



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO  
PUEBLO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN, DIVERSIDAD  
Y UTILIZACIÓN DEL ESPACIO DE LAS  
ANÉMONAS Y ZOANTHOS  
(ZOANTHARIA Y COELENTERATA) DE  
VERACRUZ

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
D I P L O M A D O  
PRESENTA

ALMA DEL

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





## **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.

## RESUMEN

El presente trabajo describe al arrecife Chopas con base en las características del sustrato más conspicuas para cada una de las subzonas propuestas por Lara (1989), la estructura comunitaria de las anémonas y zoántidos del mismo arrecife y de los arrecifes de la sección Veracruz con base en su composición específica, distribución espacial y diversidad.

Para la toma de datos se llevaron a cabo dos campañas de campo en Febrero-Marzo y Junio-Julio de 1989 revisando en la primera el arrecife Chopas y en la segunda las estructuras de la sección Veracruz.

Los datos registrados para el análisis del ambiente fueron las características del sustrato más conspicuas además de la profundidad. Para valorar la distribución y la diversidad se registraron: especie, número de colonias por especie, cobertura de cada especie por transecto.

Se contó con el apoyo de la Secretaría de Marina: Buque Guarda costas GH-02 en la primera campaña y del Buque Oceanográfico H-02 para la segunda.

Se utilizó buceo libre y autónomo (SCUBA) para la toma de datos a una profundidad máxima de 25 m.

Se encontraron 7 géneros de Actinarios, 3 de Zoanthidos y 1 género de Coraliomorfarío. La distribución espacial está determinada por las características del sustrato, por la manera en que lo utilizan, por el gradiente de energía del oleaje, de sedimentación y de luz.

La diversidad, estimada mediante los índices de Shannon-Wiener, Simpson y riqueza específica, tanto por cobertura como por densidad, es más alta en las zonas de Cresta y Barlovento; de igual manera se encuentra la mayor cobertura en estas zonas. En las subzonas Rompiente arrecifal y Arrecife posterior existe una clara dominancia de las especies *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus* sp. respectivamente. La diversidad disminuye hacia las pendientes de las estructuras.

**Al final se discute el patrón de distribución y la diversidad según las características de los organismos, forma de utilizar y competir por el espacio.**

# **INDICE GENERAL**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>i</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II ANTECEDENTES</b>	
<b>2.1 Estudio de las comunidades</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Generalidades del Phylum Cnidaria</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1 Reproducción</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.1 Formación de una colonia</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Comportamiento</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3 Habitat</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4 Distribución</b>	<b>6</b>
<b>2.2.5 Actinarios arrecifales</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Características generales de los organismos coloniales y de los solitarios</b>	<b>7</b>
<b>2.4. Diversidad</b>	<b>9</b>
<b>III AREA DE ESTUDIO</b>	
<b>3.1 Arrecifes coralinos</b>	<b>11</b>

3.2 Sistema arrecifal Veracruzano	12
3.3 Climatología	15
<b>IV METODOLOGÍA</b>	
4.1 Descripción de la zonación de los arrecifes	17
4.2 Registro de datos	20
4.3 Análisis de diversidad	22
4.3.1 Índice de Simpson	22
4.3.2 Índice de Shannon-Wiener	23
4.3.3 Índices de equitabilidad	24
<b>V RESULTADOS</b>	
5.1 Valoración General del Ambiente para el arrecife Chopas	25
5.2 Patrones de distribución arrecife Chopas	30
5.2.1 Diversidad arrecife Chopas	32
5.2.2 Equitabilidad	34
5.3 Diversidad de las anémonas y zoanthidos de la sección Veracruz	
5.3.1 Patrones de distribución	37
5.3.2 Diversidad	40
<b>VI DISCUSIÓN</b>	46
<b>VII CONCLUSIONES</b>	51
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	53

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Parámetros de V. G. A.	21
Tabla 2. Cuadro taxonómico	45
Figura 1. Ciclo de vida de la clase Anthozoa	5
Figura 2. Distribución mundial de los arrecifes	11
Figura 3. Región zoogeográfica del Caribe	12
Figura 4. Sistema arrecifal veracruzano	13
Figura 5. Sección Puerto de Veracruz	13
Figura 6. Sección Antón Lizardo	14
Figura 7. Mapa del arrecife Chopas	15
Figura 8. Perfil de zonación para los arrecifes de Antón Lizardo	18
Figura 9. Zonación arrecife Chopas	19
Figura 10. Profundidad arrecife Chopas	25
Figura 11. Distribución del sedimento arrecife Chopas	26
Figura 12. Espesor del sedimento arrecife Chopas	27
Figura 13. Porcentaje de cobertura rocosa arrecife Chopas	28
Figura 14. Topografía del sustrato arrecife Chopas	29
Figura 15. Cuadro de presencia-ausencia arrecife Chopas	30
Figura 16. Riqueza específica arrecife Chopas	30
Figura 17. Patrón de distribución por cobertura arrecife Chopas	31
Figura 18. Patrón de distribución arrecife Chopas	32
Figura 19. Patrón de distribución por densidad arrecife Chopas	32
Figura 20. Porcentaje de cobertura y densidad arrecife Chopas	33

<b>Figura 21. Diversidad de Shannon-Wiener por cobertura arrecife Chopas</b>	<b>33</b>
<b>Figura 22. Diversidad de Simpson por cobertura arrecife Chopas</b>	<b>34</b>
<b>Figura 23. Diversidad por densidad según Simpson arrecife Chopas</b>	<b>35</b>
<b>Figura 24. Diversidad por densidad según Shannon-Wiener arrecife Chopas</b>	<b>35</b>
<b>Figura 25. Equitabilidad por densidad arrecife Chopas</b>	<b>36</b>
<b>Figura 26. Equitabilidad por cobertura arrecife Chopas</b>	<b>36</b>
<b>Figura 27. Cuadro de Presencia ausencia arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>37</b>
<b>Figura 28. Riqueza específica arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>38</b>
<b>Figura 29. Porcentaje de cobertura arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>38</b>
<b>Figura 30. Patrón de distribución por densidad arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>39</b>
<b>Figura 31. Patrón de distribución por cobertura arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>40</b>
<b>Figura 32. Diversidad por cobertura según Simpson arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>41</b>
<b>Figura 33. Diversidad por cobertura según Shannon-Wiener arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>41</b>
<b>Figura 34. Equitabilidad por cobertura arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>42</b>
<b>Figura 35. Equitabilidad por densidad arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>42</b>
<b>Figura 36. Diversidad según Shannon-Wiener arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>43</b>
<b>Figura 37. Diversidad según Simpson arrecifes Puerto de Veracruz</b>	<b>44</b>
<b>Figura 38. Representación gráfica de las especies de anémonas y zoanthidos según su nivel de agresividad y estabilidad tanto del sustrato como del ambiente</b>	<b>48</b>

# I INTRODUCCIÓN

La inmensidad del océano alberga diversos habitat entre los cuales los arrecifes coralinos destacan por su complejidad y belleza. Estos son un gran atractivo turístico, además proveen de pesca de subsistencia y producción con especies como pulpo, mero y langosta entre otros y ocasionalmente de algunas de las especies que lo habitan se extraen compuestos de interés farmacológico (Meinkoth, 1981; Kaplan, 1982, 1988).

Las estructuras arrecifales del Golfo de México tienen 8000 años de antigüedad (Milliman, 1973). Los arrecifes coralinos del Puerto de Veracruz tienen importancia a diferentes niveles; desde el punto de vista científico constituyen un ecosistema complejo lleno de interacciones intra e interespecificas de sumo interés, además de poder ser laboratorios de investigación docente para la formación de Biólogos, Ingenieros Pesqueros y otros profesionistas relacionados con el área.

El potencial de estos ecosistemas, tanto turístico como pesquero, está siendo dañado severamente por el impacto comercial, tráfico portuario, actividad petrolera cercana y mal manejo del turismo; para evitar esto es necesario el conocimiento de las principales características ecológicas, para favorecer un adecuado manejo del recurso.

Desafortunadamente los estudios descriptivos y ecológicos en los mares de México están en sus inicios y existe poca información. Con respecto a los Anthozoarios, los corales escleractinios y los octocorales son los grupos que han recibido mayor atención, sin embargo hay otros grupos de importancia tales como el orden Zoanthidea y el orden Actinaria que han despertado poco interés en los investigadores, a pesar de su importancia como fuertes competidores y depredadores dentro de la cadena trófica (Sebens, 1976; Jackson, 1977) y las sustancias tóxicas de posible interés farmacológico que producen (Suchanek y Green, 1981).

Este trabajo forma parte del proyecto "Arrecifes coralinos de México". Inicia el estudio de las comunidades de anémonas y zoántidos arrecifales y sus objetivos particulares son:

- 1.-Iniciar el inventario de especies de Actinarios y Zoántidos del Puerto de Veracruz y la sección Antón Lizardo.

**2.-Conocer algunos parámetros característicos de las comunidades de los Actinarios y Zoántidos arrecifales como son: diversidad, densidad, cobertura y distribución espacial.**

**3.-Relacionar la distribución espacial de estos organismos con las características del sustrato del arrecife.**

## II ANTECEDENTES

### 2.1 ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES

Se entiende comunidad como un conjunto de organismos de diferentes poblaciones que interactúan entre ellos y con su ambiente (Begon *et al*, 1986); no tiene límites reales, aunque se le puede delimitar por su unidad geográfica (v. g. una isla). La mayor parte de las veces se limita a una comunidad con base a los objetivos del estudio mismo. Estas comunidades presentan ciertas características que las definen (propiedades emergentes), es decir, estructura trófica, diversidad, abundancia, etc. El objetivo de la ecología comunitaria es el estudio de estas propiedades emergentes. (Krebs, 1985; Begon *et al*, 1986).

En el estudio de las comunidades es común intentar encontrar patrones de diferentes tipos, patrones de distribución de especies y patrones de diversidad entre otros; entendiéndose patrón como un arreglo que se repite cuando las condiciones que lo determinan se repiten también. La necesidad de desarrollar procedimientos para describir y comparar comunidades ha dominado el desarrollo de la ecología comunitaria en los últimos años (Begon *et al*, 1986).

El estudio de los arrecifes como comunidades se ha desarrollado desde dos puntos de vista, principalmente: el geológico, considerándolos como ambientes de depósito (Darwin, 1842 *in* Sarukhán, 1989; Wells, 1957; Goreau y Goreau, 1973; Goreau, 1979; Stoddart, 1969; Stoddart y Johanes, 1978; Milliman, 1973), y el biológico en el cual destacan los trabajos de Loya (1972), Glynn (1976); Dana (1976); Pichon (1981); Huston (1985) y Hughes (1986).

En cuanto a los trabajos con Cnidarios arrecifales es evidente que los más numerosos son sobre corales escleractinios (Goreau y Goreau, 1973; Loya, 1972; Lang, 1973 y Porter, 1976); en segundo término los octocorales (Grigg, 1977; Bayer y Weinheimer, 1974; Preston y Preston, 1975; Moreno *et al*, 1982; Saenz, 1985) y los menos numerosos son sobre anémonas, zoanthidos, hidrozoarios, especialmente en cuanto a ecología comunitaria se refiere.

