	6
<i>P. crucis</i>	0	0	2	1	0	0
<i>Eunicea laxispica</i>	0	66	0	0	0	0
<i>E. mamosa</i>	78	15	96	6	32	2
<i>E. succinea</i>	0	2	3	3	0	0
<i>E. fusca</i>	0	52	0	0	0	0
<i>E. laciniata</i>	0	0	1	0	1	0
<i>E. touneforti</i>	83	139	223	89	42	49
<i>E. calyculata</i>	8	22	14	18	0	3
<i>Eunicea sp.</i>	0	0	0	12	0	0
<i>Muriceopsis flavida</i>	7	35	78	15	7	1
<i>Plexaurella dichotoma</i>	11	10	19	2	0	0
<i>P. grisea</i>	0	0	2	0	0	0
<i>P. pumila</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Muricea muricata</i>	31	112	238	25	31	10
<i>M. atlantica</i>	3	0	120	0	99	0
<i>Lophogorgia sanguinolenta</i>	0	0	0	0	164	0
<i>P. acerosa</i>	4	15	3	7	0	0
<i>P. americana</i>	86	267	111	109	26	8
<i>P. bipinata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Gorgonia flabellum</i>	99	457	838	64	1395	178
<i>G. ventalina</i>	0	42	0	0	1	0
<i>G. marie</i>	0	0	0	0	3	0
<i>P. citrina</i>	0	68	3	29	0	6
<i>P. anceps</i>	0	16	0	0	0	0
Total no. colonias	600	1636	2078	476	2045	307
Total no. especies	14	19	20	16	14	11

Tabla 1a.

Listado de especies con abundancias para antes y después del huracán Gilberto.

ESPECIES	FRONTAL (2m)		FRONTAL (5m)		FRONTAL (10m)	
	antes	despues	antes	despues	antes	despues
	<i>Briareum asbestinum</i>	0	1	0	6	81
<i>Plexaura hoanalla</i>	81	3	31	0	49	8
<i>P. flexuosa</i>	147	82	272	53	601	84
<i>Plexaura sp.</i>	0	0	0	0	9	2
<i>Pseudoplexaura porosa</i>	76	36	83	106	92	240
<i>P. crucis</i>	7	0	0	0	0	0
<i>Pseudoplexaura sp.</i>	0	0	0	0	27	0
<i>Eunicea laxispica</i>	0	2	0	23	6	14
<i>E. massosa</i>	47	0	71	22	410	3
<i>E. succinea</i>	26	24	39	0	25	0
<i>E. fusca</i>	0	4	0	3	3	25
<i>E. laciniata</i>	4	0	27	0	37	5
<i>E. touneforti</i>	393	1	469	11	230	24
<i>E. calyculata</i>	14	7	34	5	34	3
<i>Eunicea sp.</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Muriceopsis flavida</i>	19	12	203	38	689	28
<i>Plexaurella dichotoma</i>	0	0	4	0	102	0
<i>P. nutans</i>	0	0	0	1	0	8
<i>P. grisea</i>	0	0	0	1	0	13
<i>Plexaurella sp.</i>	0	0	16	0	27	0
<i>Muricea muricata</i>	0	3	9	127	44	46
<i>M. atlantica</i>	6	0	244	0	374	0
<i>Pseudopterogorgia rigida</i>	1	0	0	0	7	0
<i>P. acerosa</i>	14	7	26	2	84	6
<i>P. americana</i>	445	259	655	344	1145	387
<i>P. bipinata</i>	2	0	0	5	10	2
<i>Gorgonia flabellum</i>	703	167	150	22	308	61
<i>G. ventralina</i>	0	0	0	0	0	5
<i>P. citrina</i>	57	54	807	568	194	317
<i>P. anceps</i>	0	0	13	6	25	0
Total no. colonias	2042	662	3154	1343	4614	1362
Total no. especies	17	15	19	18	26	21

Tabla 1b.

Listado de especies con abundancias para antes y despues del huracan Gilberto.

Para la rompiente después del huracán es donde se encuentran los valores más bajos de riqueza específica y densidad mientras que la laguna presentó los valores más altos (Tab. 2).

TABLA 2
PARÁMETROS DE DIVERSIDAD PARA ANTES Y DESPUÉS DEL HURACÁN.
(N=No. de individuos, S=No. de especies, D=Índice de Simpson, E=Equitabilidad, H=Índice de Shannon-Wiener, J=Equitabilidad, vH=Varianza del Índice de Shannon-Wiener, i.c.=Límites de confianza de Shannon-Wiener).

Antes	N	S	D	E	H	J	vH	i.c.
Laguna	0600	14	8.15	0.58	2.25	0.85	8E-4	6E-6
A.posterior	2078	20	4.69	0.22	1.97	0.64	6E-4	3E-5
Rompiente	2045	14	2.05	0.15	1.20	0.45	8E-4	3E-5
Frontal(2m)	2042	17	4.69	0.22	1.97	0.63	6E-4	3E-5
Frontal(5m)	3154	19	6.57	0.34	2.18	0.73	3E-4	1E-5
Frontal(10m)	4606	26	7.91	0.30	2.41	0.74	2E-4	6E-6
Después								
Laguna	1636	19	7.49	0.39	2.39	0.81	6E-4	3E-5
A.posterior	0476	16	7.73	0.48	2.31	0.83	1E-3	1E-4
Rompiente	0307	11	2.62	0.24	1.38	0.57	4E-3	5E-4
Frontal(2m)	0662	15	4.11	0.27	1.74	0.64	2E-3	1E-4
Frontal(5m)	1323	18	3.69	0.20	1.69	0.58	1E-3	5E-5
Frontal(10m)	1362	21	5.62	0.26	2.09	0.66	9E-4	5E-5

Para la zona de la laguna después del huracán se apreció un incremento de la diversidad (Fig. 1-4), debido a que el incremento fué muy pequeño, se realizó una prueba de "t" con el objeto de saber si existen diferencias significativas o se deben al azar. El número de individuos y la riqueza específica aumentaron (ver Fig. 5 y 6), sin embargo los valores de equitabilidad disminuyeron; existiendo un aparente predominio de *G. flabellum*. Se observó también un reclutamiento alto de *P.americana* y de *P.citrina*. Otras especies comunes fueron *E.tourneforti*, *B.asbestinum*, *Muricea muricata* y *Plexaura flexuosa* (Tab. 1a).

En la zona de la rompiente se nota una marcada disminución en el número de colonias y especies (ver Fig. 5 y 6), hubo especies que fueron completamente desplazadas como *L.sanguinolenta* (ver Tab. 1a). Para esta zona es notable el bajo valor de la diversidad; observándose un alto reclutamiento de *G.flabellum*.

Dentro del área de muestreo en la rompiente, se observaron varias colonias de *Acropora palmata* volteadas y corales escleractinios masivos desprendidos de

su sustrato. Algunas de las especies de gorgonáceos abundantes fueron *P.flexuosa* y *E.tourneforti* (ver Tab. 1a).

