

203  
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ZONACION DE MACROALGAS BENTONICAS  
EN EL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS,  
QUINTANA ROO

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 :  
ELENA TORRES MEJIA

FALLA DE ORIGEN

ABRIL 1991



## **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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Comunidades arrecifales	2
1.2. Comunidades algales arrecifales	3
a. Perturbaciones	4
b. Perturbaciones bióticas y abióticas (Factores limitantes en el desarrollo de las algas)	6
1.3. Zonación	7
a. Diversidad	8
II. ANTECEDENTES	10
2.1. Comunidades arrecifales	10
a. Zonación	10
2.2. Comunidades algales arrecifales	11
2.3. Comunidades algales del Mar Caribe	12
a. Arrecife de Pto. Morelos	12
III. PLANTEAMIENTO	13
3.1. Comunidades	13
a. Objetivos e Hipótesis	13
IV. ÁREA DE ESTUDIO	15
4.1. Mar Caribe	15
a. Arrecife Puerto Morelos	15

V. METODOLOGÍA . . . . .	17
5.1. Procedimientos de Campo . . . . .	
a. Prospección . . . . .	17
b. Muestreo piloto . . . . .	19
Tamaño de muestra	
c. Toma de datos . . . . .	19
5.2. Procedimientos de Laboratorio . . . . .	
a. Determinación de especies . . . . .	20
5.3. Gabinete . . . . .	
a. Procesamiento y Sistematización de Datos . . . . .	20
Cobertura . . . . .	20
Diversidad . . . . .	20
Dominancia relativa específica . . . . .	21
Comparaciones . . . . .	21
VI. RESULTADOS . . . . .	23
6.1. Composición específica . . . . .	23
a. Distribución espacial . . . . .	26
6.2. Caracterización de las zonas arrecifales . . . . .	28
6.3. Riqueza específica (S) . . . . .	32
a. Por zona arrecifal . . . . .	32
b. Por estación de muestreo . . . . .	32
c. Comparativo . . . . .	33
6.4. Abundancia relativa . . . . .	36
a. Cobertura Total . . . . .	36
Por zona arrecifal	
Por estación de muestreo	
b. Cobertura por división . . . . .	37
Por zona arrecifal	
Por estación de muestreo	
6.5. Diversidad . . . . .	38
a. Por zona arrecifal . . . . .	38
b. Por estación de muestreo . . . . .	41

6.6. Dominancia relativa específica . . . . .	41
VII. DISCUSIÓN . . . . .	47
VIII. DISCUSIÓN GENERAL . . . . .	56
IX. CONCLUSIÓN . . . . .	58
X. LITERATURA CITADA . . . . .	59

## RESUMEN

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

Discute los posibles cambios en la composición y riqueza específica de la comunidad algal arrecifal, después del Huracán Gilberto en septiembre de 1988.

Durante los meses de Enero y Febrero de 1990, se realizó un muestreo prospectivo y la colecta para obtener la lista de especies de la zona de estudio; posteriormente durante los meses de Marzo a Septiembre del mismo año se llevo a cabo el muestreo para analizar la distribución de macroalgas, con base en la cobertura específica en cada zona del arrecife.

El arrecife se dividió en 5 zonas: Playa; Laguna; Posterior; Rompiente y Frontal. Dos de las cuales se subdividieron en subzonas, tres subzonas para la zona de Laguna (1,2,3) y dos subzonas para la zona de Frontal (F.interior y F.exterior).

Se reportan 63 especies de macroalgas para el area de estudio pertenecientes a 3 grupos de macroalgas Chlorophyta, Phacophyta y Rhodophyta.

Se observó que el grupo Chlorophyta tiene mayor cobertura en las zonas someras, y en las zonas profundas la cobertura algal está representada relativamente de igual forma por los grupos de Chlorophyta y Phacophyta.

También se detectan cambios en la riqueza específica, atribuidos a los efectos de Huracán Gilberto (septiembre de 1988).

Los resultados obtenidos sugieren que es posible distinguir un patrón en la distribución (zonal) de la comunidad algal del arrecife de Pto. Morelos. Este patrón se hace en base a los cambios en la profundidad, tipo de sustrato, etc.

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

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Comunidades arrecifales

Los sistemas arrecifales al igual que cualquier otro tipo de comunidad, es un conjunto de especies que coexisten en espacio y tiempo (Begon, *et al.* 1986; Chapman, 1986; Round, 1984).

Como resultado de la suma de las propiedades inherentes a los individuos que forman las comunidades, aunado a sus interacciones, resulta lo que en ecología de comunidades se llaman, propiedades emergentes (Begon, *et al.* 1986).

Los ejemplos típicos de las propiedades emergentes son: distribución específica, diversidad, forma de crecimiento, estructura trófica, dominancia, abundancia relativa, etc. En base a estas propiedades, es posible caracterizar a una comunidad (Begon, *et al.* 1986).

Identificar y describir a las especies de una comunidad, así como conocer su distribución en la naturaleza y sus interacciones con los factores físicos y biológicos, es una tarea básica en la actividad de ecología de comunidades (Hughes, 1986).

Un arrecife constituye probablemente la comunidad más compleja del ambiente marino (Huston, 1979, 1985; Jackson y Hughes, 1985).

Darwin en 1851 clasificó a los arrecifes en tres categorías, en base a su morfología: Atolones, Bordeantes o Marginales y de Barrera (Milliman, 1973). La mayor parte de los arrecifes están situados dentro de áreas de frecuente actividad ciclónica, afectando constantemente a la flora y fauna marina. (Stoddart, *et al.* 1978).

Dawes, (1986) indica que los factores más importantes que afectan el desarrollo de los arrecifes son la latitud, temperatura, luz, salinidad y profundidad. Por esto, los arrecifes coralinos se encuentran dentro de las isotermas de 21 a 22<sup>0</sup> C y están confinados a los océanos tropicales.

Durante mucho tiempo, se pensó que dentro de un ecosistema arrecifal los corales son el componente más importante. Debido a esto, el término utilizado para definir este sistema fue "Arrecife coralino". Sin embargo, todos los corales y grupos de algas compiten por espacio, nutrientes y luz, aunque algunos grupos pueden llegar a dominar bajo ciertas condiciones de desarrollo específico. Por esta razón hoy en día, este popular término podría estar siendo mal utilizado ya que este se

refiere específicamente a aquellos sistemas dominados por corales, Dawes, (1986); Littler, *et al.* (1989).

De igual forma, se ha dejado de lado la importancia de los otros grupos de animales y plantas arrecifales dentro del sistema, como moluscos, equinodermos, peces, crustáceos, esponjas, pastos marinos, etc.

Consecuentemente, en un contexto general el término "Arrecife biótico" o simplemente "Sistema arrecifal" resultan adecuados para referirse a este complejo ecosistema, Littler, *et al.* (1990).

Debido a la importancia que se dio a los corales como principales factores en la formación del arrecife, existen pocos estudios que describan el papel de otros grupos arrecifales dentro de la comunidad. Principalmente aquellos que describan la comunidad algal arrecifal, (Raund, 1984).

Sin embargo, los estudios botánicos más recientes indican que las algas pueden en realidad dominar la formación del arrecife, por lo menos en las aguas someras, (Dawes, 1986).

Es por esto que el presente trabajo es un intento por conocer las condiciones actuales de la comunidad de macroalgas en una sección de la costa del Caribe Mexicano, el arrecife de Pto, Morelos, Q.Roo.

Este estudio analiza la composición, distribución específica y diversidad de la comunidad algal en el arrecife de Puerto Morelos, Q.Roo, dos años después del Huracán Gilberto. Así mismo, intenta servir como base de comparación a posteriores estudios de comunidades algales.

El desarrollo de trabajos como éste, en el que las características de la comunidad como distribución, diversidad, dominancia y abundancia son analizadas, constituye junto con el conocimiento de la historia natural de los organismos, una buena base para lograr un mejor conocimiento de los complejos sistemas arrecifales.

## 1.2. Comunidades algales arrecifales

La gran mayoría de las especies algales de manera directa o indirecta proveen de alimento, oxígeno y habitat a varias especies de herbívoros arrecifales como moluscos, cangrejos, peces, equinodermos, etc. (Littler *et al.*, 1989, 1990).

Borowitzka y Larkum, (1986) indican que las comunidades algales desempeñan 4 funciones relevantes dentro del sistema arrecifal. Estas también han sido discutidas aunque, de manera aislada por otros autores como: Dawes, (1986); León, (1980); Littler y Littler, (1989); Round, (1984); Wells, (1988), entre otros.

a) Productores primarios. Las algas, al igual que los pastos (denominadas plantas marinas), son productores primarios importantes dentro de una estructura arrecifal. Las plantas marinas capturan la energía de la luz y la usan para

convertir el CO<sub>2</sub> en carbón orgánico y oxígeno, mediante el proceso de fotosíntesis.

Existen 4 grupos de organismos sésiles fotosintéticos que contribuyen de manera importante a la productividad primaria de los arrecifes: 1) Algas microfilamentosas, 2) Las algas unicelulares simbiotes de los corales hermatípicos (Zooxantelas), 3) Algas frondosas y, 4) Algas coralinas, en algunos habitats de fondo blando, pastos marinos, algas epífitas y las algas verdes siphonales que contribuyen sustancialmente sobre toda la productividad. (Littler *et al.*, 1989; Wells, 1988).

b) Fijadores de Nitrógeno. Durante las últimas décadas, la actividad de los organismos especializados en fijar nitrógeno como algas verde-azules y bacterias en los arrecifes coralinos, ha sido muy estudiada. Estos sistemas bióticos retoman eficientemente los nutrientes para reciclarlos. Esto no solo implica la fijación de carbono, sino también, la incorporación de nitrógeno inorgánico. (Dawes, 1986; Round, 1984).

c) Recicladores de Nutrientes. Las algas son sistemas eficientes para tomar los nutrientes (fósforo y nitrógeno), excretados por los animales para convertirlos en biomasa algal. Los nutrientes también proviene de plantas y animales muertos que se descomponen. La eficiencia en el reciclamiento de nutrientes, depende en gran parte de la profundidad y de la cantidad de nutrientes disponibles en el medio. Las algas actúan como trampas de sedimentación para los nutrientes, mismos que fijan y reciclan. (Borowitzka y Larkum, 1986; Round, 1984).

d) Formadoras arrecifales. Intervienen en gran número de procesos destructivo-constructores dentro del sistema arrecifal. Un grupo muy diverso de Chlorophyta, principalmente de los órdenes Caulerpales y Dasycladales depositan la Aragonita en forma de Carbonato de Calcio, mismo que es responsable en gran parte de la formación de la arena y de los sedimentos, tanto lagunares, como de áreas profundas. (León, 1980; Wells, 1988).

Sin embargo, las algas no solo participan en la formación de nueva caliza arrecifal, algunas algas también intervienen en la fragmentación de la caliza, (algas perforadoras) penetrando el esqueleto de los corales y otros organismos formadores de caliza, rompiéndolo lentamente en pequeños fragmentos. Estos pequeños fragmentos se fraccionan aún más formando parte de la arena y rellenando los espacios entre los esqueletos de corales, modificando así la estructura.

#### a. Perturbaciones

Una perturbación es un evento que varía en espacio, intensidad y tiempo, causando cambios en las condiciones normales de una comunidad natural, por lo tanto, altera las condiciones del sistema, (Begon, *et al.* 1986; Huston, 1979; Sousa, 1984.).

Un arrecife es un ambiente por demás heterogéneo. La riqueza específica y la diversidad están determinadas no solo por gradientes físicos, sino también por numerosas interacciones bióticas y las condiciones de microhabitats, (Dana, 1976; Huston, 1985).

De acuerdo con la hipótesis de perturbación intermedia Connell, (1978) describe a los arrecifes como sistemas cercanos al equilibrio, donde la exclusión competitiva es prevenida por perturbaciones frecuentes. Esta hipótesis indica que la diversidad es baja en ambos límites del espectro de una perturbación, y es alta en niveles intermedios.

En un arrecife existen numerosos factores considerados como perturbación de tipo biótico y abiótico. Estos pueden afectar la diversidad y el desarrollo de las comunidades marinas. La intensidad del oleaje, los cambios de marea, la sedimentación, los vientos y las condiciones de desecación, son perturbaciones abióticas. Los procesos bióticos son todas las formas de depredación, forrajeo, herbivoría, competencia por sustrato, y luz, etc; (Huston, 1985; Sousa, 1984; Woodley, 1981).

Huston, (1985); señala que las variaciones en la frecuencia de una perturbación tiene mayores efectos en zonas someras.

Ballantine, (1984); Karr, et al. (1984) y Sousa, (1984); indican que una perturbación daña de diferente manera a los individuos (o colonias), haciendo que algunos desaparezcan. Este suceso, crea de manera directa ó indirecta las condiciones adecuadas para que nuevos individuos o colonias se establezcan. A este proceso se le conoce como colonización y recolonización.

La recolonización se refiere a los individuos que puedan llegar a aparecer en un lugar donde antes existieron otros, debido a los residuos viables de sus esporas o propágulos, a su capacidad de reclutamiento así como a su capacidad competitiva en relación a un recurso (espacio, luz, etc), (Ballantine, 1984, Begon, et al. 1986; Sousa, 1984).

Dawes, (1986) y Krebs, (1985) indican que los ecólogos en comunidades de plantas terrestres sugieren un patrón evolutivo en el desarrollo de un ecosistema y sus comunidades. Los ecosistemas muestran una serie de etapas de desarrollo hacia comunidades climax (o "maduras"). A este proceso se llama sucesión. Sin embargo, ellos argumentan que se ha demostrado que la existencia de las comunidades maduras suceden en ambientes marinos y que cuando una comunidad madura desaparece, la sucesión comienza de nuevo. (comunidad joven).

Dawes, (1986) menciona que la fase inicial en una sucesión de etapas se conoce como comunidad pionera, y se caracteriza por tener una baja diversidad (pocas especies) y un gran número de individuos por especie (gran abundancia). La mayoría de las especies pioneras son plantas oportunistas que pueden desarrollarse

en numerosos ambientes, con ciclos de vida simples, son por lo general algas anuales, en vez de perennes.

Ballantine, (1984) indica que los huracanes son el factor que induce la mayor tasa de mortalidad en las comunidades algales de algunos arrecifes. Sin embargo, por un efecto de sucesión, la comunidad algal es la más abundante después de cierto tiempo. Después de esto, las estrategias de competencia entre algunas poblaciones bentónicas como corales y esponjas es determinante en el tiempo de recuperación y el tipo de comunidad dominante.

#### **b. Perturbaciones bióticas y abióticas (Factores limitantes en el desarrollo de las plantas marinas)**

Littler, *et al.*, (1990), indica que una de las limitantes más importantes en el desarrollo de las comunidades algales arrecifales es la profundidad, ya que esta tiene un efecto directo en la penetración de luz y por tanto afecta la actividad fotosintética de dichas comunidades.

Sin embargo, Dawes, (1986), opina que los factores físicos que tienen un papel relevante en la formación y continuidad de las comunidades vegetales marinas son:

**Luz:** proporciona la energía requerida para la fotosíntesis. La habilidad de la luz para penetrar las aguas marinas define la zona fótica, y los cambios en su intensidad y calidad con la profundidad determinan el sitio en donde crecen las plantas. (Dawes, 1986; Round, 1984).

**Temperatura:** Determina la distribución geográfica de las plantas marinas, así como su distribución en las regiones térmicas a lo largo de las costas. Los procesos de fotosíntesis, respiración, crecimiento, reproducción y desarrollo en general, son afectados por la temperatura. Principalmente relacionada con el número de esporas producidas, así como del tiempo en el que son expulsadas. (Dawes, 1986; Round, 1984).

**Oleaje:** Es el efecto del viento sobre el agua. Existen diferentes tipos de oleaje. Geológico (terremotos, derrumbes) y meteorológico (tormentas y huracanes). El oleaje determina el tipo de población local. (Dawes, 1986; Round, 1984).

**Corrientes:** Se deben principalmente a la acción del viento sobre la superficie del agua y las diferencias de densidad a distintos niveles del mar. Las corrientes afectan los niveles de temperatura y de nutrientes, así como la vegetación marina en un área. (Dawes, 1986; Round, 1984).