El estudio de las anémonas ha sido importante desde el punto de vista fisiológico, de relaciones simbióticas, y comportamiento agresivo (Francis, 1973; Gladfelter, 1975; Purcell, 1977), además de los trabajos de Sebens (1976) sobre su ecología.

En cuanto a los zoantidos destacan los trabajos de Sebens y DeRiemer (1977); Koehl (1977) sobre alimentación, patrones reproductivos (Karlson, 1981) y competencia interespecífica (Suchanek y Green, 1981).

## 2.2. GENERALIDADES DEL PHYLUM CNIDARIA.

El Phylum comprende a los animales antes conocidos como radiados, que junto con el Phylum Ctenophora se caracterizan por su simetría primaria radial o birradial, además de ser los Eumetazoarios más primitivos (Hickman, *et al* 1984)

La clase Anthozoa, a la cual pertenecen la anémonas y los zoanthidos, se caracteriza por poseer exclusivamente la fase polipoide en su ciclo, con simetría hexámera, octómera, birradial o radiobilateral (Hyman, 1940).

Las anémonas carecen de esqueleto y presentan llamativos diseños y un gran colorido. Los pólipos solitarios por lo general son grandes (5-20 cm.) con respecto a los pólipos de otros zoantarios (Hyman, 1940; Hickman, *et. al.* 1984).

Su cuerpo es cilíndrico dividido en: disco oral, columna y base que puede estar diferenciada en un disco pedal para fijación al sustrato (Hyman, 1940).

### 2.2.1 REPRODUCCIÓN

Un hecho importante en la reproducción de los cnidarios es el alto grado de reversibilidad de los procesos morfogénéticos y en menor grado la especialización de células y tejidos que los encontrados en el desarrollo de phyla más avanzados (Barth y Broshears, 1982)

Los tipos de reproducción asexual en cnidarios son muy diversos pero pueden organizarse haciendo referencia al fenómeno de alternancia de generaciones dentro del ciclo de vida. La mayoría de las etapas polipoideas se reproducen por brotes (Hyman, 1940; Hickman, 1984).

En la figura 1 se resume el ciclo de vida de la clase Anthozoa.

Existen especies tanto dioicas como hermafroditas, en estas últimas la protandria es la regla. Las células sexuales son gastrodémicas intersticiales y maduran en la mesoglea. Las células sexuales al madurar pueden ser expulsadas al medio y la fertilización y desarrollo ocurren en el agua, pero en algunas especies la fertilización es interna y la larva llega a un estadio tentacular dentro de las cámaras que están entre los mesenterios completos (Hyman, 1940). Algunas larvas de anémonas tienen una larga existencia pelágica antes de fijarse y desarrollar tentáculos, pero la mayoría se fijan en el estadio denominado *Edwardsia*. Las larvas de las anémonas nadan en el plancton como pequeños cuerpos ciliados y ovalados (Hyman, 1940).

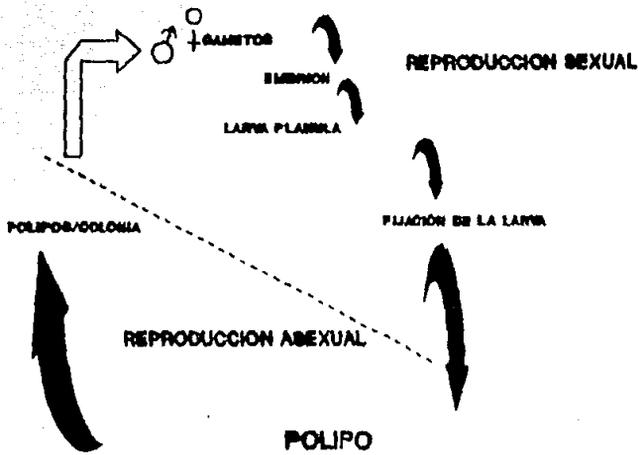


Figura 1. Ciclo de vida de la clase Anthozoa

Las anémonas se reproducen regularmente mediante métodos asexuales como gemación, fisión longitudinal y transversa y laceración pedal.

La laceración pedal es un modo regular de multiplicación en varios géneros como *Helictis*, *Aiptasia*, *Bunodes*. En este caso el disco pedal puede, ya sea poner hacia afuera los lóbulos que están constreñidos o los segmentos del disco adherido se rompen o se desprenden a medida que el animal se desplaza (Hyman, 1940).

### 2.2.1.1 Formación de una colonia

Las extensas colonias se originan por gemación y crecimiento pero sin separación de los zoides; esto en hidrozorios, corales, alcionarios, etc. Estas colonias tienen ectodermo sencillo, endodermo y gastrocele continuo a través de toda la estructura (Hickman, *et al* 1984). Todas las colonias muestran diversos patrones de crecimiento y gemación; estos pueden ser regulares o muy irregulares.

### 2.2.2 COMPORTAMIENTO

Las anémonas son solitarias y se les considera sésiles aunque no lo son del todo. Las anémonas, por lo general se mueven cuando son molestadas o las condiciones del lugar no son favorables pero permanecen en el mismo sitio por periodos prolongados. La mayoría tienen respuestas negativas a la luz, alejándose de la luz intensa y por lo tanto están en huecos, esquinas y debajo de objetos. Usualmente se contraen de día y se expanden totalmente en la noche o el atardecer (Hyman, 1940; Hickman *et al*, 1984). Sin embargo algunas especies litorales son indiferentes hacia la luz e incluso exhiben una reacción positiva, como se puede suponer que actúan anémonas arrecifales como *Stoichactis helianthus* y *Phymanthus* sp (Observación personal).

Algunas especies, de aguas someras, responden a las mareas con ciclos de expansión y contracción según aumenten y disminuyan éstas (Sebens y DeRiemer, 1977).

En la mayoría de las especies los tentáculos y en algunas la boca, son zonas extremadamente sensibles al estímulo químico para la alimentación. (Sebens, 1976)

### 2.2.3 HABITAT

Se les puede encontrar en zonas litorales o en aguas oceánicas más profundas desde los trópicos hasta grandes latitudes, aunque son más abundantes en las aguas someras tropicales. (Sterrerr, 1986)

En las formas solitarias las partes terminales inferiores se encuentran "clavadas" en el sustrato. También hay formas coloniales con pocos o muchos pólipos. Algunos tipos coloniales como *Palythoa* crecen sobre objetos inertes como expansiones membranosas aplanadas, cóncavas, convexas o en forma de hongo, así siguen la forma del sustrato.

Los hay epizoicos, géneros como *Zoanthus*, *Parazoanthus* y *Epizoanthus* que habitualmente crecen sobre otros animales como esponjas, hidrozoarios, corales, gorgonáceos, briozoarios y conchas abandonadas. Algunas de estas asociaciones son muy específicas. (Colin, 1978; Sterrer, 1986).

### 2.2.4 DISTRIBUCIÓN

Se distribuyen en los océanos de todo el mundo desde el Ártico al Antártico; pueden estar desde la zona inframareal hasta la hadal (10700m.) y viven en rangos de temperatura tan amplios de  $-1^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  C. En general se encuentran más especies en aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales del mundo asociadas a arrecifes coralinos, pero explotan casi cualquier habitat bentónico. En general requieren de una salinidad normal. (Colin, 1978; Sterrer, 1986)

Algunos Zoantidos y Actinidos sobreviven en áreas contaminadas (Sterrerr, 1986).

En cuanto a su importancia para el hombre, es básicamente farmacológica. Algunos zoantidos producen compuestos (Palitoxinas) que son biológicamente muy activos y con valor farmacológico. (Kimura *et. al.*, 1971; Attaway and Ciereszko, 1974). Son muy populares como animales de ornato en acuarios marinos y se exportan de diversos lugares del mundo y también en nuestro país se comercializan.

## 2.2.5 ACTINARIOS ARRECIFALES

Casi todos los actinarios obtienen parte de su alimento de los productos de desecho de las zooxantelas simbiotas que presentan, como en el caso de los corales. (Sebens y DeRiemer, 1977).

Aunque están eficazmente armados con nematocistos no escapan de la depredación. Algunos de sus predadores más comunes son gasterópodos, poliquetos, equinodermos, pignogonidos y peces. (Sebens, 1982).

Entre las asociaciones que presentan hay protozoarios ciliados, anfípodos, camarones, cangrejos y peces en el caso de las anémonas; y esponjas en el de los zoanthisos (Kaplan, 1982, 1988).

## 2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ORGANISMOS COLONIALES Y DE LOS ORGANISMOS SOLITARIOS

Muchos ambientes marinos, particularmente los arrecifes, están dominados por animales coloniales como esponjas, corales y briozoarios cuyos ciclos de vida son más complejos que los de organismos individuales. Estos organismos están constituidos por ensamblajes interconectados de módulos genéticamente idénticos, como pólipos de coral o zooides de briozoarios, también se les denomina clones. (Jackson y Hughes, 1985).

Aunque el tamaño de cada módulo puede estar limitado como en los animales no clones, el tamaño de un grupo de módulos no está limitado intrínsecamente. (Jackson y Hughes, 1985).

Los animales coloniales son aquellos en los que sus miembros están físicamente en contacto y se originan, a través de reproducción asexual, de un mismo organismo. Los organismos coloniales y solitarios difieren fundamentalmente en sus patrones de crecimiento y otros atributos de su historia de vida, además de su habilidad para utilizar el espacio. Los animales solitarios son individuos genéticamente distintos. (Jackson, 1977).

Para los coloniales la morfología en general es incrustante, masiva o erecta y algunos presentan zooides polimórficos. Su patrón de crecimiento es determinado y erecto en algunos y en otros indeterminado; presentan crecimiento exponencial o lineal de estolones o crecimiento exponencial en número de pólipos y área de la colonia. Dentro de los métodos de crecimiento están el crecimiento lineal de estolones, división de pólipos y zooides. Todos presentan reproducción asexual de diversos tipos; en la sexual alcanzan rápidamente la madurez y la fecundidad es proporcional al tamaño de la colonia. (Jackson, 1977; Jackson y Hughes, 1985)

En términos generales se podría decir que los animales bentónicos solitarios tienen patrones de crecimiento determinados. En muchas ocasiones carecen de reproducción asexual.

En el caso de la reproducción sexual llegan a la madurez a distintas edades y producen larvas. La fecundidad depende del tamaño del cuerpo en muchos casos. (Jackson, 1977).

El espacio que ocupan los animales coloniales es el recurso limitante en ambientes de sustrato duro (Dayton, 1971; Paine, 1974).

Según Jackson (1977) los animales coloniales tienden a excluir a los animales solitarios en ambientes arrecifales donde el espacio es un "premio" (recurso limitante). Esto sugiere que los animales coloniales pueden ser superiores en la competencia por espacio.

En muchas costas tropicales los animales coloniales son poco comunes pero alrededor de islas y en las barreras de los arrecifes los corales, zoantidos y alcionáceos son los mayores ocupadores de espacio, a menudo cubriendo el 100% del sustrato.

La habilidad que tienen los animales coloniales para competir con los solitarios, en la mayoría de los sistemas con espacio limitado, está relacionada con las diferencias básicas en morfología y los atributos de historia de vida de los grupos, en particular:

1) los patrones reproductivos y de crecimiento

2) la naturaleza del esqueleto; los animales son susceptibles de impedir el crecimiento de competidores y, en determinado momento cubrir a otros organismos. El crecimiento vertical (escape en tamaño) y la agregación favorece la sobrevivencia de algunos animales solitarios. (Jackson, 1977).