En el arrecife posterior después del huracán, el decremento en el número de organismos fué de más del 50%, las colonias reclutas que mostraron un evidente predominio fueron de *P.americana*, algunas de las especies más comunes fueron *E.tourneforti*, *G.flabellum* y *P.flexuosa* (Tab. 1a). En esta zona se observó mucha pedacería de corales escleractinios y sedimentos que están siendo removidos constantemente por la agitación del oleaje.

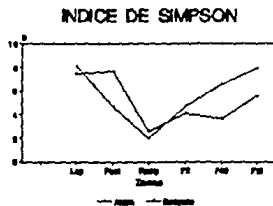


Figura 1. Diversidad de gorgonáceos antes y después del huracán para las seis zonas arrecifales.

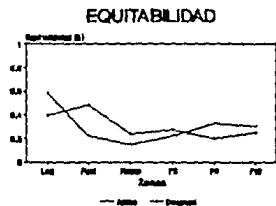


Figura 2. Valores de equitabilidad de las especies de gorgonáceos antes y después del huracán para las seis zonas arrecifales.

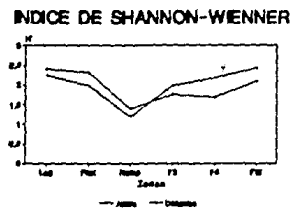


Figura 3. Diversidad de gorgonáceos antes y después del huracán para las seis zonas arrecifales.

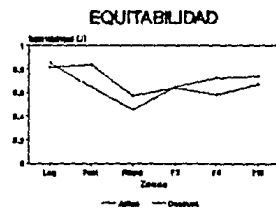


Figura 4. Valores de equitabilidad de las especies de gorgonáceos antes y después del huracán para las seis zonas arrecifales.

(lag= laguna, post= arrecife posterior, romp= rompiente, f2= arrecife frontal a 2m, f5= a. frontal a 5m, f10= a. frontal a 10m)

En el arrecife frontal a 2m de profundidad, la diversidad aumentó después del huracán (Fig. 1-4), pero tanto el número de individuos como el número de especies disminuyeron (Fig. 5 y 6). Aquí se aprecia una alta tasa de reclutamiento dada principalmente por *P. americana* y *G. flabellum* (ver Fig. 9). Se encontraron pocas colonias adultas, la mayoría de *P. porosa*, los gorgonáceos de esta zona son reclutas en general, las especies que antes mostraban cierta dominancia como *P. flexuosa*, *E. tourneforti* y *G. flabellum* quedaron desplazadas (Tab. 1b).

Riqueza específica

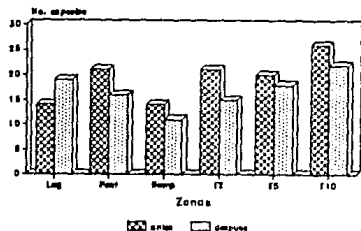


Figura. 5 Se muestra el número de colonias de gorgonáceos antes y después del huracán.

Densidad

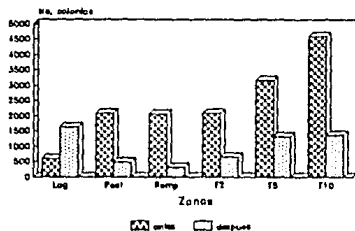


Figura. 6 Se presentan el número de especies reportadas para las 6 zonas arrecifales antes y después del huracán.

Para el caso del arrecife frontal a 5m de profundidad después del huracán las especies *P.americana*, *P.citrina*, *P.porosa* y *M.muricata* desplazaron a las especies que antes eran dominantes (Tab. 1b), mostrando las dos primeras una alta tasa de reclutamiento (Fig. 11). Los gorgonáceos adultos que permanecieron después del huracán están lesionados, muchos de ellos presentan sobrecrecimiento de algas y de *Millepora sp*, otros tienen partes de tejido expuesto y/o algunas de sus ramificaciones rotas.

A pesar de que en el arrecife frontal a 10m la diversidad disminuyó, ésta sigue siendo elevada en comparación con las otras zonas arrecifales (Fig. 1-4). Las especies dominantes fueron *P.americana*, *P.citrina*, *P.porosa* y *P.flexuosa* a comparación de las especies que dominaban antes como *E.mammosa*, *E.tourneforti*, *M.flavida* y *G.flabellum* (Tab. 1b). La especie que presentó un mayor número de reclutas fué *P.americana* seguida de *P.citrina* (Fig. 13).

5.3 INDICE DE SIMILITUD

Las comunidades de gorgonáceos en las diferentes zonas arrecifales, tanto antes como después del huracán Gilberto cambiaron en cierto grado. Los índices de similitud muestran que en la zona de la laguna el valor es de 0.75, para el arrecife posterior es de 0.81, la rompiente muestra un valor de 0.64, el arrecife frontal a 2m presentó un valor de 0.69, a 5m fué de 0.65 mientras que a 10m fué de 0.77.

5.4 RECLUTAMIENTO

Aunque se observó una alta tasa de reclutamiento para todas las zonas, sólo se cuenta con datos cuantitativos del arrecife frontal, ya que se notó la importancia de estos una vez que ya se había concluido con el muestreo de las zonas arrecifales de la laguna, arrecife posterior y rompiente por lo que éstas carecen de dichos datos. En la figura 7 se muestra el porcentaje del área muestreada ocupada por reclutas siendo de un 71%. De la misma manera las figuras 8, 10 y 12 se dan las proporciones de reclutamiento para las diferentes profundidades del arrecife frontal (2, 5 y 10m).

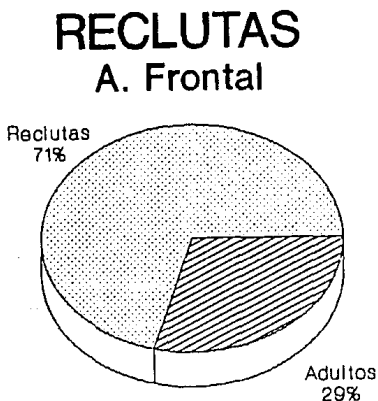


Figura. 7. Porcentaje del reclutamiento de gorgonáceos después del paso del huracán comparado con el porcentaje de las colonias adulto, para las tres subzonas del arrecife frontal.

En el arrecife frontal, se observó que existe un alto reclutamiento en sus partes someras (del más del 90%) y va disminuyendo hacia las partes más profundas.

Así pues, para el arrecife frontal a 2m de profundidad un 92% de la comunidad está ocupado por colonias reclutas, presentando muy pocos organismos adultos (Fig. 8). El mayor porcentaje lo ocupa *P.americana* con un 44%, seguido del 27% de *G. flabellum*, *P.flexuosa* tiene un 14%, 9% de *P. citrina*, *E.succinea* con 4% y *M. flavida* con 2%. Otras especies reclutas se encuentran en menor proporción como *E. fusca*, *E. laxispica* y *M. muricata*, y existen especies como *E.tournefortii* y *B. asbestinum* en muy bajas densidades (Fig. 9).