Dawes, (1986); Round, (1984); Van den Hoek, *et al.* (1977); indican que la depredación y la competencia por sustrato son los dos factores biológicos más importantes que afectan las comunidades algales en general.

**Depredación:** Los rangos de predación en gran parte determinan la distribución de las especies. Ya que evitan que las algas crezcan sobre los corales y los maten o que crezcan sobre otro tipo de sustrato, reduciendo así la posibilidad de tener una

alta cobertura algal por reclutamiento de esporas o crecimiento de las etapas juveniles, (Menge, 1976; Van den Hoek, *et al.* 1977).

Existen dos estrategias de forrajeo, mismas que permiten clasificar a los depredadores en dos categorías. Forrajeadores generalistas (se puede alimentar de varias especies algales, y de diferentes estructuras de la planta) y forrajeadores especialistas (se alimenta de solo un tipo de alga o de solo una estructura de diferentes especies, órganos reproductores, hojas, etc), esto implica que el hábito alimenticio de los herbívoros dominantes determinen el tipo de comunidad algal en una zona, (Begon, *et al.* 1986).

Del mismo modo la densidad y diversidad de los herbívoros están relacionados de manera inversa con la diversidad y abundancia de las especies algales. Huston, (1985) indica que el efecto de los herbívoros es mucho más importante que los cambios causados por tormentas en las zonas someras.

Otros de los parámetros biológicos importantes en una comunidad arrecifal es el parasitismo, el mutualismo, y el comensalismo, considerados como variantes del fenómeno de depredación. (Begon, *et al.* 1986; Round, 1984).

Competencia: definida como la capacidad de una especie para usar un recurso, que otra especie necesita también. Por definición, la competencia se da en base a diferentes recursos limitantes. Como sustrato, luz, nutrientes, etc. Sin embargo, como resultado de las interacciones, también se da la competencia interespecífica, (entre individuos de diferente especie), e intraespecífica, (entre individuos de la misma especie). (Begon, *et al.* 1986).

La competencia por la luz esta relacionada con diferentes estrategias en formas de crecimiento. Así mismo en sistemas arrecifales se relaciona con la profundidad. Se ha visto que las especies tienden a adoptar formas de crecimiento en donde se aumenta la superficie de captación de luz para optimizar el proceso de fotosíntesis, (Connell, 1978; Menge, 1976; Van den Hoek, *et al.* 1977).

La competencia por sustrato afecta las tasas de reclutamiento de los organismos bentónicos; Jackson, (1977). Esto por lo tanto se relaciona con la capacidad de los organismos para ganar el sustrato. Así mismo, esto también afecta la cantidad de individuos en una área y el tipo de población dominante. (Huston, 1985; Hughes, 1986).

### 1.3. Zonación

A pesar de la heterogeneidad ambiental en un sistema arrecifal, es posible distinguir patrones de diversidad y abundancia lo largo de un gradiente de profundidad (Huston, 1985), describiendo así, una zonación donde las diferencias ecológicas locales, se reflejan en las asociaciones de especies coralinas que estan señaladas por una ó más especies dominantes (Lara, 1989).

El reconocimiento de diferentes secciones en un arrecife con base en la distribución y forma de crecimiento de los organismos que lo componen se define como zonación (Lara, 1989).

La zonación de especies dominantes y las formas de crecimiento es uno de los patrones más interesantes encontrados en cualquier comunidad natural, (Goreau, 1959; 1973; Stoddart, 1969).

Los factores físicos y biológicos dominantes en un sistema arrecifal, determinan la morfología y la distribución de los organismos arrecifales, (Huston, 1979).

Los estudios ecológicos que relacionan, la variación de los factores físicos con la diversidad y la composición de especies sobre la profundidad y su posición horizontal con respecto al sustrato, aseguran que el ambiente arrecifal es extremadamente heterogéneo, y que la composición de especies y la diversidad no se debe solamente a factores físicos, ya que de manera importante están determinados por las condiciones de microhábitat, resultantes de las interacciones bióticas. (Dana, 1976).

#### **a. Diversidad**

La diversidad es un parámetro de la estructura comunitaria. La forma más simple de medirla es el conteo de especies. (riqueza específica). Sin embargo, una medida que da más información sobre la comunidad implica además, el número de individuos por especie y su uniformidad relativa (equitabilidad), la forma en que están repartidos los individuos en las especies, (Begon, et al. 1986; Krebs, 1985; Lara, 1989; Poole, 1976).

Loya en 1972 divide las formas de medir la diversidad en tres categorías. La primera, en base a distribuciones matemáticas; la segunda, en base a la teoría de las probabilidades (Índice de Simpson,  $D'$ ) y la tercera, en base a la teoría de la información (Índice de Shannon-Wiener  $H'$ ) (Hughes, 1984 a y b).

Varios autores indican que los índices de Simpson y Shannon-Wiener desde el punto de vista estadístico son consistentes ya que se conoce su distribución estadística. El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) es el único para el cual, se puede calcular el límite de confianza y el error estándar. Sin embargo, utiliza logaritmos para linealizar el modelo. (Hill, 1976; Pielou, 1979; Poole, 1976).

La información que dan ambos índices es similares. Sin embargo, cuando se conoce el total de especies que compone la comunidad, es aconsejable utilizar el índice de Shannon-Wiener. Cuando este dato no es precisado y el índice se calcula a partir de muestras, es mejor usar el índice de Simpson, (Washington, 1984). Aun cuando, la principal diferencia está en la importancia que dan estos índices a cada uno de sus componentes (Riqueza específica y Equitabilidad). (Hill, 1976; Pielou, 1979; Poole, 1976).

Simpson en 1949 interpreta su índice como la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar e independientemente de la población, sean de la misma especie. (Begon, et al. 1986; Hill, 1976; Pielou, 1979; Poole, 1976).

Shannon-Wiener explica su índice indicando que el contenido de información es una medida de la magnitud de la incertidumbre, y algunos autores igualan la incertidumbre al concepto termodinámico de entropía. La entropía es una forma de expresar la heterogeneidad de la población y por lo tanto de expresar diversidad, (Begon, et al. 1986; Hill, 1976; Lara, 1989; Pielou, 1979; Poole, 1976; Washington, 1984).

formaciones arrecifales. De este estudio resultan algunos trabajos como los que se mencionan a continuación:

Jacome, (1989) Sugiere un patrón de distribución y diversidad en la comunidad de moluscos del arrecife Anegada de Afuera, influenciado principalmente por parámetros físicos (profundidad, pendiente y tipo de sustrato). Lara, (1989) caracteriza la estructura comunitaria de los escleractinios en el arrecife Anegada de afuera, en base a patrones de diversidad y zonación relacionándolos con la topografía, profundidad e intensidad de luz. En 1990 describe la zonación de los arrecifes del sistema Veracruzano. Padilla, (1989) analiza la estructura comunitaria de los escleractinios en el arrecife El Cabezo. Pizaña, (1990) analiza la comunidad de moluscos arrecifales en el sistema Antón Lizardo, Veracruz basado en la teoría de Biogeografía de islas. Describe la riqueza específica, distribución y diversidad de la comunidad considerando también la distancia de los arrecifes a la costa.

## 2.2. Comunidades algales arrecifales.

Numerosos estudios han demostrado las 4 funciones básicas que tienen las algas dentro del sistema arrecifal, a) Productores primarios, b) Fijadores de Nitrógeno, c) Recicladores de Nutrientes, d) Formadoras y modificadoras arrecifales, además de ser consideradas como hábitat de numerosas especies animales. Esto se ha indicado en los estudios realizados por: Borowitzka y Larkum, (1986); Dawes, (1986); León, (1980); Littler *et al.*, (1989, 1990); Round, (1984); Wells, (1988), entre otros.

Así mismo, diversos enfoques en los estudios de las comunidades algales indican que numerosos factores tanto bióticos como abióticos son determinantes en los patrones de diversidad y composición específica de las comunidades arrecifales, (Dawes, 1986; Littler, *et al.*, (1989); Round, 1984; Van den Hoek, 1977).

En estos, Dawes (1986) indica que los factores físicos (luz, temperatura, oleaje y corrientes), tienen un papel relevante en la formación y continuidad de las comunidades vegetales marinas.

Begon, *et al.* (1986); Connell, (1978); Huston, (1985); Hughes, 1986; Jackson, (1977); Menge (1982), Round, (1984) y Van den Hoek, (1977) analizaron a la depredación y la competencia como dos factores biológicos determinantes para las comunidades algales en general.

Los numerosos factores físicos y biológicos mencionados se han considerado de manera conjunta en algunos estudios de comunidades algales. Un ejemplo de esto es el estudio de Van den Hoek, (1977); en donde explica la distribución de algunas especies de algas y corales en base a la luz, relacionada con la profundidad y las corrientes; discute también el efecto del forrajeo en un arrecife de Curacao.

Otro ejemplo de esto es el trabajo realizado por Borowitzka, *et al.*, (1986). En donde explica, la abundancia y la distribución de numerosas especies algales en una region arrecifal de la Gran Barrera, en base a la profundidad y tipo de sustrato.

### 2.3. Comunidades algales del Mar Caribe

Los trabajos de ficología marina en comunidades algales del Mar Caribe se centran en la descripción y sistemática de las mismas. Sin embargo, las macroalgas bentónicas del Caribe Mexicano han sido poco estudiadas como una comunidad importante dentro del sistema arrecifal (Huerta, *et al.*, 1987).

La historia de la investigación ficológica en la zona del Caribe, incluyendo información antes de Montagne y desde 1842 hasta 1959, ha sido resumida por Taylor, (1960) en su libro "Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coast of America" (Gómez-Pedroso, 1987).

Los trabajos más conocidos en ficología marina del Caribe Mexicano son los siguientes:

Los trabajos de Guzmán, (1965); Huerta, (1958, 1960, 1961). Tratan sobre la descripción de algunas especies algales arrecifales y de los bajos arenosos en la Sonda de Campeche, Cozumél, Isla Mujeres y Veracruz.

Los estudios de Huerta y Garza-Barrientos, (1964, 1966, 1980); describen algunas especies algales tanto arrecifales como litorales en las zonas de Veracruz, Campeche y Quintana Roo.

Humm, *et al.*, (1962), lista las especies para algunas zonas de Campeche y para la región sur del Golfo de México.

El trabajo de Kornicker, *et al.* (1959); describe la diversidad para las algas de arrecife Alacranes y Banco Campeche.

Huerta, *et al.* (1987) caracteriza algunas especies algales marinas de la península de Yucatán.

Mateo Cid, (1986) describe la flora para las algas bentónicas de la región protegida de Isla Cozumél.

#### **a. Arrecife de Pto. Morelos**

En el arrecife de Puerto Morelos existen dos trabajos:

El primero realizado por León, (1980), El cual analiza la abundancia, distribución y riqueza específica para la comunidad de macroalgas en la zona posterior del arrecife.

El segundo realizado por Gómez-Pedroso, (1987). Es un análisis taxonómico y de variaciones en la distribución específica en espacio y tiempo para la comunidad algal arrecifal.

Para apoyar estos objetivos, el presente estudio se apoya en las siguientes premisas:

- En el arrecife de puerto morelos no existe un patrón en la distribución, abundancia y diversidad a lo largo de un gradiente marcado por factores físicos y biológicos (como heterogeneidad espacial, profundidad, depredación, competencia, etc)
- El huracán Gilberto no causó cambios en la estructura arrecifal, en cuanto a la composición y riqueza específica de la comunidad algal.

## IV. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1. Mar caribe

La mayoría de las formaciones coralinas en el Atlántico se encuentran restringidas a una zona, llamada Región Zoogeográfica del Caribe, misma que se divide en 4 áreas: Noreste, (a la que pertenecen Florida, Bahamas, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Jamaica, Islas Virgenes); la región Sureste (que incluye Aruba, Curacao, Barbados, Martinica, Venezuela, Trinidad y Tobago), la región Suroeste (en donde se encuentra Honduras, Nicaragua, Costa rica y Panama); la región Noroeste (a la que pertenecen las costas de Belice, la Península de Yucatán y Golfo de México), (Glynn, 1976; Goreau, 1973; Porter, 1976; Stoddart, 1969).

#### a. Arrecife de Pto. Morelos.

El área de estudio en la que se desarrolló el presente trabajo pertenece al área noroeste de la región zoogeográfica del Caribe. (Fig.1).

Desde el punto de vista geológico se considera que la zona del Mar Caribe Mexicano forma parte de la plataforma continental de la Península de Yucatán. La corriente Yucateca se deriva de la corriente norecuatorial de las antillas, la dirección de la corriente es de sur a norte. Su origen se remonta a la transgresión post-glacial del Holoceno (Gomez-Pedrozo, 1987; Wells, 1988).

El arrecife de Puerto Morelos es un arrecife de barrera que forma parte de el sistema arrecifal que se encuentra al NE de la península de Yucatán. Pertenecce a el estado Quintana Roo, México. Se encuentra entre los paralelos  $20^{\circ} 48'$  y  $20^{\circ} 52'$  de latitud N, a los  $86^{\circ} 51'$  de longitud W (Gomez-Pedrozo, 1987; Jordán, 1979; León, 1980).

Esta región esta bajo la influencia de los vientos alisios dominantes de dirección E-W desviados ocasionalmente al SE-NW por la presencia del continente (Secretaría de Marina, 1979). Se encuentra en la ruta de paso de numerosos ciclones y tormentas tropicales.

El clima es de tipo Awi(X1)(il)g, cálido húmedo con lluvias en verano (Köeppen, modificado por García, 1964); un cociente de precipitación-temperatura con una media anual mayor de  $22^{\circ}$  C y una temperatura media del mes mas frío, mayor a  $18^{\circ}$  C. (Jordán, 1979; León, 1980).

En este lugar la precipitación anual es de 1100 - 1300 mm, con lluvias distribuidas irregularmente durante el año, presentándose la mayor parte en forma de chaparrones violentos y breves, con 4 ó 5 meses de secas, (Dachary y Burne, 1984).

A pesar de la gran precipitación no hay ríos ni escurrimientos superficiales. El agua filtrada a través de la caliza del subsuelo, corre subterráneamente desde la costa a profundidades someras (Dachary y Burne, 1984).

En la zona es posible observar 3 estaciones dominantes a lo largo del año, denominadas: secas, lluvias y nortes. La primera considerada entre los meses de noviembre a marzo y la segunda de abril a julio, la ultima de agosto a octubre. (González; 1982; Jordán, 1979).

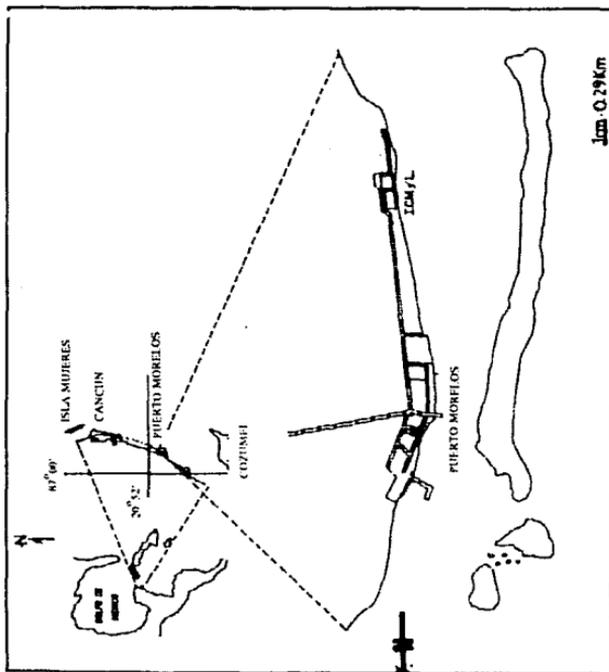


Figura 1. Localización del Área de estudio.

## V. METODOLOGÍA

### 5.1. Procedimientos de Campo

#### a. Prospección

Con el objeto de hacer un reconocimiento preliminar de la comunidad algal arrecifal. Durante el mes de enero de 1990, se realizaron recorridos prospectivos mediante buceo libre. Los recorridos se efectuaron en sentido perpendicular a la línea de costa.

Durante los recorridos se colectaron ejemplares de las especies más conspicuas en diferentes puntos del arrecife. Se anotaron los datos generales de colecta. Zona y/o subzona, Fecha, Sustrato (tipo, calidad), y comunidad dominante del punto de colecta.