Como mecanismos para la competencia se presentan: toxinas, inhibidores del crecimiento, digestión extracelentérica, nematocistos, invasión de tejidos, sobrecrecimiento, y sus defensas en contra de depredadores son: toxinas, espículas, nematocistos, esqueletos calcáreos.

En cuanto a los esqueletos y el sobrecrecimiento los organismos coloniales tienen ventaja, presentan defensas contra la fijación epizoica por larvas mediante tentáculos, nematocistos y toxinas (Jackson, 1977).

Jackson (1977) menciona que los organismos coloniales tienen defensas generalizadas o poseen mecanismos de competencia altamente específicos como aleloquímicos y comportamiento agresivo, lo que les permite obtener el espacio de otros. En cuanto a los sedimentos, la excesiva sedimentación puede inhibir la actividad de los animales coloniales (Goreau y Goreau, 1973; Lang, 1973). Pero también limita a los solitarios que se alimentan de materia en suspensión y afecta a ambos grupos cubriendo posibles zonas de fijación de sus larvas (Jackson, 1977).

Los mecanismos de defensa que menciona Jackson (1977) para los animales solitarios son:

- 1) crecer erectos para impedir que los cubran.
- 2) epizoismo.
- 3) elevación de las partes anatómicas utilizadas para la alimentación.
- 4) conchas, tubos, toxinas.

Los animales solitarios se pueden fijar y crecer sobre organismos coloniales o utilizar zonas muertas de corales y gorgonáceos pero no pueden crecer sobre sus partes vivas.

Dentro de los mecanismos de defensa de los animales solitarios, están el escape en tamaño o la agregación.

## 2.4 DIVERSIDAD

Como se mencionó anteriormente, a partir de las propiedades emergentes se definen patrones de distribución y de qué manera están influenciados por las interacciones entre los organismos y con su medio (Hughes, 1986).

Una forma de caracterizar una comunidad es mediante el conteo de las especies (riqueza específica) que existen en ella. Otra forma muy utilizada entre los ecólogos es mediante los índices de diversidad. De esta manera se pueden comparar y describir comunidades.

El concepto de diversidad ha sido tema de controversia entre los ecólogos. De hecho Hulbert, (1971), sugirió que la diversidad no podría describirse como un concepto debido a los problemas semánticos, conceptuales y técnicos asociados con su uso (Ludwig y Reynolds, 1988) pero aun así sigue siendo muy usado aunque tenga limitaciones.

Según Margalef (1958), Lloyd y Ghetardi (1964), Pileau (1966) y Hulbert (1971) (*in* Washington, 1984) la diversidad de especies es una función del número total de especies presente (riqueza específica) y su uniformidad (equitabilidad), esto es, cómo están distribuidos los individuos entre las especies.

Para Pielou (1966) (*in* Washington, 1984), diversidad es el grado de incertidumbre atribuido a una especie seleccionada al azar y la enmarca en la teoría de la información.

Odum (1971) (*in* Washington, 1984) menciona que es la proporción entre el número de especies y su valor de importancia en cuanto a la biomasa, densidad o productividad.

La diversidad de especies (Washington, 1984) es un parámetro de la comunidad, que involucra a las especies y su abundancia.

Los índices de diversidad incorporan la riqueza específica y la uniformidad en un solo valor, por esto Peet (1974) los llama índices de heterogeneidad.

La diversidad de especies tiene 2 componentes: el primero es el número de especies en la comunidad, a lo que nos referimos como riqueza específica; el segundo es la uniformidad o equitabilidad de las especies; la uniformidad se refiere a cómo las abundancias de las especies están distribuidas entre las especies. La abundancia se determina en términos de cobertura, biomasa o número de individuos.

### III ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1 Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son, probablemente, los ecosistemas más complejos del medio marino (Loya, 1972). Stoddart (1969) los define como ecosistemas de alta productividad orgánica, redes tróficas complejas, intenso metabolismo de calcio, altas densidades poblacionales y alta diversidad. Los arrecifes coralinos son el resultado de la intensa producción de  $\text{CaCO}_3$  por parte de organismos hermatípicos o constructores arrecifales; sin embargo, a pesar de la continua depositación de  $\text{CaCO}_3$ , están íntimamente relacionados con las estructuras geológicas que se formaron en el pasado (Wells, 1957). Así un arrecife coralino se distingue de una comunidad coralina precisamente por su origen e historia geológica (Wainwright, 1965).

Actualmente los arrecifes están restringidos al cinturón tropical, 30° latitud N y 30° latitud S, en la parte oriental de los continentes (figura 2).

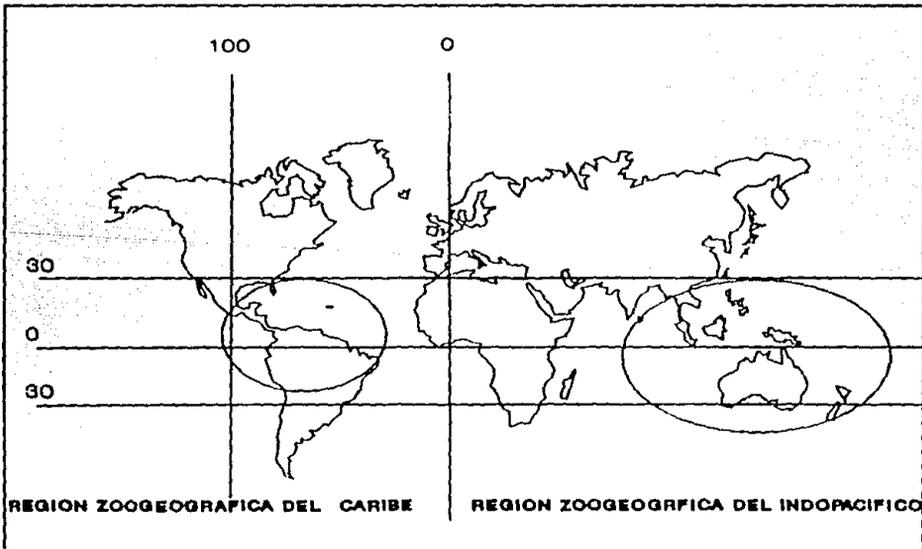


Figura 2. Distribución mundial de los arrecifes coralinos.

Existen dos grandes áreas de distribución de arrecifes coralinos: La Región del Indopacífico y la Región Zoogeográfica del Caribe; a esta última pertenece el sistema arrecifal mexicano (Figura 3).

El sistema arrecifal mexicano se divide en varios subsistemas: el Caribe, el Banco de Campeche y el Sistema Arrecifal Veracruzano.

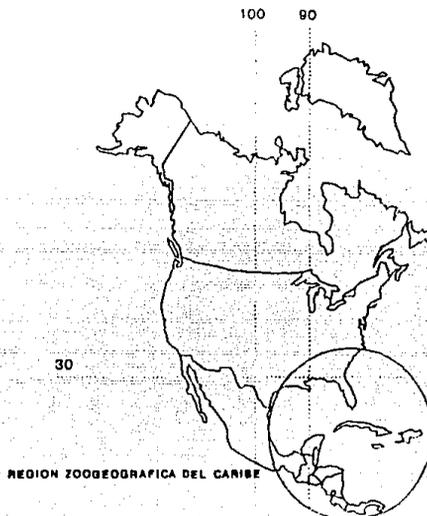


Figura 3. Región zoogeográfica del Caribe.

### 3.2. Sistema arrecifal Veracruzano.

El sistema arrecifal Veracruzano está ubicado frente al Puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo, entre las coordenadas geográficas extremas  $19^{\circ} 15'$  y  $19^{\circ} 02'$  de latitud Norte y  $96^{\circ} 12'$  y  $95^{\circ} 47'$  de longitud Oeste (Figura 4). Lara (1989) divide el sistema en dos secciones separadas por la desembocadura del Río Jamapa en Boca del Río: La sección Puerto de Veracruz y la sección Antón Lizardo.

La sección Puerto de Veracruz consta de 10 estructuras arrecifales: Anegada de Adentro, Arrecife La Blanquilla, Arrecife Pajaros, Isla Verde, Isla Sacrificios, Arrecife La Galleguilla, Arrecife La Gallega, Punta Gorda, Punta Mocambo y Punta Hornos (figura 5).

La sección Antón Lizardo comprende 11 estructuras: Anegada de Afuera, El Cabezo, Anegadilla, Santiaguillo, El Rizo, Isla de Enmedio, Arrecife Polo, Arrecife el Bajito, La Blanca, El Glote y Chopas (Figura 6).

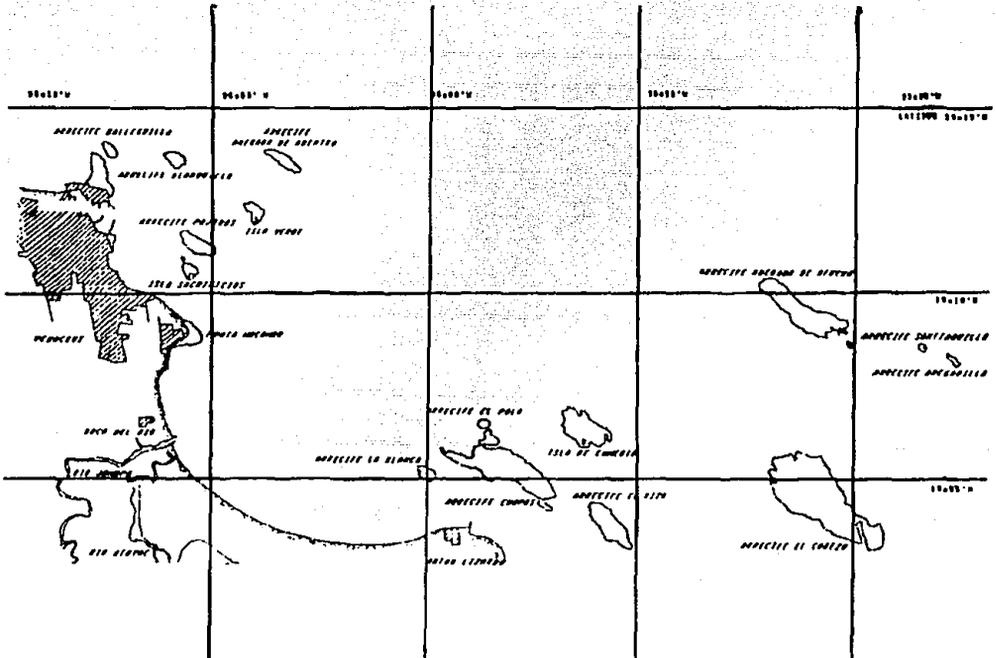


Figura 4. Sistema arrecifal veracruzano. (Tomado de Carta de Navegación, S. M. 823, 1979).