% DE RECLUTAMIENTO A. Frontal (2m)

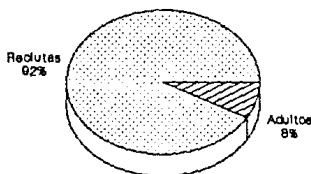


Figura. 8 Porcentaje del reclutamiento de gorgonáceos comparado con el porcentaje de colonias adulto después del huracán para el arrecife frontal a 2m.

ESPECIES RECLUTAS Frontal (2m)

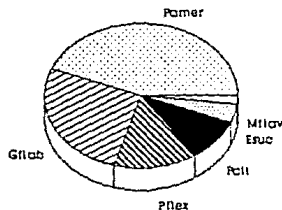


Figura.9 Proporciones de las especies reclutas de gorgonáceos encontradas después del huracán, en el arrecife frontal a 2m. (Pamer= *Pseudoterogorgia americana*, Gflab= *Gorgonia flabellum*, Pflex= *Plexaura flexuosa*, Esuc= *Eunicea succinea*, Mflav= *Muriceopsis flavida*).

Del número total de colonias presentes en el frontal a 5m, un 77% es ocupado por organismos clasificados como reclutas (Fig. 10), de los cuales el mayor porcentaje lo ocupa *P.citrina* con un 55%, un 33% de *P.americana*, 12% de *M.muricata* y 10% para *P.porosa*. Reclutas en menor porcentaje fueron las especies *P.flexuosa*, *M.flavida*, *E.laxispica*, *G.flabellum* y *E.tourneforti* (Fig. 11).

En el frontal a 10m un 55% del total de gorgonáceos observados lo ocupan colonias reclutas (Fig. 12). Se muestra un porcentaje del 47% para *P.americana*, 22% de *P.citrina*, 7% de *B.asbestinum* y 6% de *P.porosa*. Se observó un menor

% DE RECLUTAMIENTO A. Frontal (5m)

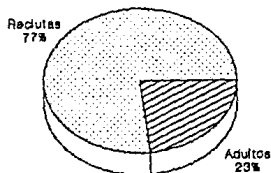


Figura. 10 Porcentaje de reclutamiento de gorgonáceos comparado con el porcentaje de colonias adulto después del huracán para el arrecife frontal a 5m.

ESPECIES RECLUTAS A. Frontal (5m)

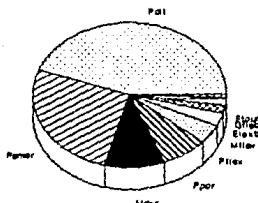


Figura. 11 Proporciones de las especies reclutas de gorgonáceos encontrados después del huracán, en el arrecife frontal a 5m. (Pcit= *Pterogorgia citrina*, Pamer= *Pseudoterogorgia americana*, Mmur= *Muricea muricata*, Ppor= *Pseudoplexaura porosa*, Pflex= *Plexaura flexuosa*, Mflav= *Muriceopsis flavida*, Elax= *Eunicea laxispica*, Gflab= *Gorgia flabellum*, Etour= *Eunicea tourneforti*).

reclutamiento de *G.flabellum*, *P.flexuosa*, *M.flavida*, *M.muricata* y *E.laxispica* (Fig. 13).

% DE RECLUTAMIENTO

A. Frontal (10m)

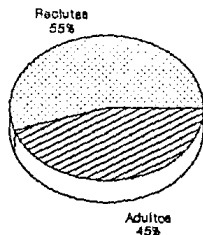


Figura. 12 Porcentaje de reclutamiento de gorgonáceos comparado con el porcentaje de colonias adulto después del huracán para el arrecife frontal a 10m.

ESPECIES RECLUTAS

A. Frontal (10m)

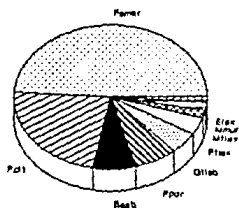


Figura. 13 Proporciones de las especies reclutas de gorgonáceos encontradas después del huracán, en el arrecife frontal a 10m. (Pamer= *Pseudopterogorgia americana*,

Pcit= *Pterogorgia citrina*, Basb= *Briareum asbestinum*, Ppor= *Pseudoplexaura porosa*,

Gflab= *Gorgia flabellum*, Pflex= *Plexaura flexuosa*, Mflav= *Muriceopsis flavida*,

Mmur= *Muricea muricata*, Elax= *Eunicea laxispica*).

5.4 ANÁLISIS DE ALTURA

Se apreciaron diferencias en la altura de las colonias de gorgonáceos que sobrevivieron al huracán en cada una de las zonas arrecifales (Fig. 14). Se observó

que existe un patrón donde los valores más bajos de altura corresponden a las zonas de perturbaciones más severas, a medida que aumenta la protección, aumentan de igual manera la altura de las colonias (Fig. 14). La talla más pequeña se observó en la rompiente, mientras que la más grande se observó en la laguna (Tab. 3). El análisis de varianza muestra que las alturas de las colonias entre cada zona son significativamente diferentes ($p < 0.001$) (Tab. 4).

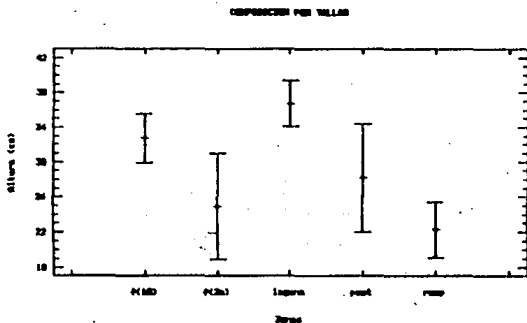


Figura. 14 Altura de las colonias sobrevivientes de gorgonáceos después del huracán. (f10= arrecife frontal a 10m, f2= a. frontal a 2m, post= a. posterior, romp= rompiente).

TABLA 3
DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA
(E.S.= ERROR ESTANDAR, I.C.= INTERVALOS DE CONFIANZA)

nivel	cuenta	promedio	e.s.	I.C. 95%
f(10m)	113	1.5658	1.47	29.8-39.3
lag	133	1.5465	1.36	34.0-39.3
post	24	2.5019	1.99	21.9-34.5
romp	93	1.1709	1.62	19.0-25.5

TABLA 4
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS ALTURAS DE LAS COLONIAS DE
GORGONÁCEOS SOBREVIVIENTES DESPUÉS DEL HURACÁN

f.v.	s.c.	df.	c.m.	f	n.s.
entre	11899.2	3	3966.4	16.15	.000
dentro	88157.3	359	245.6		
total	100056.5	362			

5.5 DISPOSICIÓN ESPACIAL

Los resultados obtenidos del análisis de disposición espacial teniendo como referencia una distribución de Poisson se muestran en la figura 15. Se encontró una distribución agregada o en parches tanto antes como después del huracán para todas las zonas.