Los ejemplares colectados se guardaron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio. Posteriormente se fijaron y se determinaron con la ayuda de claves.

Durante los recorridos, también se realizaron observaciones y anotaciones sobre diferencias en la composición específica con especial atención en las especies vegetales, profundidad y tipo de sustrato.

Como resultado de estos recorridos prospectivos fue posible determinar las estaciones de muestreo. Se seleccionaron 6 estaciones de muestreo a lo largo de 6 kms de costa bajo los siguientes criterios; vegetación representativa, heterogeneidad ambiental (presencia de microambientes), accesibilidad y la presencia de puntos de orientación en tierra (Fig.2).

El arrecife se dividió en zonas, bajo los criterios obtenidos luego de la prospección como son: la morfología general del arrecife, profundidad, tipo de sustrato, y especies arrecifales más conspicuas.

Las zonas en las que se dividió el arrecife son: Playa; Laguna arrecifal, (con tres subzonas, 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup>); Posterior; Rompiente ó Cresta Arrecifal y Frontal (con 2 subzonas, F.interior y F. exterior).(Fig.2).

De esta manera, el área de estudio se cuadrículó mediante líneas imaginarias formadas por las estaciones de muestreo (líneas punteadas) y las zonas arrecifales (líneas continuas). (Ver Fig.2).

Como resultado de esto se situaron 48 subestaciones de muestreo paralelas entre sí y perpendiculares a la línea de costa distribuidos en el área de estudio (Fig.2).

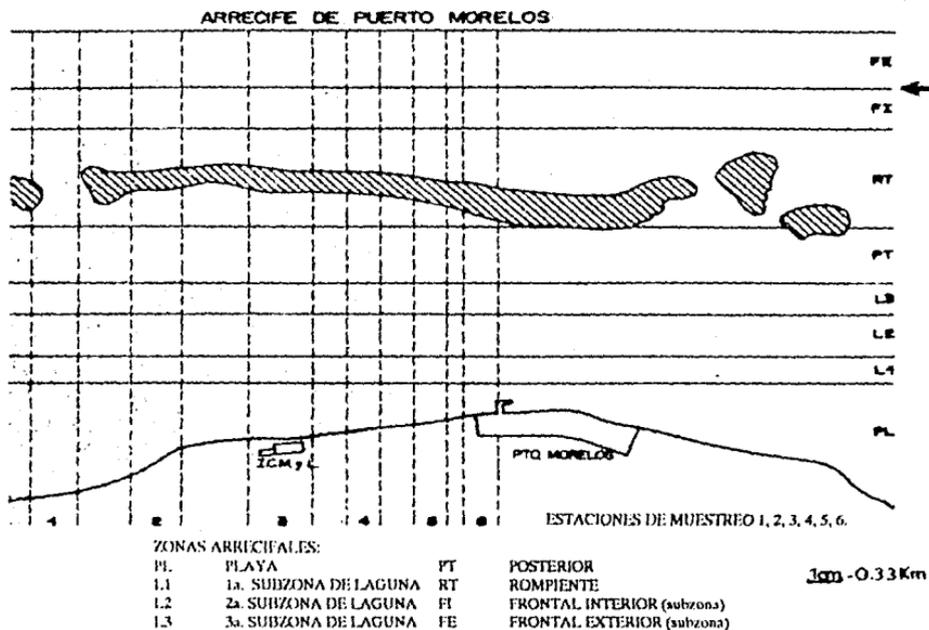


Figura 2. Zonas Arrecifales y Estaciones de Muestreo.

### b. Muestreo Piloto

#### Tamaño de muestra

Con el fin de determinar el tamaño de muestra requerido, se realizó un muestreo piloto, durante los meses de febrero y marzo de 1990.

Se utilizó un muestreo sistemático estratificado de acuerdo con Loya (1972, 1976). Se usaron transectos hechos de cuerda de nylon de 30 mts de largo, marcada con plomos cada metro. Se colocó un transecto en cada una de las zonas arrecifales elegidas al azar, en sentido perpendicular a la línea de costa, (Fig.2).

Para una mejor estimación de la abundancia específica, estimada con el porcentaje de cobertura en cada zona, se colocaron cuadrantes de un metro de lado, cada 5 mts de distancia tomando como referencia el transecto, según el método descrito por Loya, (1976).

El cuadrante fabricado con tubo PVC se marcó con líneas de nylon formando cuadros de 5 cm<sup>2</sup>. Los cuadros de 5 cm<sup>2</sup> se reconocieron como unidad de muestreo, tomando en cuenta las dimensiones de las especies algales arrecifales.

Con los datos obtenidos del muestreo piloto, se calculó la curva Área vs. Número de especies, para definir el área mínima muestreada por zona, según el método descrito por Zar, (1974). (30 mts resultó ser la distancia necesaria para encontrar la mayoría de las especies representativas en cada zona y subzona), (Fig.2).

### c. Toma de datos

La toma de datos se realizó durante los meses de abril a septiembre de 1990. En el periodo de abril a julio se muestrearon las zonas someras, (Playa, Laguna, Posterior, Rompiente) y en los meses de agosto y septiembre las dos subzonas profundas (F.interior, F.exterior).

En cada uno de los 48 subestaciones de muestreo se colocó un transecto, con ayuda de buceo autónomo. Y en cada transecto 6 cuadrantes, considerando a cada cuadrante como punto de muestreo.

Los datos se registraron de manera diferencial: Para las especies unitarias (crecimientos de un solo individuo) y las especies modulares (crecimientos masivos en donde no se distingue el límite entre un individuo y otro). (Begon, et al. 1986).

Para las especies modulares se registró el número de unidades de muestreo (cuadros de 5 cm<sup>2</sup>) que ocupó una especie dentro del cuadrante. Para las especies unitarias se contó el número de individuos presentes en el cuadrante. Los datos se estandarizaron en cuanto a unidades (cm<sup>2</sup>) con el fin de hacer comparables los datos.

Los datos registrados por transecto son: Estación de muestreo, zona, número de cuadrante, profundidad y tipo de sustrato. Los datos registrados en cada cuadrante son: Especie, Número de unidades de muestreo ocupadas o número de individuos por cuadrante, especies asociadas, variaciones en el tipo de sustrato.

La gran mayoría de las especies fueron identificadas *in situ*, las especies desconocidas fueron colectadas y llevadas al laboratorio, donde se fijaron e identificaron con la ayuda de claves.

## 5.2. Procedimientos de Laboratorio

### a. Determinación de especies.

El material colectado se fijó en una solución de formol glicerinado al 4 % (preparado con agua de mar). Se etiquetó con los siguientes datos: Zona y/o subzona, Fecha, Sustrato (tipo, calidad), y comunidad dominante del punto de colecta.

Para la identificación de las especies colectadas se hicieron preparaciones semipermanentes con la ayuda de observaciones Microscópicas, siguiendo la técnica de grenetina y fenól.

Las claves y listas utilizadas en la determinación de las especies fueron: Abbott, (1978); Humm, (1980); Kapraun y Norris, (1982); Norris, *et al.* (1982); Suarez, (1973); Taylor, (1935, 1960, 1976); Littler, *et al.* (1989); Woelkerling, (1976); Wynne, (1985).

## 5.3. Gabinete

### a. Procesamiento y sistematización de datos Cobertura

La cobertura como una medida de abundancia específica relativa, se obtuvo en base al área ocupada por una especie (en unidades de  $m^2$ ), (Begon, *et al.* 1986). El porcentaje de cobertura se calculó en términos de dichas unidades.

El porcentaje de cobertura específica se calculó para cada división, por zona y estación.

### Diversidad

Los índices de diversidad de Simpson ( $D'$ ) y Shanon-Winner ( $H'$ ) fueron calculados para medir la diversidad de la comunidad de algas en el presente trabajo.

El índice de Simpson calcula la proporción de individuos con la que cada especie contribuye al total de la muestra. Se calculo con la fórmula:

$$D' = 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2$$

donde:

S=Riqueza específica de la comunidad.

$p_i^2$ =Proporción de el total de individuos de la *i*ésima especie.

Y la equitabilidad (toma valores entre 0 y 1) compara los valores de diversidad observados y la diversidad máxima (todos los individuos están igualmente distribuidos entre las especies,  $D_{max}=S$ ), (Begon, *et al.* 1986). Su fórmula es:

$$E = D' / D_{max}$$

El índice de Shannon-Wiener se calculo con la fórmula:

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

donde:

S Numero de especies.

$p_i^2$  Proporción de individuos de la *i*ésima especie.

La equitabilidad para el índice de Shannon (J) se encuentra entre 0 y  $H_{max}$  In S. Se calculo como:

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

Aún cuando en este trabajo fueron calculados ambos índices, solo se manejan los valores del índice de Simpson, dada la mayor facilidad con la que estos pueden ser analizados y considerando la similitud entre los patrones descritos por cada uno de los índices.

#### Dominancia relativa específica.

Para conocer la dominancia específica, en cada una de las zonas arrecifales descritas, se calculó el valor de importancia relativa (VIR) para cada especie por zona.

Los VIR se calcularon en base a la cobertura y frecuencia relativa específica, se ordenaron según el método descrito por Krebs, (1985), para comunidades vegetales, (Begon, *et al.* 1986; Hughes, 1984, 1986; Zar, 1974).

Los ordenes de importancia relativa (OIR) se obtuvieron ordenando las especies en orden jerárquico en cuanto al VIR, (Hughes, 1984; Glynn, 1976).

El VIR se calculó con la siguiente formula:

$$C = (X/Y) (100)$$

donde:

C=Cobertura relativa

X=Numero de unidades de muestreo ocupados por la especie x

Y=Numero total unidades de muestreo ocupados por todas las especies

$$F = (Z/W) (100)$$

donde:

F=Frecuencia relativa

Z=Frecuencia de la especie x

W=Suma de los valores de frecuencia de todas las especies

$$VIR = C + F$$

### Comparaciones

El presente trabajo incluye una sección comparativa con los dos trabajos realizados en el área de estudio en fechas anteriores al Huracán Gilberto (Septiembre de 1988). (Ver Figura.2).

Como ya se indicó, el primero es el trabajo realizado por León, en 1980. Este es un trabajo que considera además de la distribución en las tres subzonas de la zona posterior (Jordán, 1979) la abundancia relativa por especie. Sin embargo, debido a que el presente trabajo considera una metodología de estimación de abundancia diferente a la utilizada por León solo se compara la composición y la riqueza específica (S) por división para la zona de posterior.

El segundo trabajo fué realizado por Gómez-Pedrozo en 1986. En este estudio se realizaron colectas y muestreos para diez estaciones de muestreo. Con este trabajo solo son comparables los resultados de composición y riqueza específica de 4 estaciones de muestreo comunes para ambos trabajos, (estaciones 1,3,5 y 6).

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Composición específica.

En el área de estudio se encontró un total de 63 especies. Estas pertenecen a tres grupos importantes de macroalgas arrecifales, Chlorophyta (o algas verdes), Phaeophyta (algas cafés o pardas) y Rhodophyta (o algas rojas), (Tabla.1).

**TABLA.1. LISTADO DE ESPECIES DE MACROALGAS BENTONICAS EN EL ARRECIFE PTO. MORELOS, Q.ROO. (Segun Wynne, 1985)**

#### CHLOROPHYTA

<i>Acetabularia calyculus</i>	Lamour.
<i>Anadyomene stellata</i>	(Wulf.) C. Ag.
<i>Avrainvillea longicaulis</i>	(Kutz.) Murray & Boodle.
<i>A. nigricans</i>	Dec.
<i>A. rowsonii</i>	(Dickie) Howe.
<i>Bryopsis pennata</i>	Lamour
<i>B. Plumosa</i>	(Huds.) C. Ag.
<i>Caulerpa cupressoides</i>	(Vahl.) C. Ag.
<i>C. paspaloides</i>	(Bory.) Grev.
<i>C. prolifera</i>	(Forssk.) Lamour.
<i>C. racemosa</i>	(Forssk.) J. Ag.
<i>C. verticillata</i>	J. Ag.
<i>Chaetomorpha aerea</i>	(Dillw.) Kutz.
<i>Cladophora catenata</i>	(L.) Kutz.
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	(Forssk.) Borgesen.
<i>Halimeda discoidea</i>	Dec.
<i>H. incrassata</i>	(Ell.) Lamour.
<i>H. lacrimosa</i>	Howe.
<i>H. monile</i>	(Ell & Sol.) Lamour.
<i>H. opuntia</i>	(L.) Lamour.
<i>H. simulans</i>	Howe.
<i>H. tuna</i>	(Ell & Sol.) Lamour.
<i>Neomeris annulata</i>	Dickie.
<i>Penicillus capitatus</i>	Lamarck.
<i>P. dumetosus</i>	(Lamour) Blainv.
<i>Rhypocephalus oblongus</i>	(Dec.) Kutz.
<i>R. phoenix</i>	(Ell & Sol.) Kutz.

<i>Udotea congluinata</i>	(Eli & Sol.) Lamour.
<i>U. cyathiformis</i>	Dec.
<i>U. flabellum</i>	(Eli & Sol.) Howe.
<i>U. spinulosa</i>	Howe.
<i>U. wilsonii</i>	E.S.Gepp & Howe.
<i>Valonia utricularis</i>	(Roth.) C. Ag.
<i>Valonia. sp.</i>	

## PHAEOPHYTA

<i>Dicryopteris. sp.</i>	Lamour.
<i>Dicryota bartayresiana</i>	Lamour.
<i>D. cervicornis</i>	Kutz.
<i>Lobophora variegata</i>	(Lamour.) Womers.
<i>Padina pavonica</i>	(L.) Thivy
<i>Sargassum polyceratum</i>	Mont.
<i>Styopopium zonale</i>	(Lamour) Papenf.
<i>Turbinaria turbinata</i>	(L.) Kuntze.

## RHODOPHYTA

<i>Acanthophora spicifera</i>	(Vahl) Borg.
<i>Amphiroa fragilissima</i>	(L.) Lamour.
<i>A. tribulus</i>	(Eli & Sol.) Lamour.
<i>Champia salicornoides</i>	Harv.
<i>Chondria tenuissima</i>	(Good & Woodw.) C.Ag.
(?) <i>Flahaultia tegeiformis</i>	W.Taylor.
<i>Galaxaura oblongata</i>	(Eli & Sol.) Lamou.
<i>G. subverticillata</i>	Kjell.
<i>G. squalida</i>	Kjell.
<i>Gelidium acerosa</i>	(Forsk.) Feldhann & Hammel.
<i>Gracilaria sp.</i>	
<i>Hypnea spinella</i>	(C. Ag.) Kutz.
<i>Jania adhaerens</i>	Lamour.
<i>Laurencia. sp.</i>	
<i>Liagora sp.</i>	
(?) <i>Meristiella echinocarpum</i>	Areschoug
(?) <i>M. gelidium</i>	J. Ag.
<i>Mesophyllum mesomorphum</i>	(Fosl.) Adey.
<i>Neogoniolithon strictum</i>	(Fosl.) Seichell & Mason.
<i>Polysiphonia sp.</i>	
<i>Wrangelia argus</i>	(Mont.) Mont.

NOTA: (?) Indica especies no certificadas por falta de muestras suficientes

Estas 63 especies encontradas representan a 40 géneros. En la división Chlorophyta, hay 15 géneros (34 especies), 7 géneros en el grupo Phaeophyta (8 especies), y 17 para Rhodophyta (21 especies), (Tabla.2).

En base al número de especies de cada grupo, se calculó un porcentaje (Tabla.2). El mayor número de especies se observó en el grupo Chlorophyta (54.97 %). En segundo término se encuentra el grupo Rhodophyta (33.33%), seguido de la división Phaeophyta (13.12 %). El porcentaje de especies por división se grafica en la Figura.3.

TABLA.2. TOTAL DE GÉNEROS Y ESPECIES POR DIVISIÓN

DIVISIÓN	GÉNEROS	ESPECIES	%
CHLOROPHYTA	15	34	54.97
RHODOPHYTA	17	21	33.33
PHAEOPHYTA	8	8	12.70
TOTAL	40	63	100.00

NOTA. Estos totales se presentan considerando a las 10 especies que no fueron registradas durante las actividades de trabajo de campo.