Los arrecifes del sistema se desarrollan sobre la plataforma continental hasta una profundidad máxima de 35 a 40 metros (Lara, 1989). Dentro de la clasificación de los arrecifes podrían considerarse como arrecifes bordeantes, pero Lara (*op. cit.*), los denomina arrecifes de plataforma

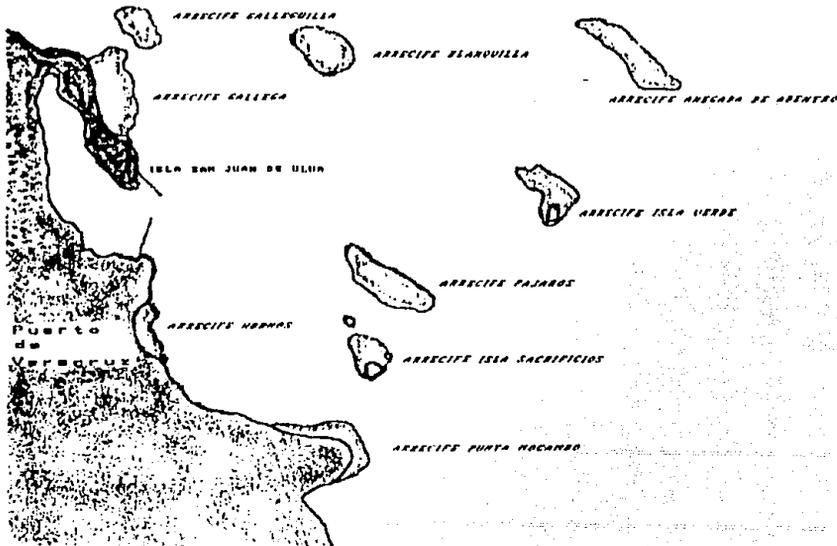


Figura 5. Sección Puerto de Veracruz. (Modificado de la figura 4).

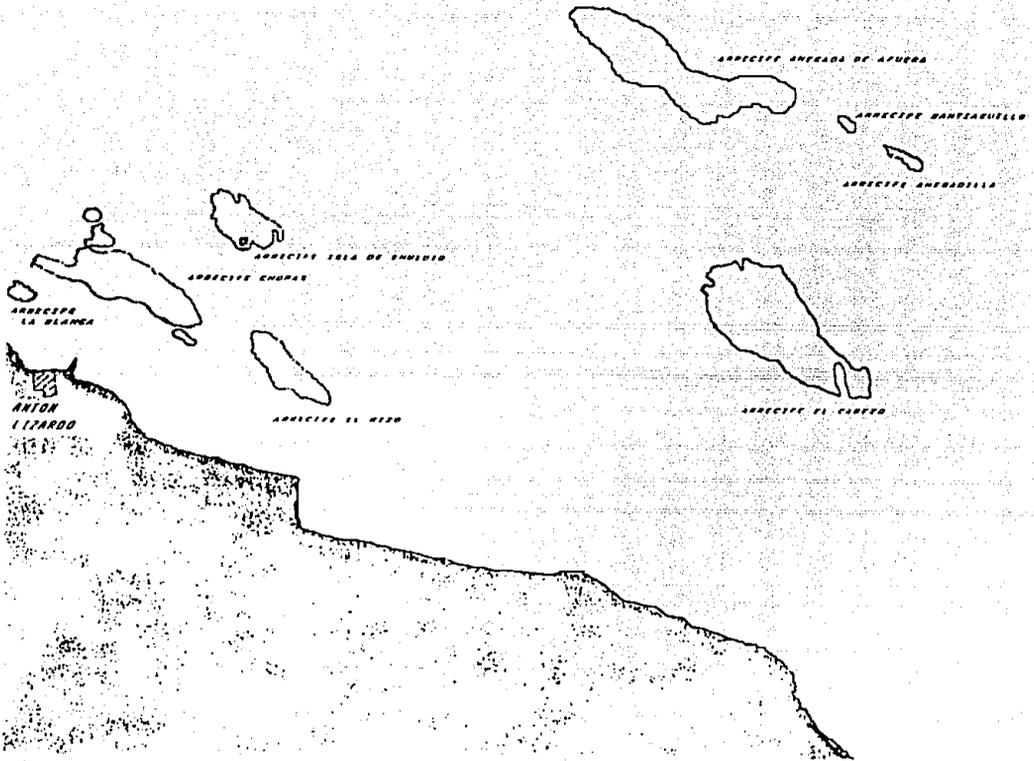


Figura 6. Sección Antón Lizardo. (Modificado de la figura 4).

por tener desarrollada la pendiente de sotavento que no rebasa los 40 metros de profundidad.

La principal característica común entre los arrecifes es su forma y posición, que se debe a la dirección de la llegada del tren de olas, correspondiendo a la forma alargada o elíptica con su eje mayor, corriendo en sentido NW-SE paralelamente a las curvas de nivel de fondo (isobatas) y al oleaje dominante. (Emery, 1963; Secretaría de Marina, 1980).

Es necesario aclarar que este trabajo se realizó en las estructuras del Puerto de Veracruz y en el arrecife Chopas de la sección Antón Lizardo. Este arrecife (figura 7) tiene un área de 8.5 km<sup>2</sup>, su distancia a la costa es de 3.5 km, su eje mayor es de 7.9 km y su eje menor es de 1.75.

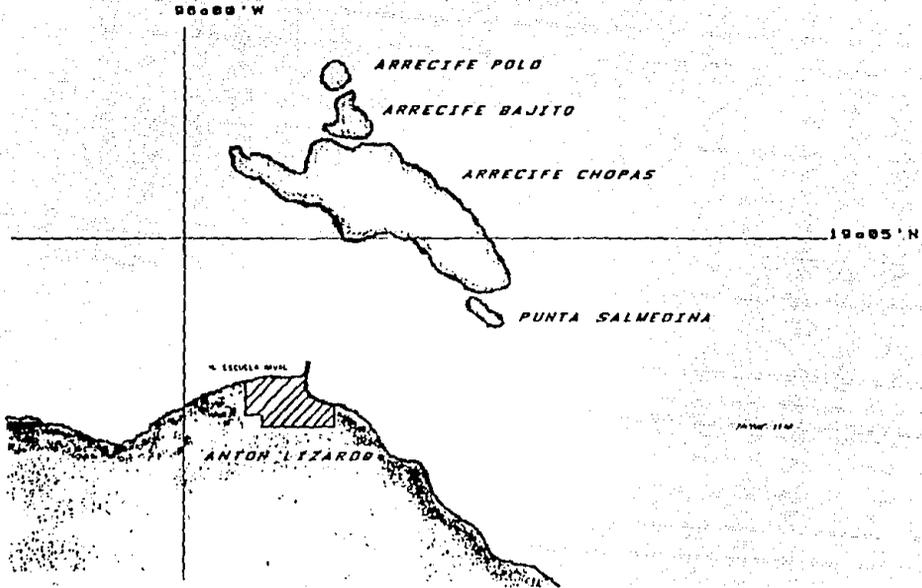


Figura 7. Mapa del arrecife Chopas. (Modificado de la figura 4).

### 3.3 Climatología

El Estado de Veracruz está influenciado por dos corrientes aéreas: la corriente Atlántica o de vientos alisios (cálida-húmeda) y la corriente Boreal de baja temperatura y escasa humedad; esta corriente es la que provoca los "Nortes" en invierno. Durante el verano la corriente aérea de vientos Alisios cargada de humedad determina la estación de lluvias (García, *et al.*, 1990).

El tipo de clima corresponde al  $A(W_2)(W)(i)$  de la clasificación de García de Miranda (1986). Es cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano. Es caluroso en verano y templado en invierno con una temperatura media anual de 25 °C.

En la parte de la costa existen importantes cuencas fluviales que desembocan cerca de la zona arrecifal. Justo frente al sistema desembocan los Ríos Jamapa y Atoyac en la descarga de Boca del Río, con un volumen de 1670 millones de  $m^3$  aproximadamente. Hacia el sur desemboca el Río Papaloapan, con una descarga de 20 000 millones de  $m^3$  al año, es considerado como una de las mayores corrientes fluviales del país; y hacia el norte descargan las aguas del Río La Antigua con un volumen de 2400 millones de  $m^3$  al año (Secretaría de Marina, 1980).

## IV METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este estudio se realizaron 2 campañas de trabajo de campo: del 24 de Febrero al 5 de Marzo y del 29 de Junio al 7 de Julio de 1989, dentro del proyecto "Arrecifes coralinos de México" que desarrolla el Equipo de Buceo de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Se contó con el apoyo de la Secretaría de Marina a través del Buque Guarda Costas GH-02 "Teniente. Jose Azueta" y el Buque Oceanográfico H-02.

El trabajo se llevó a cabo en las estructuras arrecifales correspondientes a la sección del Puerto de Veracruz (figura 5) y en el arrecife Chopas de la sección Antón Lizardo (figura 6).

Se realizó una prospección en cada arrecife previo al inicio de toma de datos para determinar la existencia de las 4 zonas y 9 subzonas según la caracterización de Lara (1989).

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONACIÓN DE LOS ARRECIFES

En los arrecifes de coral se reconocen diferentes regiones. Estas son descritas y nombradas en base a su fauna más conspicua, a sus características topográficas y fisiográficas más generales (Loya, 1972). Sin embargo presentan características específicas que permiten diferenciarlas en distintos grados de desarrollo.

(Lara, 1989) describe la zonación para un arrecife de la sección Antón Lizardo en el sistema arrecifal veracruzano, donde propone y describe en base a sus características sedimentológicas, topográficas y biológicas, 4 zonas y 9 subzonas que se listan a continuación:

ZONAS	SUBZONAS
<i>Arrecife frontal (Barlovento)</i>	Arrecife frontal exterior (AFE) Arrecife frontal interior (AFI)
<i>Cresta arrecifal</i>	Transición barlovento (TB) Romplente arrecifal (RA) Arrecife posterior (AP)
<i>Laguna</i>	Parches (PA) Transición sotavento (TS)
<i>Comunidad arrecifal de sotavento</i>	Cementerio de <i>Acropora cervicornis</i> (CA) Platos de hexacorales (PH)

El presente trabajo se basa en ésta zonación (figura 8).

En el arrecife Chopas, además de las 4 zonas y 9 subzonas ya mencionadas, se define

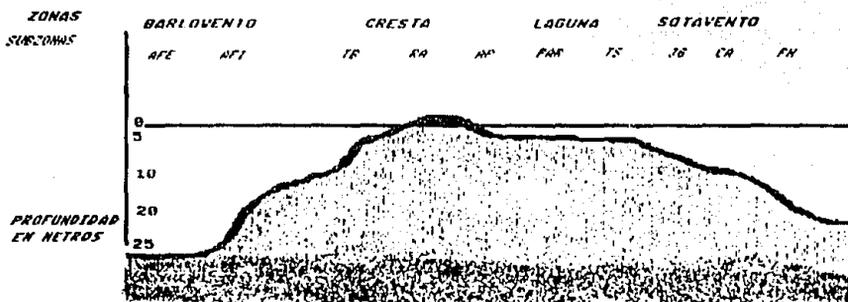


Figura 8. Perfil que muestra la zonación generalizada para los arrecifes de la sección Antón Lizardo, Veracruz.

una subzona más, denominada jardín de gorgonaceos (figura 9). Sólo se presenta en arrecifes cercanos a la costa y en forma de parches, no como una franja continua a lo largo del eje mayor de las estructuras como ocurre con el resto de las subzonas en general. Se caracteriza por estar dominada por octocorales del orden Gorgonacea principalmente, a profundidades de 3 a 10 m y

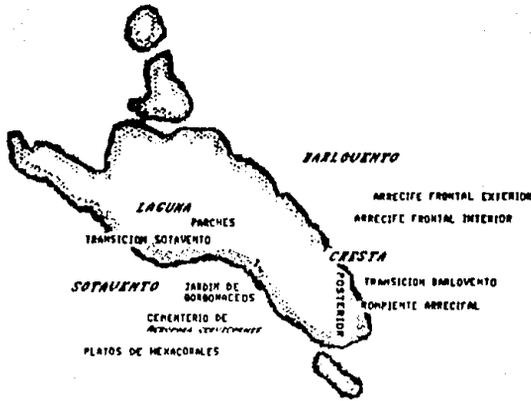


Figura 9. Zonación del arrecife Chopas. Se incluye la subzona Jardín de Gorgonaceos.

siempre que está presente es entre las subzonas transición sotavento y cementerio de *Acropora cervicornis*.