DISPOSICION ESPACIAL

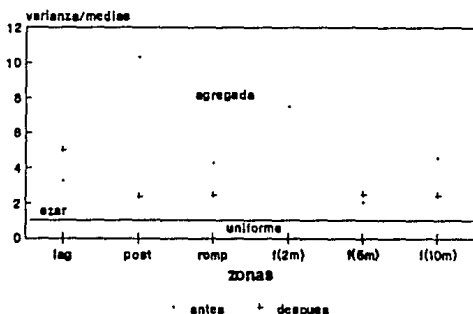


Figura. 15 Se muestran los valores del cociente varianza/media para cada zona arrecifal.

Si el valor es mayor a uno la distribución será agregada, si es igual a uno será una distribución azarosa, mientras que si es menor que uno será uniforme.

(lag= laguna, post= a. posterior, romp= rompiente, f2= arrecife frontal a 2m, f5= a. frontal a 5m, f10= a. frontal a 10m).

VI. DISCUSIÓN

El daño ocasionado por el huracán Gilberto es evidente en todos los sitios de estudio, aunque el tipo y magnitud del mismo varía con la profundidad, topografía y ubicación en el arrecife. Después del huracán, hubo un decremento en la complejidad estructural biológica así como posiblemente en la topografía del arrecife en general. Estos resultados son similares a los observados por Stodart (1962) en Honduras y Woodley *et al.* (1981) en los arrecifes de Jamaica.

El impacto fué mayor en las zonas someras que en las zonas más profundas del arrecife tal y como lo citan Rogers (1982) y Yoshioka y Yoshioka (1987). Los daños fueron mayores a medida que la profundidad va decreciendo.

Es notable una disminución en la densidad de colonias de organismos sésiles arrecifales. Los daños a éstos iban de una mortalidad parcial a total; ocasionada por abrasión, enterramiento, torcimiento o desprendimiento de sus bases de fijación y por fracturas y desprendimiento de tejido y/o esqueleto, estas son observaciones que coinciden con las realizadas por Woodley (1980), Woodley *et al.* (1981), Knowlton *et al.* (1981), Porter *et al.* (1981), Rogers *et al.* (1982), Wahle (1985) y Yoshioka y Yoshioka (1987).

En las zonas de la rompiente arrecifal, arrecife posterior y laguna es común encontrar pedacería de coral, colonias de *Acropora palmata* arrancadas del sustrato y volteadas completamente, colonias de gorgonáceos desprendidas y algunas de ellas enterradas en la arena. Tal como lo sugieren Glynn *et al.* (1964) y Woodley *et al.* (1981), también se observó que el daño fué mayor para las especies de crecimiento ramificado que para las especies de crecimiento masivo.

6.1 COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

Existen numerosos factores tales como la luz, profundidad, sedimentación, temperatura, energía del oleaje, etc. que son importantes en el control de la distribución de corales y diversidad de especies. El ambiente marino arrecifal es muy homogéneo, la composición específica y diversidad no están determinadas solo por gradientes físicos sino también por condiciones de microhabitats e interacciones bióticas (Porter, 1972; Huston, 1985).

Después del paso del huracán Gilberto es notable una disminución en el número total de especies, de igual manera la diversidad de las áreas de estudio cambió, esto coincide con lo propuesto por Yoshioka y Yoshioka en 1987.

En cuanto a la composición específica después del huracán, se observó que existe una dominancia de ciertas especies en las zonas someras como *Gorgonia flabellum*, *Pseudoterogorgia americana* y *Eunicea tournefortii*, y de otras como *Pterogorgia citrina*, *P. americana* y *Pseudoplexaura porosa*, en las zonas profundas. Se puede pensar que la dominancia de estas especies, está controlada por las condiciones ambientales que presentan las diferentes zonas arrecifales y procesos de competencia interespecífica.

Así pues se ha observado que en las zonas someras existe una mayor energía de oleaje y turbulencia, los sedimentos están siendo removidos constantemente, las condiciones ambientales son menos estables por lo que las especies encontradas aquí son especies tolerantes, sobre todo en la zona arrecifal de la rompiente.

Gorgonia flabellum es una especie cuya morfología le permite ser dominante en zonas en donde la intensidad del oleaje impide a otras implantarse y desarrollarse; la forma de crecimiento en abanico es típico de zonas con alta turbulencia, se ha propuesto que son adaptaciones morfológicas que capacitan al organismo a soportar la energía del oleaje. Esto se refleja de igual forma en el modo de orientarse de las colonias, el cual tiende a ser perpendicular a la dirección de la corriente (Rees, 1972; Birkland, 1974), posiblemente por estas causas es una especie que domina en la rompiente y arrecife frontal a 2m.

La abrasión puede disminuir la sobrevivencia de algunos gorgonáceos como lo han descrito Kinzie (1973), Porter (1981), Woodley et al. (1981), Wahle (1985) y Yoshioka y Yoshika (1987).

En zonas someras el grado de abrasión es mayor que en las zonas profundas debido a que los sedimentos están siendo removidos constantemente. Algunas especies de gorgonáceos presentan adaptaciones fisiológicas y morfológicas para evadir o disminuir el daño causado por esta perturbación, por ejemplo *Pseudoterogorgia americana* presenta un moco superficial que disminuye la abrasión entre las ramas. Otras especies como *Eunicea tournefortii* tienen la capacidad de retraer los pólipos disminuyendo el grado de abrasión, o bien tienen un esqueleto muy duro y áspero difícil de ser erosionado, ambas especies son abundantes en las zonas someras del arrecife de Puerto Morelos (Alcolado, comunicación personal).

Por otro lado, *Pterogorgia citrina*, *Pseudoterogorgia americana* y *Pseudoplexaura porosa* son especies adaptadas a ambientes con cierto grado de sedimentación (Alcolado, comunicación personal), estas especies se encuentran con mayor frecuencia en el arrecife frontal (5 y 10m); el huracán ocasionó una gran remoción de arena y otros sedimentos hacia las subzonas del arrecife frontal, muy probablemente provenientes de la plataforma arenosa en la base del arrecife, esto puede explicar el porque del predominio de estas especies en dichas zonas.

Por otro lado *Pterogorgia citrina* y *Pseudotrogorgia americana* están representadas en su mayoría por colonias muy jóvenes recientemente establecidas, por lo que la dominancia también puede explicarse como el resultado de un reclutamiento masivo en estas subzonas.