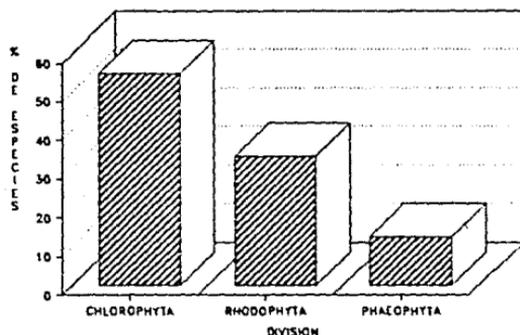


Figura 3. Porcentaje de especies de macroalgas para tres divisiones en el arrecife de Pto. Morelos, Q. Roo.

De los 63 especies totales solo 53 (35 génera) se observaron durante la colecta de la etapa prospectiva y el muestreo. 10 especies se observaron eventualmente fuera de las actividades de trabajo de campo, flotando o tiradas en la playa después de días con lluvias y vientos fuertes, (En temporada de nortes principalmente).

De las 10 especies mencionadas, 5 son del grupo Chlorophyta *Avrainvillea nigricans*, Decaisne.; *Anadyomene stellata*, (Wulf.) C.Ag.; *Halimeda monile*, (Ell & Sol.) Lamour.; *Halimeda simulans*, Howe.; *Udotea wilsonii*, E.S. Gepp & Howe y 5 del grupo Rhodophyta *Champia salicornoides*, *Gracilaria* sp, *Liagora* sp, *Meristiella echinocarpum*, (Areschoug); *Meristiella gelidium*, (J.Ag.) (Ver Tabla.3).

#### a. Distribución especial

En la tabla 3 (Zonación) se resume la distribución de las especies algales a lo largo de la estructura arrecifal indicando los totales de especies presentes por división en cada zona y subzona.

Es importante indicar que en el grupo Chlorophyta hay 5 especies que se distribuyen en todo el arrecife, *Halimeda opuntia*, *Penicillus capitatus*, *Penicillus dumetosus*, *Rhipocephalus oblongus* y *Rhipocephalus phoenix*. Solo una especie de Rhodophyta se encuentra en todas las zonas, *Laurencia* sp y ninguna especie de Phaeophyta se encontró distribuida en todas las zonas arrecifales, (Tabla.3).

TABLA.3. ZONACION (DISTRIBUCION) DE 53 ESPECIES DE MACROALGAS BENTONICAS PARA EN EL ARRECIFE DE PTO. MORELOS, Q.ROO.

PL= Playa, L= Laguna (Subzonas 1,2,3), PT= Arrecife Posterior, RT= Rompiente, FI= Frontal Interior, FE= Frontal Exterior.

CHLOROPHYTA								
Zonas	PL	L1	L2	L3	PT	RT	FI	FE
<i>Acetabularia corymbosa</i>	•	•	•		•			
<i>Avrainvillea longicaulis</i>	•	•	•		•			
<i>A. rowsonii</i>	•	•		•		•		
<i>Bryopsis pennata</i>					•	•		
<i>B. Plumosa</i>	•	•	•		•	•	•	•
<i>Caulerpa cupressoides</i>					•	•		•
<i>C. paspaloides</i>	•	•	•					
<i>C. prolifera</i>							•	•
<i>C. racemosa</i>		•			•	•	•	•
<i>C. verticillata</i>								•
<i>Chaetomorpha acerea</i>						•		
<i>Cladophora catenata</i>					•	•	•	•
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>		•	•	•	•	•	•	•

<i>Halimeda discoidea</i>								
<i>H. incrassata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>H. lacrimosa</i>							.	.
<i>H. opuntia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>H. nana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neomeris annulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Penicillus capitatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>P. dumetosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhipocephalus oblongus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>R. phoenix</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Udotea conglutinata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>U. cyathiformis</i>								.
<i>U. flabellum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>U. spinulosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Valonia ubicularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Valonia. sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.

Total de especies								
por subzona arrecifal	16	17	16	18	21	21	17	19

Se observaron cinco especies de esta división fuera del muestreo.

*Avrainvillea nigricans*      *Halimeda similans*  
*Anadyomene stellata*      *Halimeda monile*  
*Udotea wilsonii*

PHAEOPHYTA								
Zonas	PL	L1	L2	L3	PT	KT	FI	FE
<i>Dictyosperis. sp.</i>	.		.	.	.	.	.	.
<i>Dictyota bartayresiana</i>	.			.	.	.	.	.
<i>D. cervicornis</i>					.	.	.	.
<i>Lobophora variegata</i>			.		.	.	.	.
<i>Palina pavonica</i>		.	.	.	.	.	.	.
<i>Sargassum polyceratum</i>			.	.	.	.	.	.
<i>Styopopium zonale</i>			.		.	.	.	.
<i>Turbinaria turbinata</i>					.	.	.	.

Total de especies								
por zona arrecifal	2	1	3	5	8	8	8	8

RHODOPHYTA								
Zonas	PL	L1	L2	L3	PT	RT	FI	FE
<i>Acanthophora spicifera</i>		*	*				*	*
<i>Amphiroa fragilissima</i>		*					*	*
<i>A. tribulus</i>						*	*	*
<i>Chondria tenuissima</i>		*						
<i>Flahaultia tegetiformis</i>								*
<i>Galaxaura oblongata</i>						*	*	
<i>G. subverucillata</i>							*	
<i>G. squalida</i>						*	*	*
<i>Gelidium acerosa</i>					*			
<i>Hypnea spinella</i>		*	*		*	*	*	*
<i>Jania adhaerens</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>Laurencia. sp.</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>Mesophyllum mesomorphyum</i>						*	*	*
<i>Neogoniolithon strictum</i>						*		
<i>Polysiphonia sp.</i>							*	
<i>Wrangelia argus</i>					*		*	*
<b>Total de especies por zona arrecifal</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Se observaron cinco especies de esta división fuera del muestreo.

*Champia salicornoides* *Gracilaria. sp*  
*Meristiella echinocarpum* *M. gelidium* *Liagora. sp*

## 6.2. Caracterización de las Zonas Arrecifales

En las siguientes características se describen los cambios observados comparativamente con la descripción hechas por Castañares, (1978) y Jordán, (1979). Estos cambios se atribuyen a los efectos causados por el huracán Gilberto. (Figs.2 y 4).

Playa (PL): Esta zona se considera desde la sección de intermarea hasta una distancia promedio de 25 a 30 mts en relación a la playa. En los primeros 10 metros de ésta zona no se encuentra vegetación. En los siguientes metros es posible observar algunos parches aislados de pastos marinos del género *Syringodium* y *Thalassia testudinum* (Koenig). De manera aislada o asociada a los parches de pastos se encuentran algunos crecimientos de algas. Las especies algales más

importantes en la zona son *Penicillus capitatus*, (Lamarck.), *Jania*. sp (Lamour.) y *Bryopsis plumosa* (Huds.) C.Ag., principalmente. El tipo de sustrato es arena fina. La profundidad en la parte más baja es de 1 mt.

Laguna (L): En esta zona se observan marcados cambios en cuanto a la talla y densidad (observada, no medida) de los pastos marinos, mismos que caracterizan la zona. En base a estos cambios la laguna se divide en 3 subzonas.

La primera (L1): Se caracteriza por tener una menor talla y densidad del género *Syringodium* y *Thalassia testudinum*, (en relación a las otras dos subzonas). En esta subzona se encontraron algunos parches aislados del género *Halodule*.

La talla de los pastos en esta subzona es la más pequeña registrada en la zona. La epifauna de los pastos es más evidente. Las especies algales dominantes son *Penicillus capitatus*, *Penicillus dumetosus* (Lamour.) Blainv. y *Udotea flabellum* (Ell & Sol.) Howe, principalmente. La profundidad va de 1 a 3 mt en su parte más baja. El sustrato es arenoso, fangoso, con gran cantidad de restos de plantas, pedacera de esponjas y materia orgánica.

La segunda (L2): Se caracteriza por que la talla y la densidad de *Syringodium* y *Thalassia testudinum* son aparentemente similares. El género *Halodule* es muy poco representado. Las especies algales más conspicuas son *Penicillus dumetosus*, *Udotea spinulosa* Howe., *Halimeda opuntia* (L.) Lamour. y *Rhiphocephalus phoenix* (Ell & Sol.) Kutz. La fauna más evidente esta formada por grandes esponjas, crecimientos aislados de escleractinios y gorgonaceos. La profundidad oscila entre 3 y 4 mts. El sustrato es arenoso con pedacera gruesa aislada, formada principalmente por restos de corales y conchas grandes de moluscos.

La tercera (L3): En esta subzona la densidad y la talla de *T.testudinum* es mayor a la talla de *Syringodium*.sp. El género *Halodule* es una especie rara en este lugar. En esta subzona se registran las mayores tallas observadas en los pastos. Las especies algales más evidentes son *Rhiphocephalus phoenix*, *Amphiroa tribulus* (Ell & Sol.) Lamour, *Halimeda opuntia* y *Udotea flabellum*. La fauna está formada por corales escleractinios, crecimientos aislados de *Gorgonia flabellum*, peces y poliquetos. La profundidad oscila entre los 3.5 y 4.5 mts. El sustrato es arenoso, con pedacera gruesa de coral muerto, sobre los cuales son abundantes los crecimientos de algas.

Dentro de la laguna la formación de parches de arena (Blanquiazales) son muy comunes. El límite entre las subzonas no es evidente en todos los puntos del arrecife. En algunas ocasiones las variantes de crecimiento descritas en los pastos se encuentran entremezcladas a manera de parches muy próximos, esto sucede en las transiciones principalmente.

Posterior (PT): En esta zona no es posible distinguir subzonas. La subzona de *Acropora palmata* (más cercana a la rompiente) ha desaparecido totalmente. Sin embargo, en algunos puntos se observan restos de lo que pudo ser la subzona mixta y la subzona de *Montastrea anularis*, (Jordán, 1979). Se encuentran pedacerafa formada de trozos grandes de corales escleractinios muertos intercalados con algunos crecimientos de corales y esponjas. Así, se forma una matriz de sustrato duro sobre la cual crecen algas, cubriendo un importante porcentaje del sustrato disponible. La fauna más conspicua son los peces que utilizan las matrices de coral y las algas como habitat. La profundidad va de 1 a 3 mts.

Rompiente (RT): Esta es la zona más somera de el arrecife de 0 a 1.5 mt de profundidad. En días con vientos moderados y mareas bajas emerge y se observa desde la costa. Es una zona con gran intensidad del oleaje. La fauna esta formada por crecimientos de *Millepora complanata* y otros crecimientos aislados de *Diploria* sp., *Agaricia* sp., *Porites* sp., *Plexaura* sp., *Gorgonia flabellum* y numerosas especies de peces. Las especies algales estan representadas por *Dictiopteris* sp., *Turbinaria turbinata* (L.) Kuntze. y *Valonia utricularis* (Roth.) C. Ag. principalmente.

Frontales (F): En esta zona se distinguen dos subzonas en base cambios en la morfología, biota y profundidad.

Frontal Interior (FI): Es la subzona más somera de la región profunda del arrecife. La profundidad va de 2 a 7 mts. La característica particular es el crecimiento de las colonias de *Gorgonia flabellum*, así como la mayor cobertura algal observada. Las algas crecen incluso sobre las colonias de *Gorgonia flabellum* y sobre la pedacerafa aislada de coral muerto entre el extenso arenal. Las especies algales dominantes son *Lobophora variegata*, (Lamour.) Womers. *Turbinaria turbinata* y *Valonia utricularis*.

Frontal Exterior (FE): Es la subzona más alejada de la costa y profunda del arrecife (a partir de 8 mts). Las colonias de *Plexaura* sp son más evidentes en comparación a las colonias de *Gorgonia flabellum* a medida que aumenta la profundidad. Los crecimientos de cabezos de corales escleractinios son muy aislados. La cantidad de sustrato arenoso aumenta con la profundidad y la cobertura algal disminuye. Las especies de algas más representadas en este lugar son *Halimeda discoidea*, Dec. *Sargassum* sp., *Valonia utricularis* y *Wrangelias argus* (Mont.) Mont.

Sin embargo, esta no es una caracterización homogénea. Este es un arrecife de barrera, atípico para la zona del Caribe (Jordán, 1979; 1980).

De esta forma, fue posible dividir al arrecife en tres categorías en términos de profundidad: Somera, a la que pertenece la zona de rompiente. Media, en donde se encuentran las zonas de playa, laguna y posterior. Y profunda a la que corresponde la zona frontal.

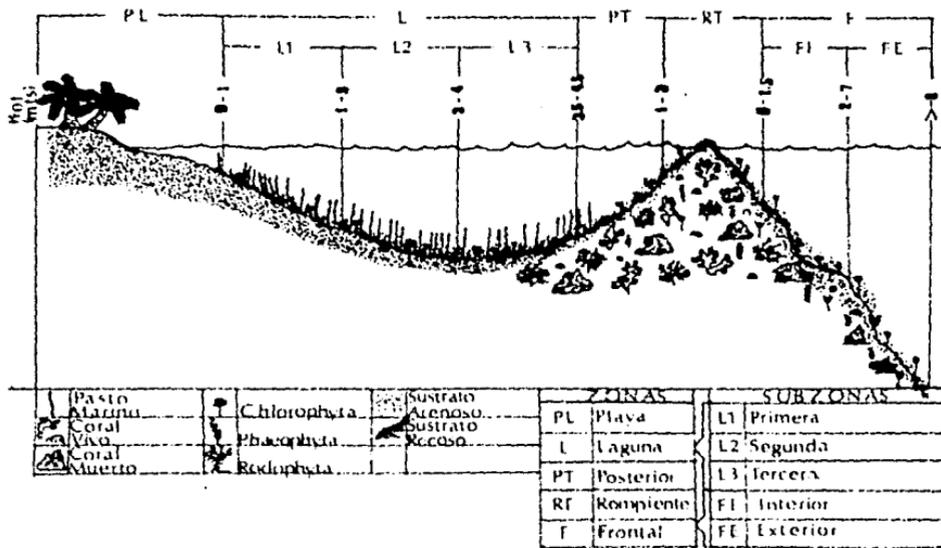


Figura 4. Perfil Arrecifal.

## 6.3. Riqueza específica (S).

## a. Por zona arrecifal

En el análisis de número de especies por secciones (zonas y subzonas) se indica que el grupo más numeroso en todos los casos es el grupo Chlorophyta. Después, el grupo más numeroso es Rhodophyta, y que el grupo menos representado en la mayoría de las secciones son las algas pardas, (Tabla.4).

Se observa que las zonas con un mayor número de especies son las zona de frontal (S=40), laguna y posterior (S=39) y la zona con menor número de especies es la playa (S=22).

Las algas verdes son el grupo con mayor riqueza específica en las zonas frontal (S=22). Sin embargo la diferencia frente a las zonas de laguna, posterior y rompiente es de una especie, (S=21).

En el grupo de las algas pardas se observa que para las zonas de posterior, rompiente y frontales las ocho especies reportadas están presentes (S=8). En la zona de laguna solo hay 6 especies

En la zona de laguna el grupo Rhodophyta tiene el mayor número de especies (S=12) y las zonas de posterior y frontal tienen el mismo número de especies (S=10).

A la zona de playa corresponden los valores más bajos en el número de especies de los tres grupos.

TABLA.4. RIQUEZA ESPECIFICA (S) PARA CADA ZONA ARRECIFAL

PI= Playa, L= Laguna, PT= Arrecife Posterior, RT= Rompiente, F= Frontal.					
ZONAS	PL	L	PT	RT	F
CHLOROPHYTA	16	21	21	21	22
PHAEOPHYTA	2	6	8	8	8
RHODOPHYTA	4	12	10	7	10
TOTALES	22	39	39	36	40

## b. Por estación de muestreo

Los mayores valores de riqueza específica en el análisis por estación corresponde a la estación 5 (S=44) y 6 (S=42). En las estaciones 1,2,3 y 4 el número

de especies es similar ( $S=38$ ). Es importante mencionar que la composición específica es muy semejante entre las diferentes estaciones. La estación que muestra más diferencias en su composición es la estación 6. (Tabla.5).