Cabe mencionar que los arrecifes cercanos a la costa (menos de 6 km) presentan en general caracteres fisiográficos y especies características como lo son los zoanthidos, esto hace pensar que tienen un grado de desarrollo diferente a los más externos del sistema, así como una zonación posiblemente diferente. Los arrecifes de la sección Puerto de Veracruz están a una distancia promedio de 3.5 km. Todas estas estructuras presentan los mismos caracteres fisiográficos y especies características. Como excepción a esto, el arrecife Anegada de Adentro se encuentra a una distancia aproximada a la costa de 8.3 km y no presenta las mismas características que el resto de las estructuras. La subzona Arrecife posterior se extiende ampliamente; incluso en algunos no es posible detectar la subzona de parches propiamente dicha. En su lugar se encontraron crecimientos amplios de algunas especies de zoanthidos a lo largo de toda la subzona, por lo que sería posible definir una subzona de tapetes de Zoanthidos que se presentaría entre las subzonas arrecife posterior y transición sotavento

## 4.2 REGISTRO DE DATOS

Los métodos prospectivos utilizados fueron: 1) Interpretación de fotografía aérea y subacuática; 2) recorridos a lo largo del eje menor del arrecife pasando por todas las subzonas empleando buceo libre y SCUBA; 3) recorridos por las subzonas someras en embarcaciones menores y 4) por todas las estructuras en las embarcaciones mayores.

El muestreo se realizó ubicando las áreas escogidas al azar en las zonas someras y dependiendo de la profundidad en las subzonas profundas de barlovento y sotavento, con una cadena de 20 m de longitud marcada cada metro, según describe Loya (1972) y Sebens (1976) como método de muestreo para Cnidarios bentónicos; ésta se colocó de manera perpendicular a la cresta arrecifal.

Debido a la zonación propuesta por Lara (1989) el muestreo fué aleatorio estratificado sobre secciones en las subzonas.

Las partes someras, subzonas tales como parches, arrecife posterior, rompiente arrecifal, transición barlovento, transición sotavento, se muestrearon con equipo para buceo libre; y con equipo para buceo autónomo (SCUBA) las zonas profundas, es decir, platos de hexacorales, cementerio de *Acropora cervicornis*, arrecife frontal Interior y arrecife frontal exterior.

Para la toma de datos se utilizaron dos tablas; la primera para recabar la información acerca de la diversidad y otros parámetros donde se registraron: especie, número de colonias por especie, cobertura, número de transecto, tamaño de la colonia; además del tipo de sustrato, profundidad, posición de la anémona, diámetro del pólipo, especie de coral en contacto con ella y/o distancia a la que se encontraba (máximo 10 cm.). Los datos fueron tomados cada metro. Los transectos se trazaron perpendiculares a la cresta del arrecife en cada subzona muestreando cada organismo que tocara el transecto o se hallara en el área de 1 metro cuadrado a cada lado de la cadena.

La determinación se realizó principalmente *in situ*; cuando el organismo no pudo ser determinado se fotografió para hacerlo posteriormente.

Los problemas de determinación taxonómica fueron relevantes en el trabajo. La determinación *in situ* fue difícil por los problemas inherentes al trabajo de campo subacuático (tiempo restringido de aire, pérdida excesiva de calor y altos costos de equipo y traslado al área de estudio). El hecho de que en México no existan claves para la determinación de los ordenes Zoanthidea y Actinaria dificulta aún más el trabajo; incluso entre los autores del ramo existen muchas dudas acerca de la taxonomía del orden Zoanthidea, ya que desde principios de siglo no se han revisado las descripciones (Sebens, 1982).

En la primera tabla, especialmente diseñada para esta ocasión se registraron los datos correspondientes a la Valoración General del Ambiente (VGA). Los parámetros

registrados se tomaron a lo largo de los transectos, anotando a cada 5 metros: espesor del sedimento, distribución del sedimento, porcentaje de cobertura rocosa, masa de agua sobreyacente (profundidad) y topografía del sustrato. Los datos se manejaron con base a códigos preestablecidos con ciertos rangos (Tabla 1); para algunos datos se utilizó una varilla marcada con una escala geométrica que abarcaba todos los rangos magnitud de 0 a 164 cm.

TABLA 1  
PARÁMETROS PARA LA VALORACIÓN GENERAL DEL AMBIENTE

**DISTRIBUCION DEL SEDIMENTO**

CÓDIGO	DEFINICIÓN	MAGNITUD
Af	Arenoso-fino	0.1-0.5
Am	Arenoso-medio	0.5-1.0
Ag	Arenoso-grueso	1.0-2.0
Pf	Pedacería fina	2.0-4.0
Pm	Pedacería media	4.0-8.0
Pg	Pedacería gruesa	8.0-16.0
Ro	Restos orgánicos	16.0-X

**PORCENTAJE DE COBERTURA ROCOSA**

CÓDIGO	MAGNITUD
VII	75-100%
VI	50-75%
V	25-50%
IV	5-25%
III	X-5%
II	esaso
I	solitario

**TOPOGRAFIA DEL SUSTRATO**

CÓDIGO	DEFINICIÓN	MAGNITUD
Ps	Plano-suave	0-4
Pp	Plano-pronunciado	4-8
As	Abrupto-suave	8-16
Ap	Abrupto-pronunciado	16-32
Es	Escarpado-suave	32-64
Emp	Escarpado-pronunciado	64-128
Emp	Escarpado muy pronunciado	128-X

La Tabla 1 toma como parámetros para caracterizar al sustrato bentónico:

Porcentaje de Cobertura Rocosa (magnitud escalar en porcentaje).

Distribución del sedimento (Magnitud escalar por tamaño en centímetros).

Masa de agua sobreyacente (magnitud escalar por profundidad respecto al nivel del mar en pies y metros.)

Topografía del sustrato (magnitud escalar de distancia de desniveles).

Espesor del sedimento (magnitud escalar de distancia de penetración de la varilla en centímetros.)

Las escalas de distancia y tamaños fueron definidas como intervalos de espacio, a partir de las magnitudes definidas en centímetros y marcadas en la varilla de medición.

### 4.3 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

Para llevar a cabo el análisis de diversidad, a lo largo en cada transecto se registraron, en la tabla 2: el número de especies, número de colonias por especie y tamaño de la colonia. Con estos datos se calculó la diversidad de especies por zona y subzona mediante el uso de los índices de Shannon-Wiener y Simpson según Washington (1984) y Begon *et. al.* (1986); obteniendo cada índice para el número de colonias (densidad) por especie y por cobertura.

#### 4.3.1 INDICE DE SIMPSON

El índice de Simpson da la probabilidad de que 2 individuos tomados al azar de una población pertenezcan a la misma especie. Esta dado por la siguiente expresión:

$$\lambda = \sum P_i^2$$

$P_i$  = abundancia proporcional de la  $i$  especies dadas por

$$P_i = n_i / N \quad i=1,2,3,\dots,S$$

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos para todas las especies  $S$  en la población. Varía de 0 a  $S$

Si la probabilidad es alta ambos individuos serán de la misma especie, así, la diversidad de la comunidad muestreada será BAJA, ya que las poblaciones son infinitas. Simpson (1949, in Washington, 1984)) desarrolla un estimador ( $\lambda$ ) para el muestreo en poblaciones infinitas.

$$\lambda = \sum n_i (n_i - 1) / (n (n - 1))$$

y en la práctica son aproximadamente iguales cuando sustituimos  $n$  por  $N$ .

La diversidad medida según el índice de Simpson, se expresa como (Washington, 1984)

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad \text{o} \quad D = 1 / \sum P_i^2$$

en este trabajo se utilizó la última expresión.

#### 4.3.2 INDICE DE SHANNON-WIENER

Este es quizá el índice más utilizado en ecología de comunidades; está basado en la teoría de la información (Shannon & Weaver, 1949 in Ludwig y Reynolds, 1988) y es una medida del grado promedio de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo tomado al azar en una colección de S especies y N individuos.

Este promedio de incertidumbre aumenta a medida que el número de especies se incrementa y a medida que la distribución de individuos entre las especies se vuelve uniforme.

H (índice de Shannon-Wiener) tiene dos propiedades:

- a)  $H = 0$  sólo si hay una especie en la muestra
- b)  $H = 1$  es máximo sólo cuando las S especies están representadas por el mismo número de individuos, esto es una distribución perfectamente uniforme de abundancias.

El índice de Shannon-Wiener se define como:

$$H' = - \sum (P_i \ln P_i)$$

Donde  $H'$  es el promedio de incertidumbre por especie en una comunidad infinita hecha o formada por S especies con abundancias proporcionales y conocidas  $P_1, P_2, \dots, P_s$ , donde S y  $P_i$  son parámetros de la población

También se calcularon las equitabilidades J y E por subzona según Pielou (1975 in Ludwig y Reynolds, 1988) y Begon *et. al.* (1986).

### 4.3.3 INDICES DE EQUITABILIDAD

Cuando todas las especies en una muestra son igualmente dominantes, la equitabilidad debe ser máxima y disminuir hacia cero a medida que las abundancias relativas de las especies diverjan lejos de la equitabilidad.

Hulbert (1971) notó que la equitabilidad tiene esta propiedad al representarse como:

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

D = Índice de diversidad observado

D<sub>max</sub> = Índice de diversidad observado en su valor máximo para Simpson (en este caso D<sub>max</sub> = S).

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

para Shannon-Wiener donde H<sub>max</sub> = ln S.

Todos los valores se obtuvieron mediante el programa Diversid desarrollado por Jácome y Proaño, (1989) en la Facultad de Ciencias.

## V RESULTADOS

### 5.1 VALORACIÓN GENERAL DEL AMBIENTE PARA EL ARRECIFE CHOPAS

Se describen cada una de las subzonas del arrecife Chopas según los parámetros del sustrato, empezando por la zona de barlovento (figura 9).