Existen varias especies que eran observadas con mayor frecuencia, antes del huracán, tal es el caso de *Eunicea mammosa*, *Lophogorgia sanguinolenta* y *Muricea atlantica*. Se puede pensar que éstas hayan sido desplazadas por otras, o bien debido a que no hayan podido resistir a la catástrofe, posiblemente por mala fijación o rompimiento del sustrato al que estaban fijas.

Los cambios en la composición específica se pueden atribuir también a la dificultad de identificar especies en el campo e inclusive de la identificación de escleritas ya que existe una variabilidad en su apariencia entre especies y aún entre colonias de la misma especie (Bayer, 1961; Alcolado, 1980).

Se encontraron muchas colonias de gorgonáceos de diferentes especies dañadas; algunas presentaban ramas rotas, pérdida de tejido dejando partes del esqueleto axial expuesto, o bien sueltos de su punto de fijación, en su mayoría debido al rompimiento del sustrato al que estaban fijas, Kinzie (1973) y Grigg (1977) consideran que esta es la causa principal de mortalidad de los gorgonáceos, aunque la bio-erosión de bivalvos y otros invertebrados pueden debilitar la fijación de la base, siendo fuente de una alta tasa de mortalidad.

6.2 DIVERSIDAD

Cualquier perturbación (física o biológica) causa cambios en la diversidad de una comunidad natural; la diversidad decrecerá debido a la eliminación de varias especies o por la existencia de nuevas colonias de especies ya dominantes, o bien se incrementa por la colonización de nuevos sustratos o la reducción del tamaño de la población de especies dominantes, previniendo la existencia de una dominancia competitiva, cambiando la distribución de organismos (Sousa, 1984; Rogers et al., 1982; Woodley et al., 1981; Porter et al., 1981).

Después del huracán se encontró que existe un patrón de diversidad en donde el valor mínimo lo presenta la zona de la rompiente; a medida que las zonas arrecifales se van alejando de ésta la diversidad va aumentando, esto reafirma lo propuesto por Rogers et al. (1982) y Yoshioka y Yoshioka (1987). Los valores máximos los presentan la laguna y el arrecife frontal a 10m de profundidad.

La baja diversidad cerca de la superficie y alta diversidad en zonas más profundas no puede ser explicada unicamente por factores físico-químicos como oxígeno, temperatura, salinidad, etc. ya que éstos no varían lo suficiente con la profundidad como para ser ecológicamente importantes (Huston, 1985).

La zona de la rompiente es una de las zonas menos estables en el arrecife, las condiciones ambientales están cambiando constantemente. Se puede considerar como un ambiente "estresado" (se entiende por "estresado" un patrón temporal de factores físicos, biológicos y/o químicos que exceden los límites de tolerancia de varias especies que de otra manera podrían colonizar el ambiente) (Preston, 1975), por dicha causa son pocas las especies que pueden establecerse y prevalecer aquí.

A medida que se va incrementando la profundidad como ocurre en la laguna y en el arrecife frontal (2m, 5m y 10m) las condiciones físico-químicas se van haciendo más estables y favorables para el establecimiento de más especies, aumentando por lo tanto, la probabilidad de encontrar un mayor número de especies e individuos, sin embargo en estas zonas el control queda dado principalmente por perturbaciones de tipo biológico como la predación y la competencia (Huston, 1985). De igual manera existen dos factores aparentes asociados con el gradiente de profundidad; uno, es la reducción del efecto del oleaje sobre las colonias de gorgonáceos y el otro es la atenuación y cambio en la calidad de luz, esto también afecta a la diversidad de gorgonáceos en el arrecife frontal (Jordán, 1989).

El efecto de la fuerza del oleaje producida por el huracán decrece rápidamente con la profundidad. La energía descargada cuando la ola rompe en la cresta arrecifal es máxima, al igual que es frenada por la estructura de la rompiente. Los daños ocasionados por dicho fenómeno fueron mayores en las zonas someras más cercanas a la rompiente y en la rompiente misma.

Las zonas arrecifales que presentaron menor diversidad fueron la rompiente y el arrecife frontal a 2m, en ambas zonas arrecifales hubo una reducción del tamaño de la población de especies dominantes como *G. flabellum*, *P. flexuosa* y *E. tourneforti* y *P. americana* únicamente en el frontal a 2m; y disminución en el número de colonias de otras especies o eliminación, como ocurrió con *L. sanguinolenta*, *M. atlántica* y *E. mammosa*. El arrecife posterior y la laguna estuvieron de cierta forma protegidas contra el impacto del huracán por la rompiente, mientras que el arrecife frontal a 10m lo estuvo por la profundidad a la que se encuentra; aunque en estas zonas también se pudo observar cambios en la diversidad aunque con una menor magnitud.

En el arrecife posterior la diversidad aumentó, debido a que hubo una disminución en el número de especies dominantes y la implantación de colonias de especies nuevas como *Eunicea* sp. o especies ya existentes como *E. calyculata*, *B. asbestinum* y *P. citrina*.

Después del huracán en el arrecife frontal a 5m, la diversidad decreció por una disminución en las colonias de las especies presentes en general.

Se puede pensar que tanto la laguna como el arrecife frontal a 10m de profundidad son las zonas que presentaron una mayor protección contra las

perturbaciones físicas, por lo tanto presentan ambientes más estables y favorables para el crecimiento de corales. Ambas zonas son las que presentan mayor diversidad; en la laguna, se dió la existencia de nuevas colonias de especies ya dominantes por lo que el valor de diversidad decreció, no obstante sigue siendo elevado, mientras que en el arrecife frontal a 10m disminuyó la dominancia de especies como *P. americana*, *M. flavida*, *P. flexuosa* y *E. mammosa*, en general el número de colonias para todas las especies disminuyó.

Otro de los factores que determinan la diversidad de los gorgonáceos, y probablemente el más importante, es la variedad de sustratos para la implantación de nuevas colonias. Kinzie (1973), Goldberg (1973), Opresko (1973) y Jordán (1989) mencionan que a mayor profundidad existe una mayor heterogeneidad del sustrato, por lo que habrá una mayor diversidad, esto se reafirma con los resultados encontrados en las zonas de estudio en especial en el arrecife frontal; esta es otra posible explicación del porque el aumento de la diversidad conforme va aumentando la profundidad.

En la laguna los cambios en la diversidad fueron mínimos, la prueba de "t" sin embargo muestra que si existen diferencias significativas entre la diversidad de antes con la de después del huracán; la heterogeneidad ambiental es mayor en la laguna; esto es, se incluyen muchos habitats diferentes debido a los cambios de profundidad, a las diferencias en los sustratos, pudiendo encontrar sustratos rocosos o arenosos. Por otro lado, dichos cambios pueden deberse a la propia historia de vida de estos individuos, y no necesariamente ser efecto del huracán. Son cambios que se han ido dando a través del tiempo.