La tabla 5 muestra la riqueza específica de cada grupo por estación. Se indica que el número de especies de cada grupo es muy semejante entre las estaciones. En este caso, al igual que en el análisis por zona las especies más numerosas son del grupo Chlorophyta. En segundo término las especies del grupo Rhodophyta y la menos representada es la división Phaeophyta.

**TABLA.5. RIQUEZA ESPECIFICA (S) POR ESTACION DE MUESTREO**

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6
CHLOROPHYTA	22	22	22	22	25	25
PHAEOPHYTA	6	6	6	7	7	7
RHODOPHYTA	10	10	10	9	12	9
TOTALES	38	38	38	38	44	41

### c. Comparativo

Como ya se mencionó anteriormente, en el presente estudio se comparó la riqueza y la composición específica reportada en los dos trabajos realizados antes de septiembre de 1988 (Huracán Gilberto) en la zona de estudio.

León, (1980). En este reporta un total de 51 especies en tres grupos (Chlorophyta, Rhodophyta y Phaeophyta) para la zona posterior. Las especies actualmente observadas en la zona ( $S=39$ ), representan el 76.47 % de las especies reportadas por León. (Ver tabla 4). Esto indica una disminución del 23.53 % en la riqueza específica.

Es importante resaltar que León reporta un patrón similar al mencionado para el número de especies de cada división. En donde indica que el grupo de las algas verdes está formado por un mayor número de especies ( $S=26$ ) y el grupo de las algas pardas tiene el menor número de especies ( $S=8$ ).

Sin embargo, al comparar los números de especies reportados para los diferentes grupos algales, también es evidente la disminución del número de especies para el grupo de algas verdes y rojas. Ya que en el grupo Phaeophyta sigue formado por 8 especies. (Tabla.6).

En la tabla 6 se resumen el resultado de la comparación entre las especies reportadas por León y las observadas durante el desarrollo de este trabajo para la zona de posterior. Es importante señalar que la mayoría de las especies cuantificadas e indicadas como diferentes se incluyen en el listado de especies (Tabla.1.) debido a que fueron observadas en otras zonas, pero no se observaron en el posterior.

Resulta interesante hacer énfasis en que uno de los efectos más conspicuos del Huracán Gilberto en el arrecife es la discontinuidad en las tres subzonas indicadas por Castañares (1978) y Jordán, (1979); en la zona de posterior. Ya que se presentan restos de ellas en forma de parches y no en forma de franjas continuas y paralelas.

**TABLA. 6 .RIQUEZA ESPECIFICA (S) COMPARANDO LAS ESPECIES REPORTADAS POR LEÓN, (1980) Y LAS ESPECIES OBSERVADAS EN EL PRESENTE TRABAJO EN LA ZONA DE POSTERIOR**

DIVISION	CHLOROPYTA	RHODOPHYTA	PHAEOPHYTA	TOTAL
(S)				
LEON TEJERA	26	17	8	51
(S)	21	10	8	39
#SPS COMUNES	12	9	6	27
# DE SPS DIFERENTES REPORTADAS COMO GENEROS COMUNES	2	20	1	23
#SPS REPORTADAS POR LEON NO OBSERVADAS EN LA ZONA DE POSTERIOR	10	6	1	17
#SPS NO REPORTADAS POR LEON OBSERVADAS EN LA ZONA DE POSTERIOR	6	3	1	10

El segundo trabajo fue realizado por Gómez-Pedrozo, (1987). Esta comparación se hizo para cuatro estaciones de muestreo comunes entre ambos trabajos (1,3,5 y 6), (Ver Figura 2).

Gómez-Pedrozo reportó 160 especies de macroalgas. Sin embargo, es evidente que solo un pequeño porcentaje de estas especies (51.87 %) fueron observadas durante el desarrollo del presente trabajo. Sin embargo, Pedrozo, indica que el muestreo se realizó a una distancia de la playa no mayor a 100 mts, (Una tercera parte del area muestreada en el presente estudio).

Chlorophyta: En las estaciones 1,3 y 5 el número de especies presentes es menor al número de especies encontradas anteriormente. En la estación 6 solo se encontró una especie más.

Phaeophyta: En las estaciones 1,3 y 6 el número de especies disminuyó. Para la estación 5 el incremento actual es de una especie.

Rhodophyta: En este grupo la riqueza específica disminuyó en las cuatro estaciones. Sin embargo, esta diferencia es más marcada en las estaciones 1,3 y 5.

Considerando las diferencias observadas, se analizaron de forma cuantitativa para cada estación de muestreo. Estas diferencias se resumen en la Tabla 7.

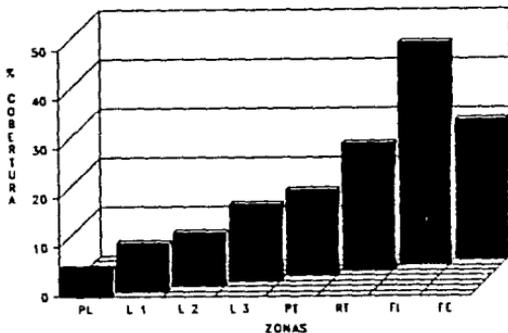
**TABLA.7. RIQUEZA ESPECIFICA (S), (S) REPORTADA POR GOMEZ-PEDROZO, (1987) =(\*) Y (S) OBSERVADA EN (1990) =(\*\*) PARA CUATRO ESTACIONES DE MUESTREO (1,3,5 Y 6)**

DIVISION	ESTACION DE MUESTREO		
		(*)	(**)
CHLOROPHYTA	1	37	22
	3	35	22
	5	26	25
	6	25	25
RHODOPHYTA	1	39	10
	3	21	10
	5	19	12
	6	12	9
PHAEOPHYTA	1	12	6
	3	11	6
	5	6	7
	6	8	7
TOTAL	1	88	38
	3	67	38
	5	51	44
	6	45	41

## 6.4. Abundancia relativa (Cobertura)

**a. Cobertura Total**  
**Por zona arrecifal**

En el análisis de cobertura algal total (expresada en porcentaje) para las diferentes zonas arrecifales, se encontró un gradiente que aumenta hasta llegar a la primera subzona del frontal (Frontal interior) y disminuye nuevamente en la segunda subzona (Frontal exterior). Cabe mencionar que el frontal interior tiene un rango de profundidad entre 2 y 7 mts y la mayor cobertura algal observada (45.97%) y que el frontal exterior tiene una profundidad mayor a 8 mts y una cobertura de (28.35%). La menor cobertura algal corresponde a la zona de playa, (5.43%), (Figura.5).



PL= Playa, L= Laguna (Subzonas 1,2,3), PT= Arrecife Posterior,  
 RT= Rompiente, FI= Frontal interior, FE= Frontas Exterior

Figura 5. Porcentaje de cobertura total de macroalgas por zonas y subzonas en el arrecife de pto. Morelos, Q. Roo.

**Por estación de muestreo**

En el análisis de cobertura algal total por estación se observó que el mayor porcentaje de cobertura corresponde a la estación 3 (22.94 %). La estación con menor porcentaje de cobertura algal es la estación 1 (13.52 %). Es importante resaltar que esta estación es atípica con respecto a las otras 5 debido a que en ella,

la zona de posterior es muy amplia y la zona de rompiente prácticamente no existe (es una entrada libre de agua hacia la laguna), (Figura.6).

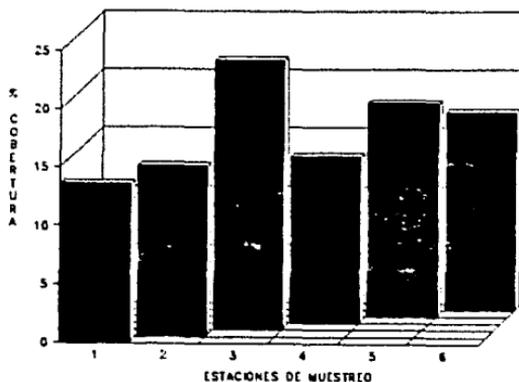


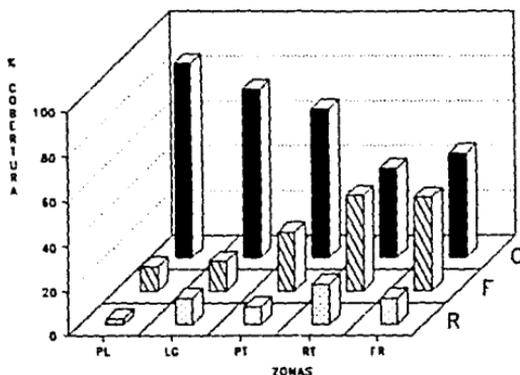
Figura 6. Porcentaje de cobertura total de macroalgas calculada por estación de muestreo en el arrecife de Pto. Morelos, Q. Roo.

#### b. Cobertura por División Por zona arrecifal

También se calculó el porcentaje de cobertura para cada división por zona arrecifal. En este caso se encontró un patrón diferente al esperado en base a los resultados anteriores. Ya que el resultado esperado es que en términos de cobertura también el grupo de las algas verdes fuera mayor, las algas rojas se encontrarán en segundo término y las algas pardas obtuvieran el menor porcentaje de cobertura.

Sin embargo, la tendencia general observada es que las algas verdes tienen el mayor porcentaje, las algas pardas están en segundo término y en último se encuentran las algas rojas en todas las zonas (excepto en la rompiente), (Figura.7).

El grupo Chlorophyta obtuvo los mayores porcentajes en todas las secciones, excepto en la zona más somera (rompiente), (39.33%), en donde el grupo de las algas pardas tiene el mayor porcentaje (42.16%). Sin embargo la diferencia entre estos grupos es de solo 2.82%.



PL= Playa, LG= Laguna, PT= Arrecife Posterior, RT= Rompiente, FI= Frontal interior, FE= Frontas Exterior

Figura 7. Porcentaje de cobertura por zona para tres divisiones algales. C=Chlorophyta, F=Phaeophyta, R=Rhodophyta.

#### Por estación de muestreo

Los resultados de cobertura por estación siguen un patrón similar al observado en el análisis por zonas. En donde el mayor porcentaje corresponde al grupo de las algas verdes, seguido en importancia de las algas pardas, con la menor cobertura para las algas rojas. Este patrón predomina en las seis estaciones de muestreo, (Figura.8).

La mayor cobertura de Chlorophyta se encontró en la estación 6, (65.95%) y la menor corresponde a la estación 4, (47.73%). En la estación 4 también se encontró la mayor cobertura para el grupo Phaeophyta (35.33%) y la menor cobertura en este grupo se encontró en la estación 6 (24.49%). La mayor cobertura de las algas rojas se encuentra en la estación 1, (18.13%) y la menor corresponde a la estación 6, (9.54%).

#### 6.5. Diversidad

##### a. Por zonas arrecifal

El mayor valor de diversidad en el arrecife corresponde a la zona más somera, la rompiente ( $D'=13.52$ ) y el más bajo corresponde a la playa ( $D'=6.82$ ). La figura 9 muestra el patrón general de diversidad por zonas del arrecife.

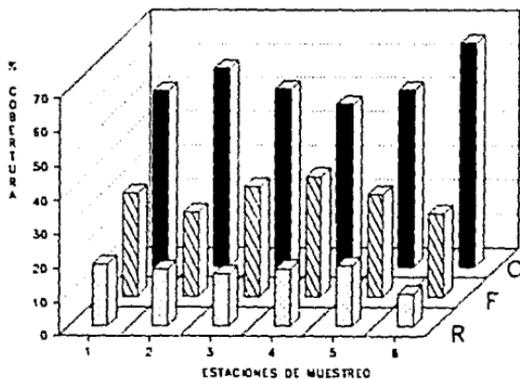
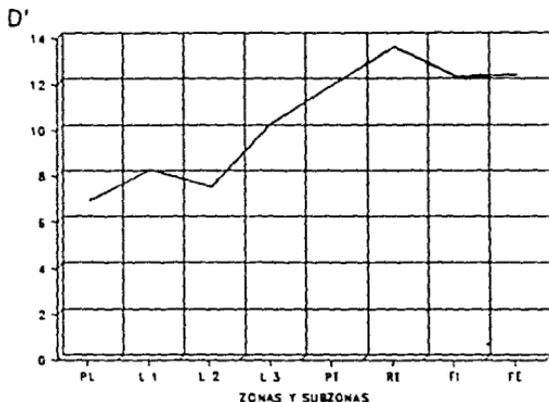


Figura 8. Porcentaje de cobertura por estación de muestreo para divisiones algales. C=Chloropyta, F=Phacophyta, R=Rhodophyta.



PL= Playa, LG= Laguna, PT= Arrecife Posterior, RT= Rompiente, FI= Frontal interior, FE= Frontas Exterior

Figura 9. Patrón de diversidad Índice de Simpson (D') calculada por zonas y subzonas.

El patrón de diversidad describe una tendencia a aumentar y disminuir (dentro de un pequeño rango 6 y 8), en las tres primeras secciones con profundidad media; playa y ( $D'=6.82$ ); laguna: en la primera, ( $D'=8.17$ ); y segunda subzona ( $D'=7.42$ )

A partir de la segunda subzona de la laguna la diversidad tiende a aumentar hasta la zona más somera del arrecife, la rompiente, ( $D'=13.52$ ).

En la rompiente la diversidad disminuye hacia el frontal interior, ( $D'=12.23$ ). Aún cuando, tiene un ligero aumento hacia el frontal exterior, ( $D'=12.28$ ).

En general el patrón de diversidad en el análisis por zona demuestra que es posible separar el patrón de diversidad observado en tres categorías: menor, media y mayor, con relación al tipo de sustrato respectivo a cada categoría.

La menor diversidad corresponde a zonas de profundidad media en combinación con sustrato arenoso; playa, y la laguna en la primera y segunda subzona.

La diversidad media corresponde a dos secciones de profundidad media, con sustrato arenoso y/o pedacera gruesa, laguna en la tercer subzona y la zona de posterior respectivamente.

La mayor diversidad se observa en dos zonas, mismas que describen los dos extremos en el gradiente de profundidad. Sin embargo el mayor valor corresponde a la zona más somera y característicamente con la mayor cobertura de sustrato duro, la zona de rompiente, ( $D'=13.52$ ). Los dos siguientes valores corresponden a las dos subzonas de la zona profunda del arrecife y con sustrato arenosos principalmente, el frotal interior, ( $D'=12.23$ ) y exterior, ( $D'=12.28$ ).

Los mayores valores de equitabilidad que implican un aumento en la dominancia corresponden a la rompiente ( $E=37$ ), la subzona de frontal Interior ( $E=0.37$ ), y exterior, ( $E=0.36$ ). La equitabilidad más baja se registra en las zonas de posterior ( $E=0.30$ ) y la segunda subzona de la laguna. ( $E=0.30$ ). En este caso, también se observan dos categorías: alta y baja equitabilidad. Los menores valores corresponden a las zonas con profundidad media, sustrato arenoso y/o pedacera gruesa. Los mayores coinciden con la zona más somera y con la más profunda.

**TABLA.8. DIVERSIDAD. INDICES DE SIMPSON=(D') PARA 5 ZONAS ARRECIFALES (CON 5 SUBZONAS)**

PI= Playa, L= Laguna (Subzonas 1,2,3), PT= Arrecife Posterior, RT= Rompiente, FI= Frontal Interior, FE= Frontal Exterior.								
ZONAS	PL	L1	L2	L3	PT	RT	FI	FE
D'	6.82	8.17	7.42	10.19	11.87	13.52	12.23	12.28
E	0.32	0.35	0.30	0.31	0.30	0.37	0.37	0.36

## b. Por estación de muestreo

En el análisis de diversidad por estación de muestreo según el índice de Simpson. La mayor diversidad y equitabilidad observadas corresponden a la estación 4 ( $D'=17$ ;  $E=0.46$ ), seguido de la estación 6 ( $D'=16.76$ ;  $E=0.399$ ). Los valores más bajos se encontraron en la estación 2 ( $D'=13.69$ ;  $E=0.36$ ), (Tabla.9, Figura.10).