El arrecife frontal exterior (AFE) es la parte expuesta más profunda del arrecife y donde se encuentra su base; la característica fisiográfica más importante de esta subzona es la presencia de macizos, que son formaciones elevadas de esqueletos y restos de coral, y de canales, que son espacios entre los macizos. Estas estructuras se forman en esta subzona. En los canales hay una profundidad media de 15 m (figura 10) y es donde se encuentra acumulado el sedimento. Este es principalmente de tipo arenoso fino y grueso con un bajo porcentaje de pedacería (figura

## PROFUNDIDAD

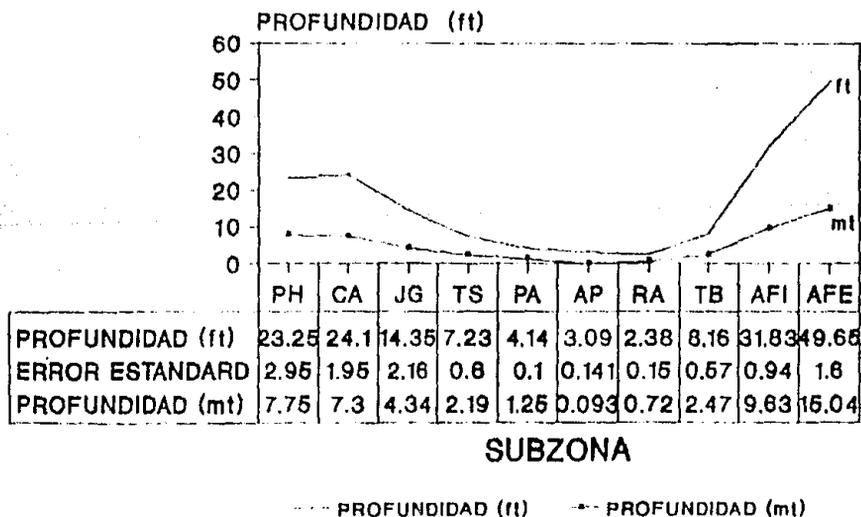


Figura 10. Profundidad promedio para cada subzona del arrecife Chopas. Se incluye error estandar.

11). El espesor del sedimento no alcanza los 2 cm (figura 12), debido a la presencia de los macizos, existe un alto porcentaje de cobertura rocosa (figura 13). Topográficamente, el sustrato presenta pendientes pronunciadas y cañones y cae en el rango de escarpado muy pronunciado, además presenta cavidades u oquedades (Figura 14). El género de coral escleractinio que domina es *Montastrea* sp que crece en forma de cabezos.

## CHOPAS DISTRIBUCION DEL SEDIMENTO

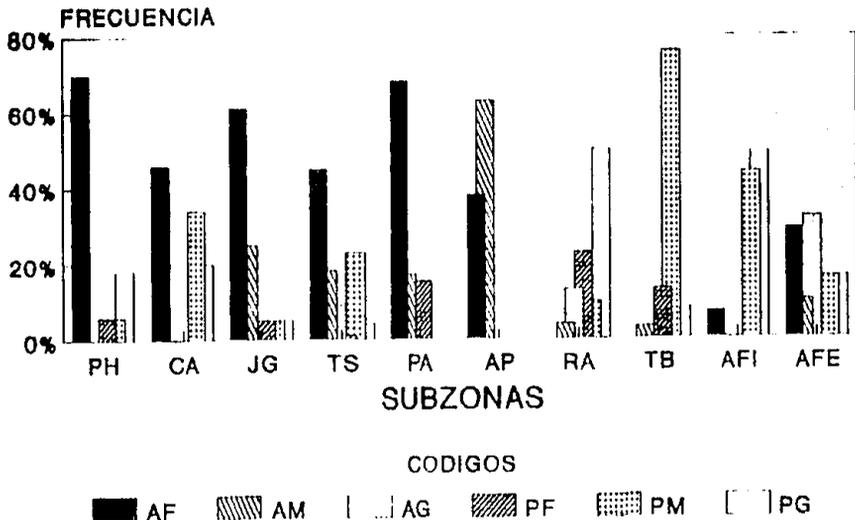


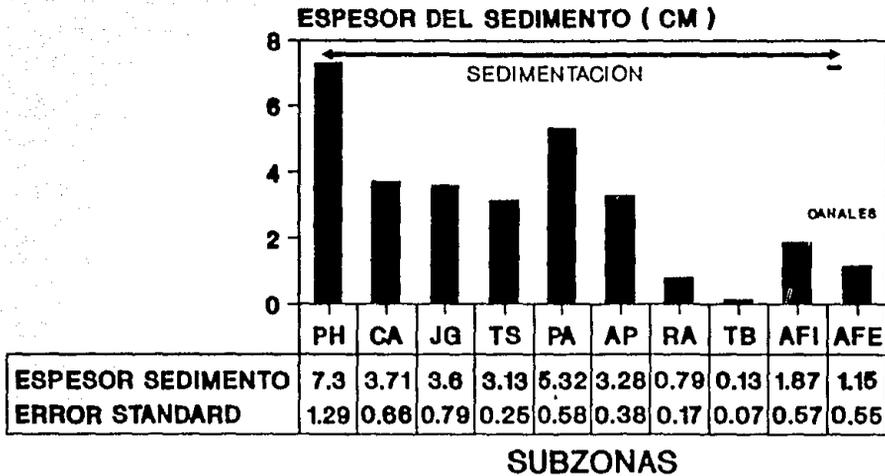
Figura 11. Distribución del sedimento en las subzonas del arrecife Chopas. Los códigos son explicados en la tabla 1.

El arrecife Frontal Interior (AFI) se caracteriza por tener macizos y canales, a una profundidad media de 10 metros (figura 10), presenta un porcentaje de cobertura rocosa alto (figura 13), el sedimento dominante es pedacería media y gruesa (figura 11) formada por coral y otros restos de organismos, la profundidad del sedimento es mayor que en el AFE alcanzando hasta 3 cm únicamente en los canales (figura 12), su pendiente es moderada, la caída es menos pronunciada que en el AFE pero es una subzona heterogénea ya que presenta variados rangos (figura 14); aquí el sedimento está menos compacto por la energía del oleaje. Se encuentran terrazas y pendientes. Las especies de coral que caracterizan la subzona son *Acropora palmata* y *Agaricia* sp.

La transición barlovento de Chopas, se caracteriza por presentar una profundidad media de 3 m (figura 10), la distribución del sedimento está dominada por la pedacería media, mínima cantidad de arenas (fig 11) y un espesor del mismo insignificante ya que el porcentaje de cobertura rocosa es alto superando a cualquier otra subzona (figura 12). Es la subzona con mayor cantidad de roca (figura 13). La topografía del sustrato es heterogénea presentando un amplio rango desde plano suave hasta escarpado pronunciado (figura 14). Como consecuencia de la alta energía del

# CHOPAS

## ESPESOR DEL SEDIMENTO



■ ESPESOR SEDIMENTO

Figura 12. Espesor del sedimento para las subzonas del arrecife Chopas.

oleaje, que también caracteriza a la subzona, (la mayor del arrecife) a la que está expuesta y sobretodo donde disminuye más la pendiente, el sedimento que aquí se desprende por la acción erosiva del oleaje es acarreado hacia las zonas protegidas del arrecife. La especie de coral escleractinio más abundante y característico es *Acropora palmata*.

La rompiente arrecifal es la subzona con menor profundidad del arrecife (Figura 10) y mayor energía del oleaje. Es severamente afectada por la marea quedando partes expuestas durante la bajamar, especialmente en verano e invierno en época de "nortes". Es la región más conspicua del arrecife ya que se encuentran partes emergidas. El sedimento consiste principalmente de pedacería gruesa (figura 11) con un espesor casi despreciable (figura 12). Tiene el porcentaje de cobertura rocosa más alto de la estructura (figura 13); es en general plana con ligeras hondonadas y salientes (figura 14). Se caracteriza por la presencia de: coral del genero *Millepora*, gran cantidad de erizos de la especie *Echinometra lucunter* y zoanthidos.

La siguiente subzona es el arrecife posterior que es ligeramente más profundo que la rompiente (figura 10). Los sedimentos que la constituyen son arenas de tamaño fino y medio en un alto porcentaje (figura 11), están poco compactados alcanzando un espesor de 3 cm (figura 12). Topográficamente es más plano y con poca cobertura rocosa (figuras 13. y 14.). Esta subzona está menos expuesta a la energía del oleaje y no sufre exposición durante la bajamar. El género de coral que la caracteriza es *Millepora* y erizos de la especie *Echinometra lucunter*.

La zona laguna presenta dos subzonas, la más somera (figura 10), plana y arenosa es la subzona de parches de *Thalassia testudinum*-arena con un alto porcentaje de sedimentos, principalmente arenas finas (figura 11) en forma de bancos de arena y el mayor espesor de sedimento de la estructura (figura 12). El porcentaje de cobertura rocosa es muy bajo y está dado por los crecimientos de hexacorales (figura 13). Se caracteriza por presentar bancos de arena entre los parches del pasto marino *Thalassia testudinum*. Esta es una región de alta sedimentación donde el pasto marino funciona como una trampa para los sedimentos acarreados desde la zona de cresta.

Transición sotavento es la otra subzona de la laguna, donde la profundidad aumenta gradualmente (figura 10), es arenosa y homogénea, pero con más sedimento del rango de pedregal media (figura 11) aquí el espesor del sedimento también es mayor que en la zona de cresta (figura 12.) En cuanto a la cobertura rocosa es muy variada ya que se encuentran representantes de casi todos los rangos establecidos (figura 13). Presenta una ligera pendiente aunque no a todo lo largo del arrecife (figura 14).

## CHOPAS % DE COBERTURA ROCOSA

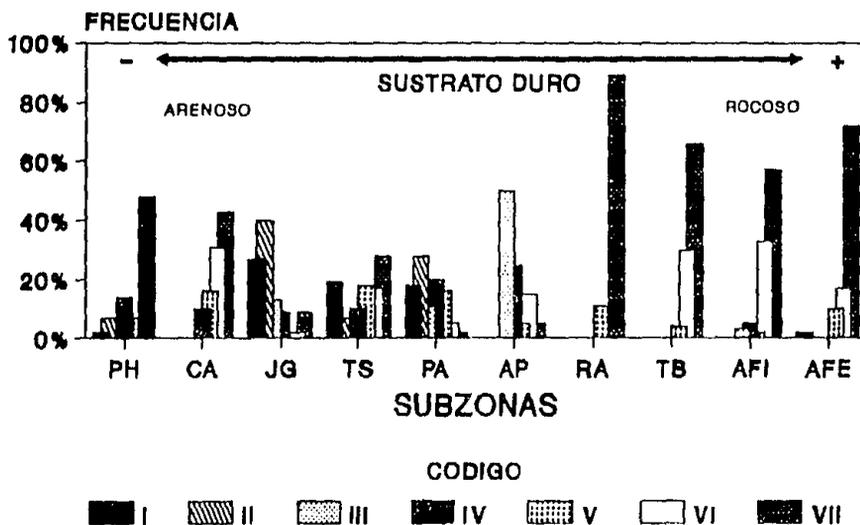


Figura 13. Porcentaje de cobertura rocosa en las diferentes subzonas del arrecife Chopas. Los códigos se explican en la tabla I.

La zona más protegida del arrecife Chopas es la de sotavento en donde se reconocen 3 subzonas. La más somera es el jardín de gorgonáceos; es la subzona donde propiamente se inicia la pendiente, la profundidad llega a los 15 m. (figura 10.), aunque hay regiones totalmente planas; tiene un alto porcentaje de sedimentos finos (figura 11.) con más profundidad (figura 12)

y de consistencia rebotable; la cobertura rocosa es media (figura 13). Se caracteriza por la existencia de octocorales como los géneros *Plexaura*, *Erythropodium* (incrustante), *Pseudopterogorgia* y *Pseudoplexaura*. La energía del oleaje es muy baja y presenta una constante lluvia de sedimentos acarreados desde el barlovento.