6.3 ÍNDICE DE SIMILITUD

Después del paso del huracán Gilberto se observaron ciertos cambios en la composición específica de las comunidades de gorgonáceos en las diferentes zonas arrecifales. Así se encontró que en la comunidad de gorgonáceos de la laguna existen 12 especies en común después del paso del huracán (Tab. 1a), el índice de similitud es elevado, se pueden apreciar que hubieron cambios aunque no muy marcados, lo mismo ocurre con las comunidades del arrecife posterior donde existen 15 especies en común (Tab. 1a) y del arrecife frontal que presenta 18 especies en común (Tab. 1b); ambas tienen valores de similitud elevados. Estas tres zonas son las que presentan una mayor protección contra las perturbaciones físicas. Nuevamente se puede observar que en esta zonas es en donde el grado de perturbación fue menor.

Por otro lado las zonas arrecifales de la rompiente, arrecife frontal a 5 y 10m, presentaron valores de similitud más bajos; la rompiente presentó 8 especies en común (Tab. 1a), el a. frontal a 2m tiene 11 especies en común (Tab. 1b) mientras que a 5m existen 12 especies en común (Tab. 1b). Las tres zonas son las que

presentaron mayor exposición al los daños del huracán Gilberto, estas zonas tienen una menor protección contra las perturbaciones físicas debido a su ubicación en el arrecife y a su poca profundidad. Posiblemente el impacto del huracán en estas comunidades provocó cambios tanto cuantitativos como cualitativos en la composición específica de éstas.

6.4 RECLUTAMIENTO

El huracán Gilberto despejó un área considerable de sustrato duro disponible para la implantación de nuevos organismos, debido a la remoción de arena y otros sedimentos y al desprendimiento de organismos sésiles, esto coincide con lo propuesto por Yoshioka y Yoshioka (1987) y Rogers *et al.*

Por el contrario en otros sitios que antes presentaban suelo duro, actualmente presentan una capa de sedimentos y una alta cobertura de algas especialmente en el arrecife frontal a 2 y 5m; tales características son causadas por el huracán.

Se observó que la competencia por espacio es intensa en el arrecife de Puerto Morelos como lo mencionan Porter (1972), Jackson (1977), Goreau y Goreau (1979), Sousa (1984) y Jackson *et al.* (1985) en sus trabajos de diferentes arrecifes. El paso del huracán provocó una alta disponibilidad de sustrato duro para la implantación de larvas, reduciendo así dicha competencia, esto concuerda con lo mencionado por Highsmith *et al.* en 1980.

En todas las zonas arrecifales se observó una alta cobertura de algas después del paso del huracán. Se sabe que un alto crecimiento de algas puede matar a los corales, aunque una densidad moderadamente alta puede reducir la cantidad de contacto interespecífico entre éstos, permitiendo así la sobrevivencia de especies de coral que de otra forma serían eliminadas por competencia entre ellos, el crecimiento de algas calcáreas puede ser benéfico para los corales, ya que éstas sirven como sustrato para el establecimiento y crecimiento de corales (Huston, 1985).

Cuando existe una carencia de herbívoros (peces y erizos principalmente) no se lleva a cabo un forrajeo suficiente como para evitar que las algas crezcan sobre los corales y los maten. En el arrecife de Puerto Morelos no existen muchos erizos y el número de peces herbívoros decreció después del paso del huracán. Las algas son consideradas como especies pioneras, generalmente son los primeros organismos colonizadores en un evento de sucesión, estas más tarde serán reemplazadas por otras especies de organismos sésiles que sean mejores competidores (Dawes, 1986), por lo que se puede pensar que se está llevando a cabo un evento de sucesión temprana en las zonas arrecifales estudiadas.

En el frontal a 5m se encontraron varias colonias de gorgonáceos que están siendo cubiertas por algas, o bien presentan sobrecrecimiento de *Millepora sp.* por

esta razón, se encuentran en muy malas condiciones algunas de las colonias adultas sobrevivientes a la catástrofe.

En todas las zonas del arrecife se observó un alto grado de implantación de colonias de gorgonáceos, en especial en el arrecife frontal. Un 71% de la comunidad estudiada en dicha zona, está representado por colonias reclutas.

A 2m de profundidad un 91.84% de los gorgonáceos son reclutas, un 78% se presenta a 5m mientras que a 10m un 55%.

El número de reclutas va decreciendo conforme va aumentando la profundidad; esto se debe probablemente a que la disposición de sustrato es mayor a 2m de profundidad ya a que el impacto fué mayor para esta zona. Por otro lado conforme va aumentando la profundidad y la protección a las perturbaciones físicas, van aumentando el número de colonias adultas, aunque aquí juegan un papel más importante las perturbaciones biológicas como la competencia por espacio y la depredación, aunque es muy baja para esta taxa .

En el arrecife frontal a 10m es notable una mayor cantidad de colonias adulto, esto indica nuevamente que el grado de perturbación para esta zona fué menor.

Los resultados del análisis de diversidad realizados para todas las zonas arrecifales, están altamente influenciados por el número de reclutas tan elevado en todas las zonas de estudio, esto puede indicar que las condiciones en las que se encuentra la comunidad estudiada, son reflejo del impacto que tuvo el huracán sobre la misma, ya que la tasa de reclutamiento bajo condiciones ambientales normales no es tan elevada.

En el frontal a 2m, existe un predominio dado por reclutas de *Pseudoterogorgia americana* y *Gorgonia flabellum* aunque ambas especies eran ya dominantes desde antes del paso del huracán, el reclutamiento de *G.flabellum* puede estar producido por colonias adulto que se encuentran en la rompiente. Por otro lado, *P.americana* debe provenir de poblaciones que se localicen en zonas más profundas y protegidas del arrecife frontal ya que en la rompiente no es muy común encontrar esta especie, antes del huracán se tienen datos que constatan que en partes del arrecife frontal somero (5-10m) existía una alta dominancia de esta especie.

En el arrecife frontal a 5 y 10m, la dominancia la dan especies reclutas de *Pterogorgia citrina* y *Pseudoterogorgia americana*; *P. americana* ya era una especie dominante antes del huracán en ambas zonas , mientras que *P. citrina* dominaba en el arrecife frontal a 5m, a 10m no era tan dominante.

Por un lado *P.americana* puede venir de partes del arrecife frontal más profundas; colonias adultas que quedaron a 5m de profundidad de *P.citrina* después del huracán, pudieron dar este alto reclutamiento.

Se sabe que existen desprendimientos masivos de larvas de gorgonáceos que migran de poblaciones distantes por lo que es posible que no exista una relación

entre la densidad de colonias adulto y el reclutamiento tal y como lo propone Lasker Croffroth en 1983; así que las larvas bien pudiera provenir de una fuente a distancia de las zonas de estudio, por lo que la recuperación puede ser muy lenta.