TABLA.9. DIVERSIDAD. INDICES DE DIVERSIDAD SIMPSON= $(D')$   
PARA 6 ESTACIONES DE MUESTREO

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6
$D'$	15.09	13.69	14.60	17.0	15.56	16.76
E	0.38	0.36	0.38	0.46	0.36	0.39

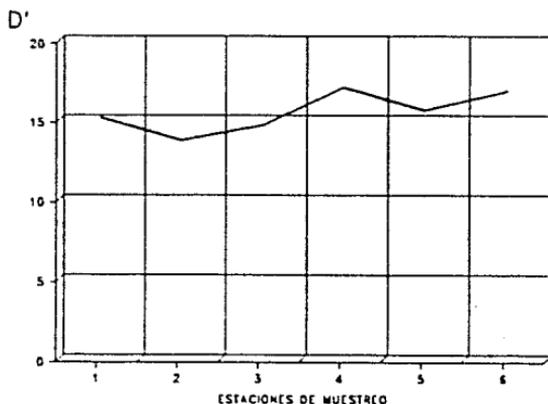


Figura 10. Patrón de diversidad. Índice de Simpson ( $D'$ ) calculada por estación de muestreo.

## 6.6. Dominancia relativa específica.

En base a la cobertura y frecuencia relativa específica por zona se observó que existe un patrón de dominancia específica en las diferentes zonas. La tabla 10

resume los rangos de importancia relativa en base a los parámetros de importancia relativa indicados.

En la zona de playa donde el sustrato arenoso es dominante y los rangos de profundidad están sujetos a cambios de marea, las especies más importantes son *Penicillus capitatus*, *Jania adhaerens*, *Bryopsis plumosa*, *Udotea flabellum* y *Laurencia*.sp.

Estas especies en general crecen con grandes, profundos y resistentes rizomas como *Penicillus capitatus* y *Udotea flabellum*, o sobre la superficie de otras como *Jania adhaerens*, *Laurencia*.sp. y *Bryopsis plumosa*.

Sin embargo, *Penicillus capitatus* y *Jania adhaerens*, representan el 22 % de la cobertura total en la zona. A las tres especies restantes se les observó creciendo de manera asociada generalmente. Estas asociaciones también se observaron con parches de pastos, principalmente en las regiones de transición con la siguiente zona. Estas 5 especies en conjunto representan casi el 42 % de la cobertura y las otras 17 especies presentes en la zona representan el 58 % restante.

En la zona de laguna en donde los pastos marinos dominan y el sustrato en su mayoría es arena, se tiene un patrón de dominancia específica formada por las mismas especies a lo largo de las tres subzonas. Aún cuando, el orden de importancia relativa entre las subzonas cambie. En la laguna, dominan las especies verdes sifonáceas rizofíticas, que crecen erectas y separadas de la superficie por un talo. La mayoría de las especies crecen intercaladas entre los parches de pastos.

En la primera subzona las especies dominantes son *Penicillus capitatus*, *Udotea flabellum*, *Penicillus dumetosus*, *Halimeda opuntia* y *Rhizocephalus phoenix*. Donde, las tres primeras ocupan el 30% y las dos siguientes el 15 % de la cobertura. El 55 % restante esta representado por 18 especies más.

Segunda subzona: Las especies más importantes son *Penicillus dumetosus*, *Udotea spinulosa*, *Rhizocephalus phoenix*, *Halimeda opuntia* y *Penicillus capitatus*. Mismas que representan el 38 % de la cobertura. 19 especies más ocupan el 62 % restante.

Tercer subzona: dominan especies como: *Rhizocephalus phoenix*, *Amphiroa tribulus*, *Udotea flabellum*, *Dictyopteris*.sp y *Halimeda opuntia*. En esta subzona comienzan a ser más importantes algunas especies coralinas articuladas y phaeophyta rastreras asociadas a algunas otras especies o a los pastos, eventualmente se les observo creciendo sobre sustrato duro. En conjunto estas especies ocupan el 33 % del sustrato, el resto esta ocupado por 28 especies más.

En la zona posterior donde la dominancia de sustrato duro comienza a ser evidente, las especies más importantes son algas pardas que crecen rastreras, y algas verdes grandes, erectas cubiertas por una matriz de calcio. Estas especies son *Dictyopteris*.sp, *Penicillus capitatus*, *Sargassum polyceratum*, Mont.; *Halimeda opuntia*, y *Halimeda discoidea*. Es importante indicar que las algas verdes

calcificadas, se encontraron creciendo principalmente sobre arena, aun cuando la capa de sedimento fuera muy delgada (2 a 3 cm). Estas especies representan 28 % de la cobertura algal y junto con 34 especies más forman el total.

La Rompiente caracterizada por la profundidad más somera y la mayor cobertura de sustrato duro en el arrecife. La especie más importantes en OIR pertenece al grupo phaeophyta, crece rastrera típicamente en este lugar, formando cojinetes compactos sobre la superficie dura con otra especie de rhodophita: *Dictyopteris* sp y *Jania adhaerens*. Estas representan el 12 % de la cobertura algal de la zona. Las especies que le siguen en importancia son *Halimeda discoidea*, *Amphiroa tribulus* y *Dictyosphaeria cavernosa*, (Forssk.) Borgesen; mismas que ocupan cerca del 15 % en conjunto, el resto de las especies (31), ocupan el 73 % restante.

En la zona más profunda del arrecife la zona Frontal, se presenta una mezcla de sustrato arcoso y duro, no se encuentra un patrón de dominancia entre las dos subzonas. Esto se atribuye a la diferencia de profundidad entre ambas subzonas.

En la primera subzona (la más somera), el F.interior como ya se mencionó se registró la mayor cobertura algal y las especies más importantes son *Lobophora variegata*, *Turbinaria turbinata*, *Valonia utricularis*, *Caulerpa prolifera*, (Forssk.) Lamour. y *Sargassum polyceratium*. Es importante resaltar que en esta subzona la especie *Lobophora variegata* se observo creciendo sobre todo tipo de sustrato duro, de manera asociada a otras especies menos dominantes, incluso sobre las colonias del octocoral *Gorgonia flabellum*. Estas especies en conjunto ocupan el 30 % de la cobertura, 33 especies forman el total.

En la subzona profunda, el F.exterior las especies dominantes son *Halimeda discoidea*, *Sargassum polyceratium*, *Valonia utricularis*, *Wrangelia argus* (Mont.) Mont. y *Galaxaura squalida* Kjell., estas 5 forman el 27 % de la cobertura total representada por 34 especies.

TABLA.10. RAMOS DE COBERTURA Y FRECUENCIA EN 5 ZONAS ARRECIFALES PARA 53 ESPECIES DE MACROALGAS BENTONICAS EN EL ARRECIFE PTO. MORELOS, Q.ROO.

## CHLOROPHYTA

Pl- Playa, L- Laguna (Subzonas 1,2,3), PT- Arrecifa Posterior, RT- Rompiente, FI- Frontal Interior, FE- Frontal Exterior.

Zonas	PL	L	PT	RT	F
<i>Acetabularia calyculus</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Avrainvillea longicaulis</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Avrainvillea rowsonii</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Bryopsis pennata</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Bryopsis plumosa</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Caulerpa cupressoides</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Caulerpa paspaloides</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Caulerpa prolifera</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Caulerpa racemosa</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Caulerpa verticillata</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Chaetomorpha aerea</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Cladophora catenata</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Halimeda discoidea</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Halimeda incrassata</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Halimeda lacrimosa</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Halimeda opuntia</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Halimeda tuna</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Neomeris annulata</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Penicillus capitatus</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

CONTINUA TABLA.10. RANGOS DE COBERTURA Y FRECUENCIA EN 5 ZONAS ARRECIPALES PARA 53 ESPECIES DE MACROALGAS BENTONICAS EN EL ARRECIFE PTO. MORELOS, Q.ROO.					
Zonas	PL	L	PT	RT	F
<i>Penicillus dumetosus</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Rhypocephalus oblongus</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Rhypocephalus phoenix</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Udotea conglutinata</i>		██████████	██████████	██████████	
<i>Udotea cysthiformis</i>					██████████
<i>Udotea flabellum</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Udotea spinulosa</i>		██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Valonia utricularis</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Valonia. sp.</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

## PHAEOPHYTA

<i>Dictyopteria. sp.</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Dictyota bartayresiana</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	
<i>Dictyota cervicornis</i>			██████████	██████████	██████████
<i>Lobophora variegata</i>		██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Padina pavonica</i>		██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Sargassum polyceratum</i>		██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Styopopitium sonale</i>		██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Turbinaria turbinata</i>			██████████	██████████	██████████

## RHODOPHYTA

<i>Acanthophora spicifera</i>		██████████	██████████	██████████	
<i>Amphiroa fragilissima</i>		██████████	██████████	██████████	
<i>Amphiroa tribulus</i>		██████████	██████████	██████████	
<i>Chondria tenuissima</i>		██████████	██████████	██████████	

CONTINUA TABLA.10. RANGOS DE COBERTURA Y FRECUENCIA EN 5 ZONAS ARRECIFALES PARA 53 ESPECIES DE MACROALGAS BENTONICAS EN EL ARRECIFE PTO. MORELOS, Q.ROO.

Zonas	PL	L	PT	RT	F
<i>Flahaultia tegetiformis</i>					————
<i>Galaxaura oblongata</i>		————			
<i>Galaxaura subverticillat.</i>				————	
<i>Galaxaura squalida</i>		————		————	
<i>Gelidiella acerosa</i>		————			
<i>Hypnea spinella</i>		————			————
<i>Jania adhaerans</i>		————		————	
<i>Laurencia. sp.</i>		————		————	
<i>Mesophyllum mesomorphum</i>		————			————
<i>Neogoniolithon strictum</i>		————			
<i>Wrangelia argus</i>		————			————
<i>Polysiphonia. sp</i>					————

## RANGOS [en %]

0.1-0.99
1.0-4.99
5.0-9.99
10.0-14.99
15.0-20.0

## VII. DISCUSIÓN

### Zonación

Uno de los patrones más interesantes que se puede encontrar en una comunidad natural es el reconocimiento de diferentes secciones en base a la distribución y forma de crecimiento de los organismos que la componen (zonación). (Goreau, 1959, 1973, 1967; Lara, 1989; Stoddart, 1969).

En el arrecife de Puerto Morelos es posible distinguir 5 zonas física y biológicamente diferentes entre sí. Asimismo, en dos de estas áreas también es posible distinguir diferencias más finas (5 subzonas).

En los sistemas arrecifales las evidencias sugieren la existencia de patrones a lo largo de un gradiente de profundidad, (Huston, 1979).

Varios autores ( Loya, 1972, 1976; Dana, 1976; Glynn, 1976; Huston 1985; Krebs, 1985; Van den Hoek, et al. 1977) mencionan que los patrones que afectan la distribución de las especies en las comunidades coralinas son por un lado los factores físicos (como la profundidad, luz, movimientos del agua) que principalmente afectan las zonas someras y las interacciones biológicas (como predación y forrajeo), son más importantes en zonas profundas.

Los parámetros físicos que marcan las zonas son: profundidad, tipo y textura del sustrato. Los parámetros bióticos son: flora y fauna más conspicua (y las interacciones inherentes a la comunidad).

Bajo estos parámetros bióticos y físicos se distinguen categorías en las zonas.

- Áreas ubicadas a profundidad media con un sustrato típicamente arenoso. A esta pertenecen las zonas de playa y laguna.
- Áreas de profundidad media con sustrato mixto (arena y roca o coral muerto suelto). A esta corresponde la zona de posterior.
- Áreas someras y de sustrato típicamente duro (roca o coral muerto). A esta pertenece la zona de rompiente.
- Áreas profundas con sustrato arenoso y sustrato duro en parches. A esta corresponden las dos subzonas de la zona frontal.

Loya, (1976) y Hanisak, et al. (1988), menciona que hay una estrecha relación entre las condiciones hidrodinámicas (a su vez relacionadas con profundidad y tipo de sustrato) y las formas de crecimiento de los organismos. Lara, 1989 indica que la sedimentación es también un aspecto importante a cualquier profundidad ya que puede llegar a cubrir a muchos organismos afectando sus funciones alimenticias y la cantidad de sustrato disponible para la fijación y crecimiento de algunas especies bentónicas.

En el arrecife de Puerto Morelos se encontró un patrón de dominancia específica, y se observó un patrón característico en las formas de crecimiento típicas de las algas de cada región.

En las regiones de profundidad media y sustrato arenoso (zonas de playa y laguna), se desarrollan preferentemente las especies con formas de crecimiento erectas y que desarrollan rizomas largos o que desarrollan estolones como *Penicillus capitatus*, *Penicillus dumetosus*, *Udotea flabellum*, *Udotea spinulosa*, *Caulerpa paspaloides* y *Caulerpa racemosa*, mismas que junto con los pastos marinos *Thalassia testudinum*, *Syringodium*.sp y *Halodule*.sp, forman una matriz estabilizadora del sedimento (arena), así como una importante superficie de fijación para numerosas especies epifitas, que son productores primarios importantes. También se desarrollan otras especies de macroalgas típicamente asociadas a las mencionadas y las utilizan como medio de fijación a un sustrato, estas pueden llegar a cubrir totalmente a las especies que cumplen la función de sustrato, *Jania adhaerens*, *Bryopsis plumosa*, y *Dictyopteris*. sp. En este caso la importancia del sedimento en la forma de crecimiento es evidente ya que las especies con crecimientos erectos característica que les podría permitir no ser cubiertas por la arena. Estas especies son típicas de zonas arenosas.

En la región de profundidad media y sustrato mixto, (zona de posterior), se desarrollan preferentemente las especies erectas rizofíticas como *Penicillus capitatus* (y erectas protegidas con una matriz calcificada) y *Halimeda opuntia*, *Halimeda discoidea* y las erectas fijas al sustrato duro por un botón de fijación calcificado como *Sargassum polyceratum* lo que les permite cierto margen de flexibilidad y resistencia frente a los movimientos del agua. En esta región ya es posible encontrar importantes crecimientos de especies rastreras como *Dictyopteris*. sp y *Dictyosphaeria cavernosa*.

En la región somera con sustrato duro, (zona de rompiente) las especies que se desarrollan crecen típicamente de forma rastrera ramificadas, como *Jania adhaerens*, *Amphiroa tribulans*, *Dictyosphaeria cavernosa*, y *Dictyopteris*.sp.

Esto no concuerda plenamente con lo indicado por Borowitzka, et al., (1986); Dawes, (1986) y Round, (1984), entre otros quienes indican que en los sistemas arrecifales las especies más importantes en las zonas someras y de alta energía del oleaje son calcificadas costrosas y predominantemente del grupo rhodophyta. Sin embargo, en este caso no se encontró una gran abundancia de especies creciendo en forma de costra. Así mismo, no se debe descartar la posibilidad de que esto sea un indicio de ineficiencia en el muestreo ó bien se pueda abrir la posibilidad de que sea un efecto del estado (inmaduro) de recolonización de la comunidad.

En la región profunda con sustrato arenoso, (zona de frontal) las formas de crecimiento más típicas son aquellas que tienen características que podrían permitirles una mayor posibilidad de captación de luz como *Lobophora variegata*, *Valonia utricularis*, *Turbinaria turbinata* y *Sargassum polyceratum*.

Esta idea se apoya en los estudios realizados por Hanisak, *et al.* (1988) quien indica, que la proporción del tejido fotosintético aumenta con el aumento de la superficie, área y radio del talo.

En la zonación propuesta se observaron algunos cambios frente a la zonación propuesta por Castañares (1978) y Jordán en 1979. Estos cambios se atribuyen al efecto del huracán Gilberto en el sistema arrecifal. (Esto se discutirá posteriormente).

Sin embargo, aun cuando la previa división del arrecife en zonas podría parecer arbitraria o como una forma funcional para realizar un muestreo estratificado, los resultados de la composición específica por zonas, la abundancia y el patrón de diversidad indicaron verdaderas diferencias incluso dentro de una misma zona, (como es el caso de la laguna y el frontal).

### **Composición específica y Diversidad**

A lo largo de las 5 zonas se encontró un total de 53 especies y 37 géneros correspondientes a tres divisiones algales (Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta). Así como 10 especies más, mismas que no fue posible localizar dentro de una zona determinada.

Corresponde a la zona profunda el mayor número de especies. Sin embargo, la diferencia frente al número de especies de

las zonas de laguna y posterior es de solo una especie.