## CHOPAS

### TOPOGRAFIA DEL SUSTRATO

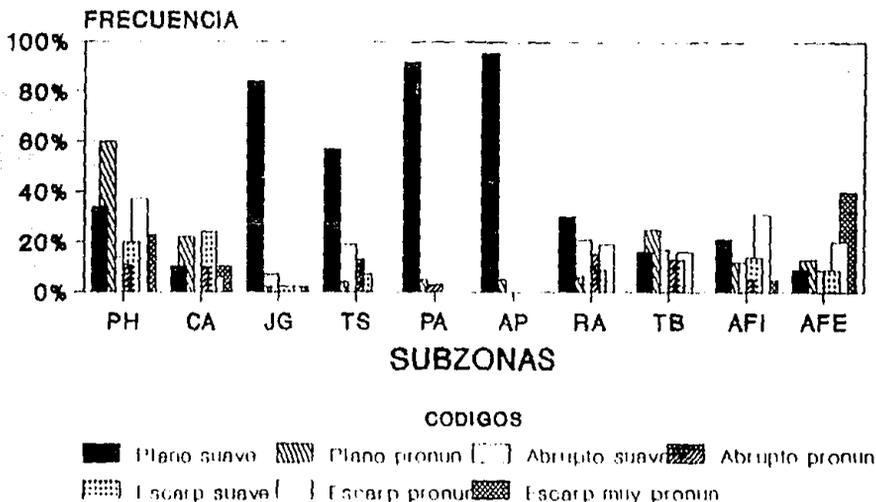


Figura 14. Topografía del sustrato para las diferentes subzonas del arrecife Chopas. Los códigos se explican en la tabla 1.

El cementerio de *Acropora cervicornis* es la subzona formada por una matriz de restos de este coral, que forma un entramado presentando un aspecto muy heterogeneo, con gran cantidad de organismos. La profundidad llega a los 20 m (figura 10). El escaso sedimento esta constituido por arenas finas y pedacería mediana a gruesa (figura 11) donde el espesor del sedimento llega hasta 4 cm. (figura 12). El porcentaje de cobertura rocosa alcanza un nivel medio debido a la gran cantidad de oquedades que se forman (figura 13). Tiene una pendiente moderada (figura 14). En cuanto a los organismos, se caracteriza por altas densidades de esponjas.

La última subzona es la llamada platos de hexacorales. Su nombre se debe al crecimiento característico de los corales escleractinios en forma plana o de plato debida a la necesidad de captar la mayor cantidad de luz. Es el extremo protegido del arrecife, de mayor profundidad (figura 10) y con la mayor cantidad de sedimentos finos, ya que es un área de intensa depositación (figura 11). Aquí el espesor del sedimento alcanza su valor más alto (figura 12), el porcentaje de cobertura rocosa aumenta por el desarrollo de los corales (figura 13). Su pendiente es moderada clasificada como abrupta pronunciada (figura 14). Así mismo, es la región con menor visibilidad debido a la turbiedad de las aguas, especialmente en la época de lluvias (Verano) cuando la desembocadura de los ríos cercanos Papaloapan y Jamapa aportan apreciables cantidades de

terrigenos. Los corales que caracterizan la subzona son de los generos *Siderastrea* y *Montastrea*

## 5.2 PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ZOANTHIDOS Y ANÉMONAS EN EL ARRECIFE CHOPAS

A pesar de que este arrecife presenta las 10 subzonas ya mencionadas sólo en 8 de ellas se encontraron anémonas y zoantidos. La mayor riqueza específica se encontró en la rompiente arrecifal y la más baja en las subzonas Transición sotavento y jardín de gorgonaceos. El mayor número de especies se encuentra en la rompiente arrecifal asociado con el porcentaje de cobertura más alto. En cuanto a las zonas, el sotavento presenta el menor número de especies, menor cobertura y densidad. Ver figuras 15 y 16).

ESPECIE	PH	CA	JG	TS	PAR	AP	RA	TB	AFI	AFE
<b>Lebronia</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<b>R.sanctithomae</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Alptasia sp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>B. annulata</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>P.carlbaeorum</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<b>Parazoanthus sp.</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<b>Phymanthus sp.</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>S. helianthus</b>	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
<b>Zoanthus sp.</b>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Figura 15. Cuadro de presencia ausencia de especies de anthozoarios del arrecife Chopas.

## CHOPAS RIQUEZA ESPECIFICA VS SUBZONA

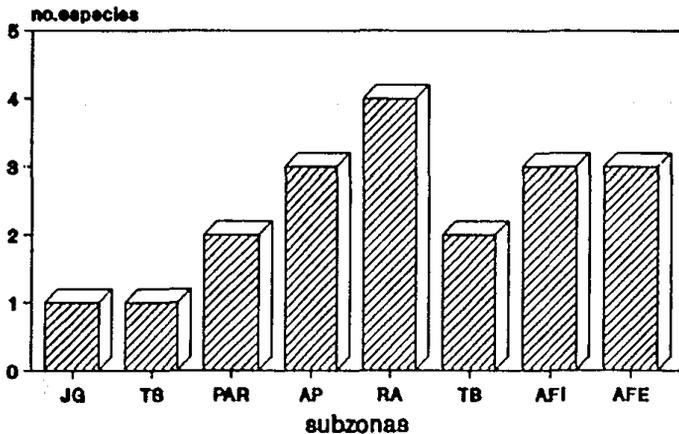


Figura 16 Riqueza específica por subzonas del arrecife Chopas.

El género *Parazoanthus* sp es un zoántido solitario que vive sobre esponjas, se le encuentra en el jardín de gorgonáceos ya que ahí se localizan muchas especies de esponjas, en especial se encontró esta especie sobre la esponja *Niphates* sp.

El zoántido *Palythoa caribaeorum* es característico de las zonas cresta y barlovento, no así *Zoanthus* sp. que además se encontró en la subzona de parches.

La anémona denominada "A", por su gran parecido con la especie *Lebrunea danae*, es característica de las subzonas de rompiente arrecifal y las dos del barlovento (AFI y AFE); siempre se le encuentra en orificios sólo mostrando sus tentáculos azules.

*Bartholomea annulata* es una especie de aguas profundas y transparentes, sólo se le encuentra en Arrecife Frontal Interior (AFI) y Arrecife Frontal Exterior (AFE). (Figura 15)

Por densidad, la rompiente arrecifal presenta los mayores valores dentro de la zona de barlovento distinguiéndose dos regiones:

- i) la rocosa somera donde hay mayor energía del oleaje (rompiente arrecifal) con el mayor número de especies y
- ii) la región arenosa con menos energía del oleaje y una baja densidad (Figura 17 y 20).

### Chopas

#### Patrón de Distribución Densidad

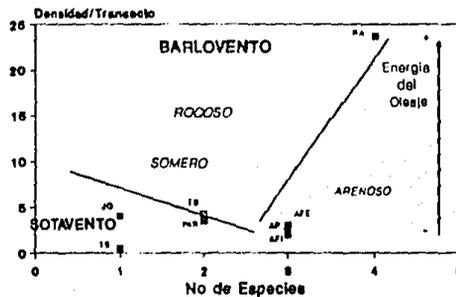


Figura 17. Patrón de distribución por densidad.

### CHOPAS

#### PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN COBERTURA

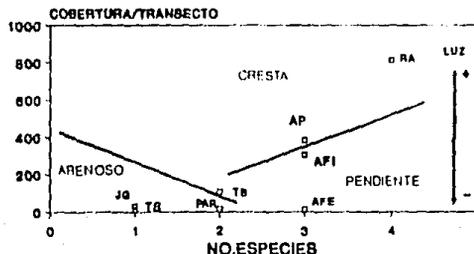


Figura 18. Patrón de distribución por cobertura. Se muestra el gradiente lumínico.

Las subzonas con pendiente tienen menor cobertura que las denominadas planas someras (Fig 18, 19, y 20.)

El porcentaje de cobertura por subzonas encuentra su valor más alto en el arrecife posterior y la rompiente arrecifal, disminuyendo a la mitad en el arrecife frontal interior. El porcentaje de cobertura obedece a un gradiente de menor sedimento y más energía del oleaje en las regiones de mayor cobertura, disminuyendo la energía, hacia las pendientes de la estructura y a su vez aumentando la cantidad de sedimento en el mismo sentido de las pendientes (Fig 18 y 20).

## CHOPAS PATRON DE DISTRIBUCION

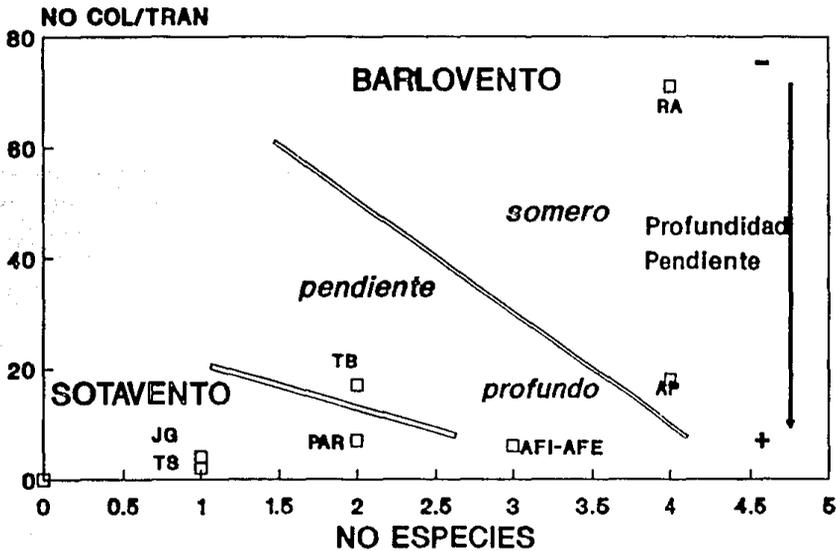


Figura 19. Patrón de distribución por densidad.

### 5.2.1 DIVERSIDAD

El análisis fue realizado sobre los datos de densidad y cobertura para todas las especies, tanto anémonas como zoantidos de Chopas; se calcularon los Índices de Shannon-Wiener y de Simpson por subzona.

Ambos Índices muestran un patrón similar de diversidad. Esta aumenta desde el sotavento hacia la cresta donde alcanza su valor más alto, en la rompiente arrecifal, disminuye en la transición barlovento y aumenta ligeramente en las subzonas AFI y AFE.