Es probable que tanto *Pterogorgia citrina* y *Pseudoterogorgia americana* sean especies pioneras, debido a la alta frecuencia con la que se observa en todos los sitios de estudio; probablemente son especies que puedan establecerse fácilmente en superficies libres pero que con el tiempo vayan siendo desplazadas o reemplazadas por especies que presenten una mayor agresividad o sean mejores competidores. Esto no se podrá confirmar sin hacerse estudios posteriores, siguiendo el desarrollo de estas nuevas colonias. Es sabido que los reclutas de *Pseudoterogorgia americana* son exitosas en sustratos cubiertos por sedimento (Lasker y Croffroth, 1983).

6.5 ANÁLISIS DE ALTURA

Existe un patrón en las alturas de las colonias sobrevivientes al huracán. Las tallas más pequeñas corresponden a zonas donde la perturbación fué más severa; a medida que aumenta la protección, de igual manera aumentan las tallas.

Las tallas más pequeñas se observaron en la rompiente mientras que las más altas fueron en la laguna. No se puede saber con seguridad si este patrón de tallas se debe al huracán únicamente, ya que se carecen de datos de esta naturaleza anteriores al huracán. Aunque Jordán (1989) reporta promedios de altura más pequeños que los encontrados en las mismas zonas arrecifales, por lo que después del huracán el promedio de las tallas es mayor para cada zona en las colonias adulto encontradas.

Se sabe que los organismos al presentar un mayor tamaño presentan también una mayor superficie de exposición a la energía del oleaje como lo ha citado Kinzie (1973), por lo que en zonas de mayor turbulencia existen colonias de tamaños más pequeños (20-30cm), mientras que en zonas protegidas las grandes tallas son características (hasta 100cm).

Esto se ve claro en las tallas de las colonias de gorgonáceos de la laguna y arrecife frontal a 10m, ambas zonas tienen protección a la energía del oleaje. Es probable que el tamaño de una colonia dependerá de las condiciones ambientales del lugar donde se encuentre implantado como Yoshioka y Yoshioka lo proponen (1987).

6.6. DISPOSICIÓN ESPACIAL

Para todas las zonas de estudio se obtuvo que la distribución fué agregada o en parches. La estructura comunitaria está dada por la disponibilidad de sustrato y el oleaje principalmente, los parches pueden ser reflejo de la falta de sustrato

disponible para que la implantación sea uniforme, esto puede deberse al aumento de la cobertura de algas, o a las irregularidades de las características del sustrato; o bien a una mortalidad alta en los reclutas, es factible que esto no se deba al efecto del huracán puesto que antes del paso de éste, ya existía este tipo de distribución; dicha disposición espacial puede ser reflejo de la historia biológica de la comunidad.

Ahora bien, se debe de tomar en cuenta la escala de muestreo ya que posiblemente si se tomara en cuenta todo el arrecife de Puerto Morelos, entonces posiblemente la distribución podría ser azarosa.

VII. CONCLUSIONES

Los daños causados por el huracán Gilberto son evidentes en todos los sitios de estudio aunque fueron específicos para cada zona; esto es, el grado de perturbación cambia de un lugar a otro a lo largo de la barrera arrecifal debido a la topografía del lugar, gradiente de profundidad y exposición al oleaje.

Se observaron diferentes efectos del huracán sobre las colonias de gorgonáceos reflejando varias causas de mortalidad como enterramiento, abrasión, desprendimiento de tejido y/o esqueleto, rompimiento o torcimiento de ramas o de sus bases de fijación. Se cree que la causa de mortalidad para los gorgonáceos se debió principalmente por factores físicos más que a factores biológicos.

Existen cambios en la riqueza específica y densidad de organismos, se encuentran un total de 26 especies después del huracán. En general hubo una disminución tanto en el número de individuos como el número de especies para todos los sitios de estudio, a excepción de la laguna donde los cambios encontrados pueden deberse a la propia historia de vida de los organismos estudiados. En todas los sitios de estudio se puede percibir cierto cambio en la composición específica de gorgonáceos después del paso del huracán, aunque en unas zonas más que en otras. Se advirtió que el grado de sobrevivencia para cada especie fué diferente.

Después del paso del huracán Gilberto, se encontró que existe un patrón de diversidad en las zonas de estudio donde el valor mínimo lo presenta la zona más somera y expuesta a la energía del oleaje (rompiente), y se incrementa conforme aumenta la profundidad. Existen varias razones por las cuales puede haber cambios en la diversidad de una comunidad; sin embargo los resultados obtenidos muestran una clara influencia de los daños ocasionados por el huracán, y sus efectos. El alto grado de colonización que se ha venido dando después del paso del huracán puede deberse en gran parte al efecto del huracán sobre la comunidad estudiada. Se podría pensar que existe un estado de sucesión temprana sobre todo en las zonas más someras y expuestas.

El huracán creó un área considerable de sustrato duro disponible para la implantación de nuevos organismos, por lo que la colonización de organismos sésiles es muy elevada. Se observó que en el arrecife frontal el porcentaje de reclutamiento de gorgonáceos es mayor al 50% en todas las subzonas. *Pseudopterogorgia americana* y *Pterogorgia citrina* presentan el mayor número de reclutas.

Se encontró un gradiente en la altura de las colonias sobrevivientes, en donde las tallas más pequeñas corresponden a sitios donde la perturbación fué más severa, como la rompiente, arrecife frontal a 2 y 5m de profundidad, mientras que las más grandes las presentan las zonas mejor protegidas y más profundas, como la laguna y arrecife frontal a 10 m de profundidad.

Se puede pensar que los daños provocados por el huracán se incrementan junto con la exposición de la energía del oleaje y la topografía del lugar son importantes para la estructuración en la comunidad de gorgonáceos en esta parte del arrecife de Puerto Morelos. Si la topografía del sustrato es abrupta puede frenar la fuerza del viento del huracán (como lo es la rompiente arrecifal), los daños son menores que en sustratos planos sin montículos ni canales que frenen dicha fuerza. La profundidad es otro factor que influenciará el impacto del huracán, ya que a mayor profundidad menor fué el efecto del mismo. La zonas de la rompiente y el arrecife frontal a 2m de profundidad presentaron los mayores daños, mientras que las zonas de la laguna y arrecife frontal a 10m tuvieron más protección contra el impacto del huracán presentando un menor efecto.

Los daños que provoca un huracán son impredecibles para los investigadores, ya que estos varían con la intensidad en que se presenten las tormentas, al igual que con la ubicación del lugar por donde pase, entre otras cosas.