La flora ficológica observada en la zona de estudio es típica del Caribe Mexicano. Las especies de macroalgas presentes en el área de estudio ya habían sido reportadas para la zona, en trabajos ficológicos anteriores. (Gomez-Pedrozo, 1987; Huerta, *et al.*, 1958, 1960, 1961, 1964, 1966, 1980, 1987; León, 1980; Littler, *et al.*, 1989; Taylor, 1960).

Para tratar de explicar los patrones de diversidad en las comunidades naturales se han planteado varias hipótesis. Estas se basan en numerosos y diferentes supuestos. Sin embargo, la hipótesis de perturbación intermedia, propuesta por Connell, en 1978, la de equilibrio dinámico apoyada por Huston, (1985); y la de heterogeneidad ambiental son de las más apoyadas por evidencias contundentes.

Varios trabajos de heterogeneidad espacial se han basado en la estructura física de la comunidad de plantas, que sirve como sustrato a otros organismos o bien a la elevación y tipos de sustrato, número de especies de plantas, biomasa, etc. (Pizaña, 1990).

Connell, (1978) describe a los arrecifes como sistemas en no equilibrio donde la exclusión competitiva es prevenida por perturbaciones frecuentes. Huston, (1985) indica que el ambiente arrecifal es un medio muy heterogéneo. En donde la riqueza específica y la diversidad se determinan por gradientes físicos, condiciones

de microhábitat y las complejas interacciones bióticas que tienen lugar en sistemas tan complejos como lo es un arrecife, del tipo de la competencia y la predación.

En 1985, Huston menciona que la diversidad es afectada por la interacción entre las frecuentes perturbaciones (bióticas y abióticas) y la capacidad de recuperación de la población (en términos de la tasa de crecimiento poblacional).

Sin embargo, Pianka, (1974) indica que uno de los factores más importantes que determinan la riqueza específica y la diversidad de una comunidad, es la heterogeneidad espacial. Este término implica la presencia de numerosos microhábitats, y la disminución de la eficiencia de predación; esto permite el desarrollo de numerosas especies.

León (1980) indica que tanto la topografía local como la diversidad de sustratos, son parámetros importantes en la determinación de la heterogeneidad espacial.

Los resultados del análisis de diversidad por zona señalan la existencia de un patrón de diversidad a largo de un gradiente de profundidad en donde la mayor diversidad corresponde a la región somera con sustrato duro (rompiente) la zona con mayor heterogeneidad espacial, pero con un número bajo de especies dominantes.

Sin embargo, hay una disminución en la diversidad y un aumento en la dominancia hacia la región profunda con sustrato arenoso (frontales). Esto puede deberse a la influencia de las condiciones del medio ambiente como la disminución de la cantidad de luz. El que las condiciones sean más estables se refleja en el relativo aumento de la dominancia para esta zona. Esto concuerda con lo que han propuesto varios autores (Dana, 1976; Hughes, 1986 y Huston, 1985), para comunidades coralinas, Las variaciones en las condiciones medio ambientales locales como la disminución del gradiente de luz influyen en la diversidad, y una mayor estabilidad propicia la dominancia de especies.

En varios estudios se ha tratado de explicar la predación como una causa importante en la determinación de la diversidad. En estos se demuestra que en un sistema arrecifal los grupos más importantes en la predación (forrajeadores de algas) son los erizos, los moluscos y los peces de hábitos herbívoros, (Lubchenco, 1978; Menge, 1982).

Las poblaciones de predadores pueden llegar a limitar las poblaciones presa hasta puntos en donde la competencia entre las presas es nula, (Paine, 1966).

En el arrecife de Pto. Morelos después del huracán Gilberto los erizos son prácticamente inexistentes, así como los moluscos, el único grupo de forrajeadores activos son los peces. Esto es un factor importante que podría explicar la gran diversidad y abundancia de las especies algales frente a otros grupos de organismos bentónicos arrecifales para este caso en particular.

El sedimento podría también ser un factor muy importante, en la determinación de la diversidad en las zonas de playa y la laguna. Ya que en numerosos estudios

principalmente en comunidades coralinas se ha demostrado que determina la composición específica de las zonas y las formas de crecimiento. (Connell, 1978, Glynn, 1982; Goreau, 1959, 1973, 1967).

### Cobertura

Dawes, (1986), Littler, et al., (1989); Round, (1984) y Van den Hoek, et al, (1977) indican que las perturbaciones más importantes en frecuencia e intensidad que causan la mayor mortalidad en zonas cercanas a la superficie son la fuerza del oleaje y el tiempo de exposición; la exposición a la marea baja y la sedimentación. Indican también que estas perturbaciones decrecen en intensidad y frecuencia con la profundidad.

Esto concuerda con la idea de Huston, (1985) que indica que los factores físicos son mas importantes en la determinación de la densidad y la diversidad en zonas someras.

Para el arrecife Pto. Morelos es evidente el aumento de la cobertura de la biomasa algal desde la playa hasta tener la mayor cobertura en la región profunda (zona de frontal). Sin embargo la mayor cobertura de la zona corresponde a la primera subzona de frontal, el frontal interior. Esta subzona tiene una profundidad intermedia (entre la rompiente y el frontal exterior) que va de 2 a 7 mis). (Ver Figura.3).

En este caso se observa que la posible explicación de que la cobertura algal sea máxima en la zona profunda se podría poner en términos de dos factores biológicos como la competencia y el forrajeo de manera aislada o como el resultado de una perturbación de alta frecuencia y magnitud (como un huracán) y la subsecuente recuperación de un sistema en fase de recuperación. Aunque este último punto de vista incluya al primero.

Bajo el supuesto de la hipótesis de perturbación intermedia se puede explicar este patrón de cobertura en el arrecife de Puerto Morelos. Ya que, este indica que bajo perturbaciones de alta magnitud e intensidad, la diversidad y la densidad de las especies disminuyen (las evidencias de esto se discuten posteriormente).

Lara, (1989); Goreau, (1973) y Van den Hoek, et al, (1977) entre otros autores que han trabajado en la distribución de las especies bentónicas en arrecifes, indican que en los arrecifes algunas zonas son dominadas por algas y otras por corales (como dos grupos importantes) debido a que las algas bajo ciertas condiciones pueden llegar a tener estrategias (de crecimiento, reproducción y capacidad de fijación) competitivas más eficientes que otros organismos coloniales.

Sin embargo, Jackson, (1977) indica la existencia de patrones de distribución espacial de los organismos bentónicos y menciona que las algas y los organismos solitarios ocupan preferentemente los lugares someros desplazando a otros organismos coloniales en la competencia por el sustrato

El frontal fue una zona con una alta cobertura de corales escleractinios y gorgonáceos Jordán, (1978). Con el huracán Gilberto la gran mayoría de las especies de corales murieron. Ahora forman un gran porcentaje de sustrato duro disponible para la fijación de otros organismos, como las algas, que tienen tasas de crecimiento más rápidas que los corales y las esponjas.

Esto tiene una implicación importante en el proceso de recolonización ya que de acuerdo con Ballantine, (1984); Begon, et al. (1986); y Souza, (1984) la recolonización se refiere a los individuos que se establecen en un lugar donde antes de una perturbación existieron otros, debido a los residuos viables de sus propágulos, a su capacidad de reclutamiento y a su capacidad competitiva en relación a un recurso.

El forrajeo es también un factor importante en este caso, ya que la ausencia de erizos y moluscos implica que las poblaciones presas sean abundantes. Pizaña, (1990); Jacome (1989), indican las evidencias de que la mayoría de las especies de herbívoros (moluscos y equinodermos), en los arrecifes de Veracruz se distribuyen preferentemente en las zonas someras. Es probable que en el arrecife de Pto. Morelos el fenómeno sea similar.

La profundidad en el frontal exterior es mayor a 8 y 10 mts. Littler, et al (1989) indican que la profundidad tiene un efecto directo sobre la actividad fotosintética de las algas. Esto podría explicar la disminución de la cobertura algal hacia la subzona más profunda del arrecife.

### Comparativa

La evidencia de los mencionados efectos del huracán Gilberto en la zona, están en los resultados obtenidos de la comparación de la riqueza específica reportada en los dos trabajos realizados en la zona antes de dicha perturbación y el número de especies observadas actualmente.

La evidente disminución en la riqueza específica de macroalgas, podría traducirse en una disminución de la diversidad para la zona. (Sin embargo, estos no son fenómenos necesariamente relacionados).

Dawes, (1986) y Krebs, (1985) indican que los ecólogos en comunidades de plantas terrestres sugieren un patrón evolutivo en el desarrollo de un ecosistema y sus comunidades. Los ecosistemas muestran una serie de etapas de desarrollo hacia comunidades climax (o "maduras"). A este proceso se llama sucesión. Sin embargo, se ha demostrado que la existencia de las comunidades maduras suceden en ambientes marinos. Cuando una comunidad madura desaparece la sucesión comienza de nuevo.

Dawes, (1986) menciona que la fase inicial en una sucesión se conoce como comunidad pionera, y se caracteriza por tener una baja diversidad (pocas especies) y un gran número de individuos (gran abundancia). La mayoría de las especies de

algas pioneras son plantas oportunistas que pueden desarrollarse en numerosos ambientes, con ciclos de vida simples, son por lo general anuales, en vez de perennes.

Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos por Ballantine, (1984). Indica que los huracanes son el factor que induce la mayor tasa de mortalidad en las comunidades algales de algunos arrecifes. Sin embargo, por un efecto de sucesión la comunidad algal es la más abundante después de cierto tiempo. Después de esto, las estrategias de competencia entre algunas poblaciones bentónicas como corales y esponjas es determinante en el tiempo de recuperación y el tipo de comunidad dominante.

Odum, (1969) presenta un resumen de las características que permiten diferenciar las comunidades en sucesión (en desarrollo) de las comunidades maduras.

- 1) La diversidad de especies disminuye al incrementarse la abundancia de una especie en condiciones ambientales inferiores a las óptimas (como por ejemplo, en las etapas pioneras y tempranas de sucesión).
- 2) La diversidad de especies de una comunidad aumenta a medida que se diversifican las condiciones ambientales. En general, pueden encontrarse más nichos en una comunidad clímax estable que en una etapa de sucesión.
- 3) La diversidad de especies y la complejidad de una comunidad son mayores cuando es estable el balance entre los factores ambientales y biológicos.

Esto puede ser la explicación a la disminución en la diversidad de la comunidad algal y las observaciones de una mayor abundancia de algas con respecto a otros grupos en el arrecife de Pto. Morelos.

Sin embargo, no se descarta la idea de que esto podría ser también un efecto de la diferencia entre los métodos utilizados en el muestreo y la colecta de especies para el presente trabajo y los trabajos de León, (1980) y Gómez-Pedrozo, (1987).

### **Por división**

Uno de los patrones más notables en el análisis de cobertura y riqueza específica por división es el mayor número de especies de la división Chlorophyta. Así como la mayor cobertura observada para este grupo en 4 de 5 zonas arrecifales (Excepto rompiente) y en las 6 estaciones de muestreo.

La dominancia del grupo Chlorophyta en las comunidades algales de los arrecifes del Caribe y Pacífico, ya ha sido mencionado por varios autores, (Dawson, 1956; Dawes, 1986; León, 1980) como uno de los componentes más importantes, en estos sistemas.

León, (1980) indica que una de las causas por las cuales el grupo Chlorophyta es más abundante en los ambientes arrecifales; puede deberse entre otras cosas al

tamaño que presenta el grupo Rhodophyta, ya que son especies microscópicas o semimicroscópicas, mismas que en estudios más detallados y que incluyen también a las microalgas llegan a ser más abundantes que Chlorophyta.

En este trabajo se considera que la dominancia de Chlorophyta en el arrecife podría estar relacionada no sólo con las tallas promedio de las otras dos divisiones, sino con la tasa de crecimiento, la estrategia de los diferentes grupos para escapar de los predadores, la preferencia alimética de los forrageadores y la capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y la capacidad competitiva de cada grupo.

Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que esto sea el resultado de la ineficiencia del método de muestreo utilizado para detectar especies más pequeñas.

Aunque en este caso se considera que el error de muestreo (en la apreciación de las formas muy pequeñas) es un factor importante pero no relevante como lo son los factores antes mencionados en la determinación de la abundancia y el número de especies de un grupo. La evidencia que puede apoyar esta afirmación son los números de especies y el porcentaje de cobertura registrada en las zonas de rompiente y frontales. En la rompiente la cobertura del grupo Phaeophyta es mayor que la del grupo Chlorophyta. En el frontal la diferencia entre estos grupos es muy poca.

Otra evidencia de la importancia de la capacidad de las especies para desarrollarse bajo diversas condiciones es la distribución de las especies de diferentes grupos en todo el arrecife. 5 de las especies del grupo chlorophyta se encontraron en todas las zonas (mismas que llegan a ser dominantes en algunas zonas), *Halimeda opuntia*, *Penicillus capitatus*, *Penicillus dumetosus*, *Rhipocephalus oblongus* *Rhipocephalus phoenix*. Del grupo rhodophyta solo *Laurencia*.sp se distribuye en todas las zonas y ninguna especie de Phaeophyta se desarrolla en cualquier punto del arrecife.

Ballantine (1984) sugiere que después de una perturbación fuerte del tipo de los huracanes, uno de los factores más importantes en el proceso de recolonización es el sedimento. Tomando en cuenta el tamaño, forma, y origen. Este queda suspendido y posteriormente formará el sustrato apropiado para permitir el crecimiento de diferentes especies en las zonas de donde han sido transportadas o en donde se han depositado.

En base a lo anterior es posible explicar que en zonas como la rompiente, la diversidad aumenta y se desarrollan especies que requieren de sustrato rocoso como es el caso de las especies como *Dyctiopteris*.sp, *Turbinaria turbinata*, mismas que anteriormente no fueron abundantes en la zona. Sin embargo, otras especies como *Halimeda simulans* dejaron de serlo. En base a lo anterior, se puede pensar en la posibilidad de que esto indique que las especies observadas ahora sean especies pioneras.

Finalmente, es importante indicar que las posibles explicaciones a los resultados observados en el presente trabajo convergen en un punto: " La comunidad de algas del arrecife de Pto. Morelos al igual que otra comunidad natural cualquiera es una comunidad en transformación permanente ". Es por esto, que estas explicaciones pueden ser consideradas como una fotografía instantánea de un momento dado en la historia.

## VIII. DISCUSIÓN GENERAL

El arrecife de Pto. Morelos es muy complejo al igual que todos los sistemas arrecifales. En estos tienen lugar un conjunto innumerable de interacciones físicas y biológicas mismas que se relacionan y hacen de él un tema interesante de estudio.

Asimismo el arrecife es el hábitat de numerosos grupos de plantas y animales que se desarrollan en este sistema dando como resultado interacciones entre ellos.

Sin embargo, dada la complejidad y los continuos cambios (considerado como un sistema en no equilibrio) que tienen lugar en el arrecife, resulta imposible explicar exacta y precisamente cada una de las condiciones de diversidad, abundancia, distribución, etc; dentro del sistema.

Es por esto que este trabajo debe considerarse como una aproximación a la explicación de los diferentes factores que pueden llegar a afectar uno de los componentes importantes en los arrecifes bióticos, como lo es la comunidad de macroalgas de una pequeña sección de las Costas del Caribe Mexicano. Así como una primera base experimental para nuevos y subsecuentes trabajos con un enfoque ecológico en los que se implementen técnicas de muestreo diferentes.

Los cambios observados en la diversidad de la comunidad algal después del huracán no pueden ser totalmente atribuidos a los factores discutidos anteriormente, ya que como se sabe el efecto de la estacionalidad, es determinante en comunidades de plantas (Krebs, 1985).

La estacionalidad en términos de cambios en las condiciones climáticas, es un fenómeno muy marcado en las regiones tropicales, (Gonzales, 1982).

Sin embargo, esto solo podrá ser discutido una vez que se realicen trabajos planeados bajo las premisas de estudio correspondientes. Los trabajos que se sugieren son:

- Estudios estacionales durante un ciclo anual, (lluvias, secas y nortes), para diferentes puntos (zonas) del arrecife, ya que durante el desarrollo del presente trabajo se observaron cambios en la composición florística de la comunidad algal a lo largo de las diferentes etapas del año. Sin embargo, estos cambios no pudieron ser detectados de manera cuantitativa debido a que el efecto de la estacionalidad no es uno de los objetivos del trabajo.

- Estudios comparativos entre una zona no afectada por el huracán Gilberto como la zona sur del estado de Q.Roo, y una región de la zona norte como el arrecife de Pto. Morelos, aparentemente afectada por el mismo.
- La planeación de trabajos en los que sea posible promover el fenómeno de sucesión (sumergiendo cuerpos artificiales de fácil manejo), y se realice el seguimiento de la composición específica de las comunidades pioneras. Esto sería una forma de apoyar la idea propuesta " El huracán Gilberto tuvo efectos en la diversidad, abundancia y distribución de la comunidad algal en el arrecife de Pto. Morelos ".

Por esto, resulta importante la planeación de nuevos estudios en los cuales el muestreo y los objetivos se enfoquen exclusivamente a detectar cambios debidos a la estacionalidad. Y estudios enfocados a la mejor valoración de las comunidades algales dentro de la estructura arrecifal de las costas Mexicanas.

## IX. CONCLUSIÓN

En el arrecife de Pto. Morelos se observaron 63 especies de macroalgas bentónicas. De estas 34 son Chlorophyta, 21 son Rhodophyta y 8 son Phaeophyta. De estas solo 53 especies se ubicaron en una zona determinada del arrecife.

Las especies que están presentes en toda la estructura del sistema son: 5 especies de Chlorophyta, *Halimeda opuntia*, *Penicillus capitatus*, *Penicillus dumetosus*, *Rhypocephalus oblongus* y *Rhypocephalus phoenix*. 1 especie de Rhodophyta *Laurencia*. sp y ninguna especie de Phaeophyta.

También se encontró que algunas especies son típicas y exclusivas de una zona o subzona. *Caulerpa prolifera*, (frontal interior), *Chaetomorpha aerea* (rompiente) y *Udotea cyathiformis* (frontal exterior) del grupo chlorophyta y *Flahaultia tegetiformis* (frontal interior), *Gelidiella acerosa* (segunda subzona de laguna) y *Polysiphonia*. sp (frontal interior) del grupo rhodophyta.

De acuerdo con lo propuesto por Huston, en 1985, en el caso del arrecife de Pto. Morelos, Q.Roo. fue posible distinguir un patrón en la diversidad y abundancia de la comunidad de macroalgas a lo largo de un gradiente de profundidad

De esta forma, aún cuando fue posible distinguir 5 áreas física y biológicamente diferentes (zonas). nombradas como Playa, Laguna, Posterior, Rompiente y Frontal, de manera previa a la obtención de resultados cuantitativos. La composición de especies, los resultados de abundancia, y distribución espacial, así como el patrón de diversidad indican diferencias entre las zonas indicadas e incluso estos resultados también sugieren diferencias más finas corroborando la presencia de subzonas. 3 subzonas en la zona de laguna y 2 en la zona frontal.

En la primera subzona de la zona frontal, el frontal interior es el área con la mayor cobertura algal observada y la zona con mayor diversidad es la zona de rompiente. La zona con menor cobertura y diversidad es la playa.

El patrón de diversidad (riqueza específica), composición y abundancia en la comunidad algal del arrecife de Puerto Morelos actualmente podría ser el resultado de un proceso de sucesión después de la perturbación que constituye el Huracán Gilberto.

El patrón de diversidad encontrado entre las diferentes estaciones de muestreo pueden ser una evidencia más para afirmar la heterogeneidad del sistema como estructura arrecifal.

ESTA TESIS NO DEBE  
SAR DE LA BIBLIOTECA

## LITERATURA CITADA

- Abbott, A.I. 1978. How to Know the seaweeds. USA. Second edition. 142 pp.
- Ballantine, L.D. 1984. Hurricane- induced more mortalities to a tropical subtidal algal community and subsequent recoveries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 20(8):75-83.
- Begon, M; J.L. Harper & Townsend, R.C. 1986. Ecology. Individuals population, and communities. *Fac. Ciencias. U.N.A.M.* 1530 pp.
- Biología de Campo, 1988. Estudios básicos para el establecimiento de recomendaciones de conservación en sustratos bentónicos arrecifales del puerto de Veracruz, México. Facultad de Ciencias, UNAM. Asesores: Biol.J.J. Espejel, P de B Mario Lara.
- Borowitzka, M.A. and A.W. Larkum. 1986. Reef Algae. *Oceanus* 29(2):49-54.
- Bull, G.D. 1982. Scleractinian coral communities of two inshore island fringing reefs at Magnetic Island, North Queensland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 7:267-272.
- Castañares, L. 1978. Corales petreos de la costa noreste de la Península de Yucatán, México, (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia). Tesis Profesional. *Fac. Ciencias. UNAM.* 182.
- Chapman, V.J. 1961. The marine algae of Jamaica. Part.1. Myxophyceae and Chlorophyceae. *Publ. Inst. Jamaica, Sci. Ser. Vol. 12, No.1.*
- Chávez, E.A. 19807. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife de Lobos, Veracruz. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 20:13-21.
- Colinvaux, L. 1986. Historical preceptives on algae an reefs. *Oceanus.* 29(2):43-48.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reef. *Science.* 199:1302-1310.
- Dachary, D.M and Burne, H. 1984. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley International edition. USA. 547 pp.
- Dana, F.T. 1976. Reef-coral dispersion patterns and enviromental, variables on a Caribbean coral reef. *Bull. Mar. Sci.* 26(1):1-13.
- Dawes, C.J. 1986. Botánica Marina. Limusa. México. 673 pp.
- Dawson, E.Y. 1956. How to know the seaweeds. W.G. Brown, Dubuque, Iowa. 197.

- García, E. 1964. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen Adaptada para la República Mexicana) Instituto de Geología U.N.A.M. México.
- Gomez-Pedrozo, C.A. 1987. Taxonomía y variaciones espacio-temporales de las algas marinas bentónicas de Pto. Morelos, Q.Roo. Tesis profesional U.A.B.C. Ensenada. B.C.S. 66 pp.
- Gonzales, R.I. 1982. Interacción de la Ecología en el desarrollo. C.I.Q.R.O. Pto. Morelos, Q.Roo. 197 pp.
- Glynn, P.W. 1976. Some Physical and Biological determinants of community structure in the eastem pacific. *Ecological Monographs*. 46:1431-1453.
- Glynn, P.W. 1982. Algunos factores físicos y Biológicos que determinan la estructura de las comunidades de corales en el Pacífico Oriental. *Mar. Biol.* 51:15-30.
- Goreau, T.F. 1959. The ecology of Jamaica reef I. Species composition and zonation. *Ecology*. 40:67-90.
- Goreau, T.F. 1973. The ecology of Jamaica coral reef II. Geomorphology, zonation, and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23:399-464.
- Goreau, T.F. 1967. The shallow-water scleractinian on Jamaica: Reivesed species and their vertical ranger. *Bull. Mar. Sci.* 17:442-453.
- Goreau, T.F. 1979. Corales y arrecifes coralinos. *Investigación y Ciencia*. 37:48-60.
- Guzmán, J.J. 1965. Estudio preliminar de la sistemática y distribución de la flora marina del arrecife la Blanquilla, Veracruz. Tesis profesional, Fac. Cienc., Univ. Nac. Autón. Méx. 78 pp.
- Hanisak, M.D; M.M Littler y D.S. Littler. 1988. Significance of macroalgal polymorphism: intraspecific tests of the functional-form model. *Mar. Biol.* 99:157-165.
- Hill, M.O. 1976. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*. 54: 427-432.
- Huerta, M. L. 1958. Contribucion al conocimiento de las algas de los bajos de la sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. *An. Esc. Nat. de Ciencias y Biología. I.P.N.* 9(1-4):115-131.
- Huerta, M. L. 1960. Lista preliminar de las algas del litoral del estado de Veracruz. *Bol. Soc. Bot. Mexico*. 25:39-45.
- Huerta, M. L. 1961. Flora marina de los alrededores de la Isla Perez, Arrecife. Alacranes, sonda de Campeche, Mexico. *An. ESc. Nat. de Cienc. Biol. I.P.N.* 10(1-4):11-22.

- Huerta, M. L. y A.M. Garza-Barrientos. 1964. Algas marinas de la barra de Tuxpan y de los arrecifes Blanquilla y lobos. *An. Esc. Nat. de Cienc. Biol. I.P.N.* 13(1-4):5-21.
- Huerta, M. L. y A.M. Garza-Barrientos. 1966. Algas marinas del litoral de Campeche, *Ciencia Mexico.* 24(5-6):193-200.
- Huerta, M. L. y A.M. Garza-Barrientos. 1980. Contribucion al conocimiento de la flora marina de la zona sur del litoral de Q.Roo. Mexico. *An. Esc. Nat. de Cienc. Biol. Mexico.* 23:25-44.
- Huerta, M.L.; A.C. Mendoza-Gonzalez y L. E. Mateo-Cid. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Peninsula de Yucatan. *Phycologia.* 62(1):23-53.
- Hughes, R. G. 1984. A model of the structure and dynamics of benthic marine invertebrate communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15:1-11.
- Hughes, R. G. 1984. Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. *Am. Nat.* 123(6):778-795.
- Hughes, R. G. 1986. Theories and Models of species abundance. *Am. Nat.* 128(6):879-899.
- Humm, J. H y H. H. Mildebrand. 1962. Marine algae. from the Gulf coast of Texas and Mexico, *Publs. Inst. Mar. Sci. University Texas* 8:227-268.
- Humm, J. H y J. Kreuzer. 1975. On the growth rate of the red algae. *Hypnea musciformis*. in the Caribbean Sea. *Carib. J. Sci.* 15(1-2):1-4.
- Huston, M.A. 1979. A general hypothesis of species diversity on coral reefs. *Am. Nat.* 113:81-110.
- Huston, M.A. 1985. Patterns of Species diversity on Coral reefs. *Ann. REv. Ecol.* 16:149-177.
- Jácome, P.L. 1989. Moluscos bentónicos de Veracruz, México. I. Estructura comunitaria del Arrecife Anegada de Afuera. Manuscrito.
- Jackson, J.B. 1977. Competition on marine hard substrate: The adaptive significances of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* 111(998): 743-767.
- Jackson, J.B.C & R.G. Hughes. 1985. Adaptive strategies of Coral reefs invertebrates. *Am. Sci.* 73:265-274.
- Jordán, E.D. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos, en la Peninsula de Yucatan, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnología.* 6(1):69-86.

- Jordán, F.D. 1980. Arrecifes Coralinos del Noreste de la Península de Yucatán: Estructura Comunitaria, un estimador del desarrollo Arrecifal. Tesis Doctoral. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. U.N.A.M. 118 pp.
- Kapraun, F.D and Norris, J.N. 1982. The red algae *Polysiphonia* Greville (*Rhodomelaceae*) from Carrie Bow Cay and Vicinity, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 12:XIV. 225-238 pp.
- Karr, J. R. y Freemark, E.K. 1984. Disturbance, perturbation, and vertebrates: An integrative perspective. *Sec. Reef*. 162pp.
- Krebs, J.C.H. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Harla. México. 754 pp.
- Kornicker, I; S.F. Bonnet; R. Cann y Hoskin, C.M. 1959. Alacran reef. Campeche bank, Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci.* 6:1-22.
- Lara, P.M. 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de afuera; Veracruz, Mexico. Tesis profesional. Fac. Ciencias. U.N.A.M.—pp.
- Leon, T. H. 1980. Abundancia y distribución de algunas macroalgas arrecifales del Caribe Mexicano. Tesis profesional. Fac. Ciencias. U.N.A.M. 50pp.
- Littler, D.S; M.M. Littler; K.E. Bucher y Norris, J.N. 1989. *Marine plants of the Caribbean*. Washington Press. 263.
- Littler, M.M y Arnold, K.E. 1990. Sources of variability in macroalgal primary productivity: sampling and interpretative problems. *Aquat. Bot.* 8:141-56
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic coral at Eilat Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya, Y. 1976. Effects of water turbidity and sedimentation on community structure of Puerto Rican corals. *Bull. Mar. Sci.* 26:450-466.
- Lubchenko, J. 1978. Plants species diversity in a marine intertidal community: Importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *Am. Nat.* 112: 23-39.
- Mateo-Cid, L.E. 1986. Estudio Florístico de las algas marinas bentónicas de Isla Cozumel, Q. Roo, México. Tesis Profesional, ENCB, IPN.
- Menge, B.A. 1982. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition and environmental heterogeneity *Ecol. Monographs* (1976) 46:355-393.
- Milliman, J.D. 1973. Caribbean coral reefs. In O.A. Jones y R. Eudean. *Biology and geology of corals reefs*. Vol I:1-50.

- Norris, N.J. and Bucher, K.E. 1982. Marine Algae and seagrasses from Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*. 12:XIV. 167-223 pp.
- Odum, E.P. 1969. Energy flow in ecosystems: a historical review. *Amer.Zool.* 8:11-18.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Amer.Nat.* 100:65-75.
- Pielou, E.C. 1979. *Biogeography*. John Wiley & Sons. 173-200.
- Pianka, E.R. 1974. *Evolutionary Ecology*. Harper and Row. N.Y. 356.
- Pizaña, A.J. 1990. *Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz, un enfoque Biogeográfico*. Tesis Profesional 36 pp.
- Porter, J.W. 1976. Autotrophy, heterotrophy and resource partitioning in Caribbean reefs bulding corals. *Am. Nat.* 110(975):167-752.
- Poole, R.W. 1976. *An introduction to quantitative Ecology*. N.Y. Mc.Graw-Hill, 532.
- Round, F.E. 1984. *The ecology of algae*. Cambridge. University Press. 653.
- Rutzler, K. and I.G. Macintyre. 1982. The habitat distribution and community structure of their barrier reef complex at Carrie Bow Cay, Belize smithsonian Institute to the Marine Science. 12:9-45.
- Schuhmacher, M. 1974. On the conditions accompanying the first settlement of corals on artificial reefs with special reference to the influence of grazing sea urchinins (eilat Red Sea) *Proc. Second. Int. Coral. Reef. Symp.* 1-257-267.
- Sebens, K.P. 1982. Competition for space: Growth rate, Reproductive out put , and escape in Size. *The American Naturalist*. August. 120(2):189-197.
- Secretaría de Marina, 1979. *Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe*. Dirección. *Gral. de Oceanogr. y Sen. Mar, México*, 78.
- Sousa, P.W. 1984. The role of Disturbance in Natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15:353-391.
- Stoddart, D. R. 1969. Ecology and Morphology of recent coral Reefs. *Biol. Rev.* 44:433-498.
- Stoddart, D. R. y R. E. Johannes. 1978. *Coral reefs research methods*. UNESCO. 1230pp.
- Suarez, M.A. 1973. *Catalogo de Algas Cubanas*. Investigaciones marinas. Ciencias serie 8. *Ence*(2):107 pp.
- Taylor, W. R. 1935. Marine algae from Yucatan Peninsula. *Publ. Carnegie. Inst.* 461:115-124.

- Taylor, W. R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. The university of Michigan Press. U.S.A. 840pp.
- Taylor, W. R. y Rhyne, C.T. 1976. Marine algae of Dominica smithson. Contrib. Bot. No.3.
- Van den Hoek, C. & A.M. Breeman. 1977. The distribution of algae, Coral and Gorgonians in relation to depth, light attenuation, water movment and grazing pressure in the fringing coral reef of Curacao, Netherlads antilles.
- Washington, H.G. (1984). Diversity biotic and similarity indices a review with special relevance to aquatic ecosystem. Water. Rev. 18(6):653-694.
- Wells, S.M. 1988. Coral Reefs of the World. Atlantic and Eastern Pacific. Vol.I. UNEP. IUCN. Cambridge. 373 pp.
- Wynne, J.M. 1985. A checklist to Benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. Department of Biology and herbarium. University of Michigan, Ann Arbor, MI. USA. August. 2239-2281 pp.
- Woelkerling, W.J. 1976. South Florida Marine Algae. Keys and Comments. Sedimenta V. Miami Florida.
- Woodley, J.D., E.A.Chomesky, 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.Niegel, and E.M. Sides. 1981. Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs. Science 214:749-755.
- Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall. USA. 620 pp.