Así pues, los huracanes pueden ser considerados como factores selectivos importantes en la evolución de los corales hermatípicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcolado, P.M., A. Corvea y A. González., 1980. Variaciones morfológicas internas y externas de los abanicos de mar (*Gorgonia spp.*) y su valor adaptativo. Manuscrito del Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba.
- Bayer, F.M., 1961 The shallow water octocorallia of the west indian region. Martinus Nijhoff. The Hague. 373p.
- Begon, M. J.L. Harper and C.R. Townsend., 1986. Ecology, individuals, population and communities. Oxford Blackwell Scientific Publications, London. 876 p.
- Birkeland, C., 1974 The effect of wave action on the population dynamics of *Gorgonia ventalina* Linnaeus. In Bayer, F. and Weinhamer eds. Prostaglandins from *Plexaura homomalla*: Ecology, utilization and conservation of a mayor medical marine resource, a Symposium. University of Miami Press. 115-126.
- Colin, P.L., 1988. Marine invertebrates and plants of the living reef. T.F.H. publications inc. U.S.A. 512 p.
- Connell, J.H., 1978. Diversity in tropical rain forest and tropical reefs. Science 199:1302-1310.
- Daniel, W.W., 1982. Biostatística. Limusa, México. 3a Ed.
- Dawes, C.J., 1986. Botánica Marina. Limusa, México. 1a Ed. 672 p.
- Espejel-Montes, J.J., 1983. Análisis de la distribución y la abundancia del género *Cyphoma* (Gasteropoda Ovulidae) en el arrecife de Puerto Morelos, Q. Roo. Tesis profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Auton. de México. 78 p.
- García, M.E., 1964. Modificaciones al sistema de clasificación de Koepen. Inst. Geol. Univ. Nal. Autom. de México. 44 p.
- Glynn, P.W., L.R. Amodovar and J.G. González., 1964. Effects of hurricane Edith on marine life in La Parguera, Puerto Rico. Carib. J. Sci. 4(2-3):335-345.
- Golberg, W.M., 1973. The ecology of the coral-octocoral communities of the southeast Florida coast: Geomorphology, Species composition and Zonation. Bull. Mar. Sci. 23:465-488.

- Goreau, T.F. and N. Goreau., 1979. Corales y arrecifes coralinos. Investigación y Ciencia, 37: 48-60.
- Grigg, R.W., 1977. Population dynamics of two gorgonian corals. Ecology 58:278-290.
- Hlghsmith, R.C., C. Riggs and C.M. D'Antonio., 1980. Survival of hurricane-generated coral fragments and a disturbance model of reef calcification/growth rates. Oecologia 46:322-329.
- Huston, M., 1985. Patterns of species diversity in relation to depth at Discovery Bay, Jamaica. Bull. Mar. Sci. 37:928-935.
- I.U.C.N., 1988. Coral reef of the world. UNEP Kenya Nairobi. 1:373.
- Jackson, J.B.C., 1977. Competition of marine hard substrate; the adaptive significance of solitary and colonial strategies. Am. Nat. 111(988): 743-767.
- , and R.G. Hughes., 1985. Adaptive strategies of coral reefs invertebrates. Am. Sci. 73:265-274.
- Jauregui, E., J. Vidal y E. Cruz., 1980. Los ciclones y tormentas tropicales en Q.R. durante el período 1871-1978. Inst. Geog. Univ. Nat. Autom. de México. 47-61 p.p.
- Jordán, D.E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la península de Yucatán, México. Tesis doctoral. Inst. Cinc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autom. de México. 118 p.
- , 1989. Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs. Bull. Mar. Sci. 45(3):678-696.
- Kaplan, E.H., 1982. Coral reefs, Houghton Mifflin co. Boston U.S.A. 289 p.
- Kinzie, R.A., 1973. The zonation of west indian gorgonians. Bull. Mar. Sci. 23(1):93-155.
- Knowlton, N.J., J.C. Lang, M.C. Rooney and P.Clifford., 1981. Evidence for delayed mortality in hurricane-damaged jamaican staghorn corals. Nature 294:251-252.
- Krebs, C.J., 1978. ECOLOGIA Estudio de la distribución y la abundancia, Haría, Mexico. 2a Ed. 753 p.
- Lara, M., 1989. Zonación y caracterización de los escleraclínios en el arrecife Anegada de afuera, Veracruz, México. Tesis profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nat. Autom. de México.
- Lazker, H.R. and M.A. Coffroth., 1983. Octacoral distribution at Carrie Bow Cay, Belize. Mar. Ecol. Prog. Ser. 13:21-28.

- Ludwing, J.A. and Reynolds., 1988. STATISTICAL ECOLOGY. A primer on methods and computing. John Wiley and Sons, U.S.A. 337 p.
- Muzik, K., 1982. Octacorallia (Cnidaria) from Carrie Bow Cay, Belize. In K. Rutzler and I. Macintyre, eds. The atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. Smithsonian Inst. press, Washington, D.C. 309-316 p.p.
- Opresko, D.M., 1973. Abundance and distribution of shallow water gorgonians in the area of Miami, Florida. Bull. Mar. Sci. 23(3):535-558
- Otero, A.A., 1988. Caracterización de una comunidad coralina. Tesis profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autóm. de México. 80 p.
- Padilla, S.C., 1989. Estructura comunitaria de escleractinos del arrecife El Cabezo, Veracruz. Tesis Profesional. Facultad Ciencias. Univ. Nal. Autóm. de México.
- Palmén, E., 1948. On the formation and structure of tropical hurricanes. Geophysics 3:26-38.
- Porter, J.M., 1972. Patterns of species diversity in caribbean coral reefs. Ecology 53(4):668-673.
- , J.d. Woodley, G.J. Smith, J.E. Neigel, J.F. Batley and D.G. Dallmeyer., 1981. Population trends among jamaican reef corals. Nature 294:249-250.
- Poole, R.W., 1984. An introduction to quantitative ecology. MC. Grawhill, New York.
- Preston, E.M. and J.L. Preston., 1975. Ecological structure in a west indian gorgonian fauna. Bull. Mar. Sci. 25:248-258.
- Rees, J.T., 1972. The effect of current on growth form in an octocoral. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 10:115-123.
- Rogers, C.S., T.H. Suchanek and F. 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.
- Sousa, W.P., 1984. The role of disturbance in Natural communities. Am. Rev. Ecol. Syst. 15:353-391.
- Stoddart, D.R., 1962. Catastrophic storm effects on the British Honduras reefs and cays. Nature 196(4854): 512-515.
- , 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. Biol. Rev. 44: 433-498.

- Wahle, C., 1982. Habitat-related patterns of injury and mortality among jamaican gorgonians. Bull. Mar. Sci. 37(3): 905-927.
- Weinheimer, A.J. R.L. SPRAGGINS., 1969. Two new prostaglandins isolated from the gorgonian *P. homomalla* (esper) Tetrahedron lett. 5138. ED. Mc.Graw Hill, Londres.
- Woodley, J.D., 1980 Hurricane Allen destroys jamaican coral reefs. Nature 287: 387.
- , 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 and E.M. Sides., 1981. Hurricane Allen's impact on jamaican corals reefs. Science 214(4522):749-754.
- Yoshioka, P.M. and B.B. Yoshioka., 1987. Variable effects of hurricane David on the shallow water gorgonians of Puerto Rico. Bull. Mar. Sci. 40(1):132-144.