Al observar los resultados por cobertura para ambos índices, Shannon-Wiener (H) y Simpson (D), figuras 21 y 22, se muestra que la rompiente arrecifal es la subzona más diversa

## CHOPAS % COBERTURA/NO.ESPECIES

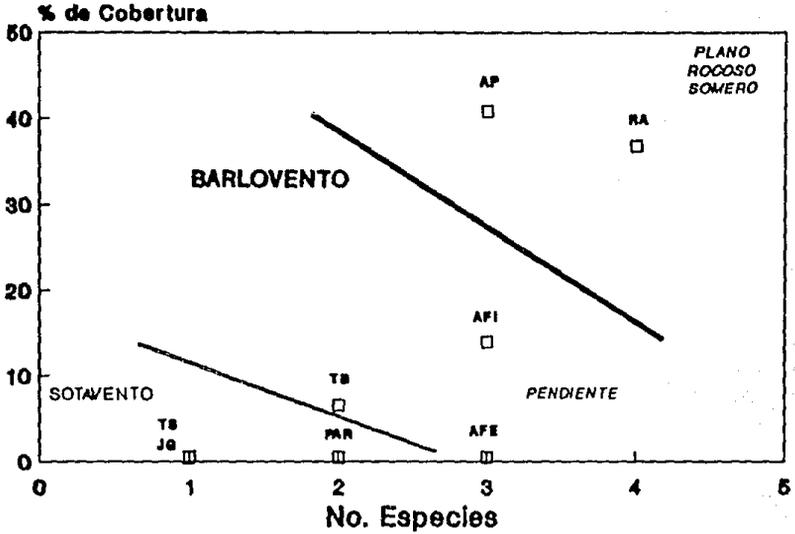
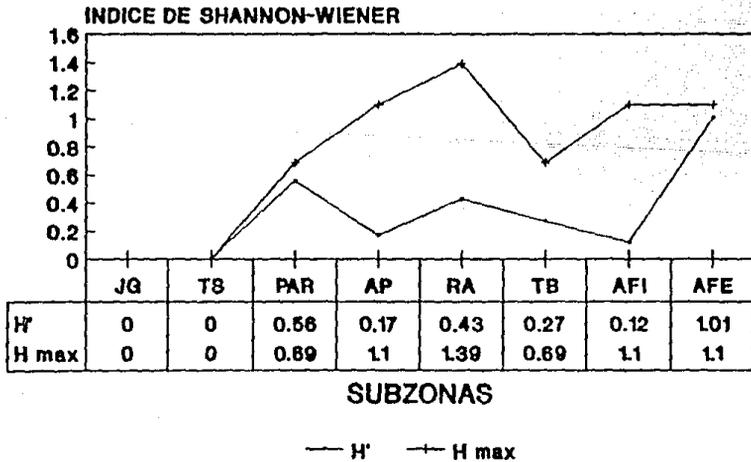


Figura 20. Porcentaje de cobertura y número de especies del arrecife Chopas.

## CHOPAS DIVERSIDAD



### COBERTURA

Figura 21. Diversidad de Actinarios por cobertura para el arrecife Chopas según el Índice de Shannon-Wiener.

de la cresta y de todo el arrecife. Las subzonas del sotavento junto con la Transición barlovento son las menos diversas.

## CHOPAS DIVERSIDAD

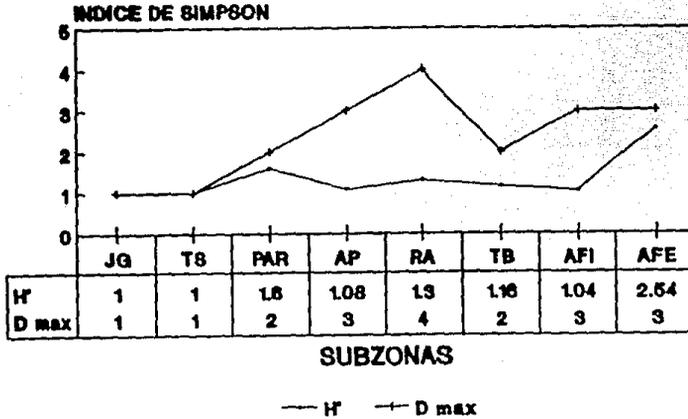


Figura 22. Diversidad de Actinarios por cobertura para el arrecife Chopas según el Índice de Simpson.

Al realizar el mismo análisis por densidad y número de colonias por transecto, el patrón es similar entre ambos índices y también muy parecido a lo obtenido por cobertura. La rompiente arrecifal es la zona con la más alta diversidad, disminuyendo hacia las subzonas del sotavento y en el barlovento; también disminuye ligeramente en la transición barlovento y vuelve a aumentar en AFI y AFE (Figs. 23 y 24)

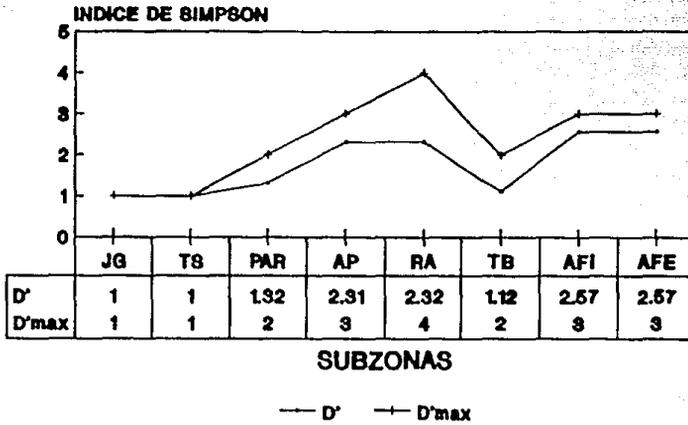
### 5.2.2.EQUITABILIDAD

Se revisó la relación entre H Hmax, es decir J para el índice de Shannon-Wiener y de D y Dmax, E para el índice de Simpson por subzonas, tanto para cobertura como para densidad.

Por densidad la relación más alta se encontró en el jardín de Gorgonaceos y la Transición sotavento; la más baja para la rompiente arrecifal junto con la Transición barlovento, esto para el índice de Simpson. Para el de Shannon-Wiener el patrón cambia; las relaciones más altas están en el arrecife posterior y el AFI, con una relación nula en la Transición sotavento (Figura 25)

Con respecto a la cobertura los patrones son diferentes entre ambos índices; los valores más altos de J se encuentran en las subzonas parches y AFE. Para el índice D, los valores más altos están en jardín de gorgonaceos, transición sotavento y AFE (Figura 26)

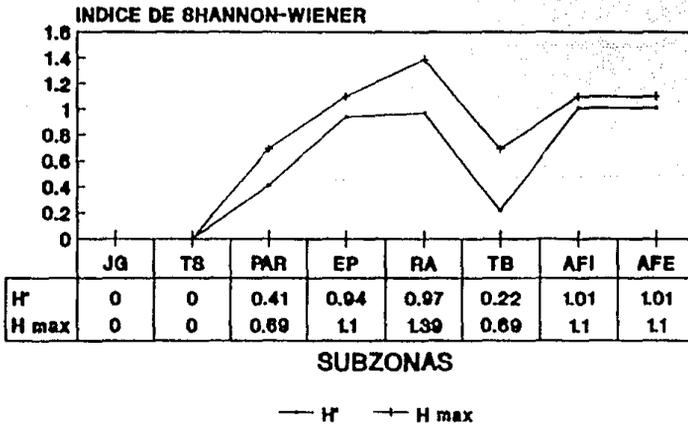
# CHOPAS DIVERSIDAD



**DENSIDAD**

Figura 23. Diversidad por densidad para actinarios del arrecife Chopas según el índice de Simpson.

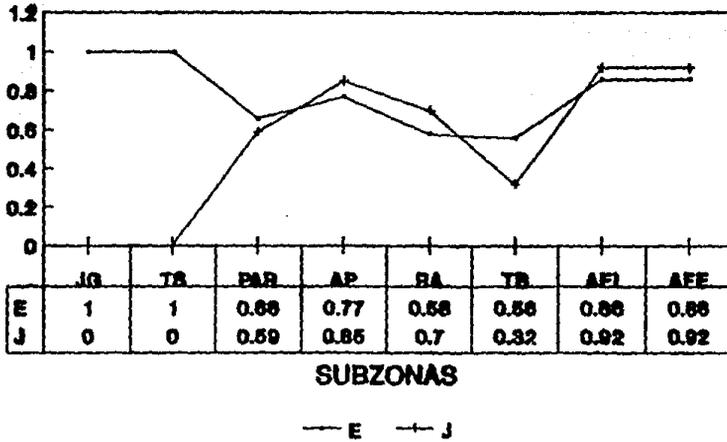
# CHOPAS DIVERSIDAD



**DENSIDAD**

Figura 24. Diversidad por densidad para actinarios del arrecife Chopas según el índice de Shannon-Wiener.

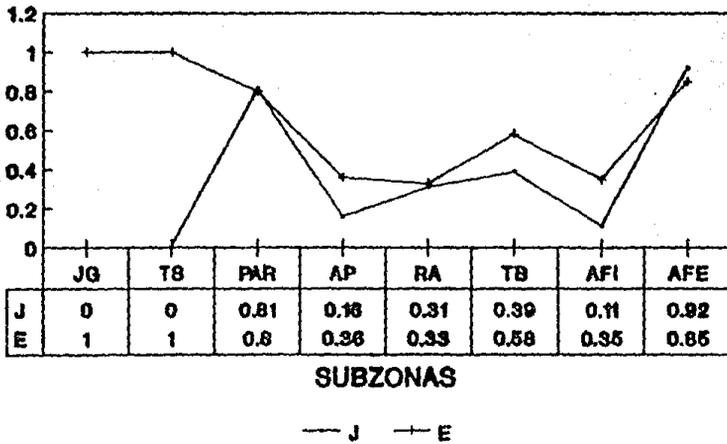
# CHOPAS EQUITABILIDAD



**DENSIDAD**

Figura 25. Equitabilidad de Actinarios para el arrecife Chopas por densidad.

# CHOPAS EQUITABILIDAD



**COBERTURA**

Figura 26. Equitabilidad de Actinarios para el arrecife Chopas por cobertura.

### 5.3 DIVERSIDAD SECCION VERACRUZ

#### 5.3.1 PATRONES DE DISTRIBUCIÓN

##### Riqueza específica

Las figuras 27 y 28 muestran que la mayor riqueza se encuentra en la rompiente arrecifal y en el AFI. En general la zona de barlovento sustenta el mayor número de especies; en segundo término está el sotavento y por último la laguna arrecifal.

ESPECIE	PH	CA	JG	TS	PAR	AP	RA	TB	AFI	AFE
<b>Lebronla</b>	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
<b>R.sanctithomae</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Actinia sp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>B. annulata</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Bunodosoma sp.</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>C. gigantea</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P. caribaeorum</b>	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
<b>Phymanthus sp.</b>	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
<b>S. helianthus</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<b>Zoanthus sp.</b>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Figura 27. Cuadro de presencia-ausencia de Actinarios para los arrecifes de la sección Puerto de Veracruz.

##### Patrón de distribución

Los zoantidos *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus sp.* son las especies que se encuentran en más subzonas del arrecife. *Actinia sp* y *Stoichactis helianthus* son características del barlovento. La especie *Bartholomea annulata* es característica de zonas profundas y aquí sólo se le encontró en el arrecife posterior. Tabla 2.

La especie denominada "A", habita diversas subzonas pero siempre dentro de sustrato rocoso, ya que permanece toda su columna escondida en oquedades y sólo se distinguen sus pequeños tentáculos azules. *Phymanthus sp.* es un género característico de zonas someras y arenosas. Se encontró un coraliomorfarío de la especie *Rhodactis sanctithomae*.

En cuanto a la distribución basada en la cobertura la transición barlovento domina mientras que el resto de las subzonas tienen un porcentaje de cobertura considerablemente menor. Esto está claramente relacionado con la cantidad de sedimento en las subzonas. Este porcentaje tan alto en la transición barlovento está dominado por el género *Zoanthus sp* quien también es uno de los géneros dominantes en el arrecife posterior como lo indican las figuras (29 y 30).

*Palythoa caribaeorum* es la especie que domina en la mayoría de las subzonas; está presente en AFE, AFI, cresta arrecifal y en el sotavento en menor porcentaje.

# VERACRUZ

## RIQUEZA ESPECIFICA

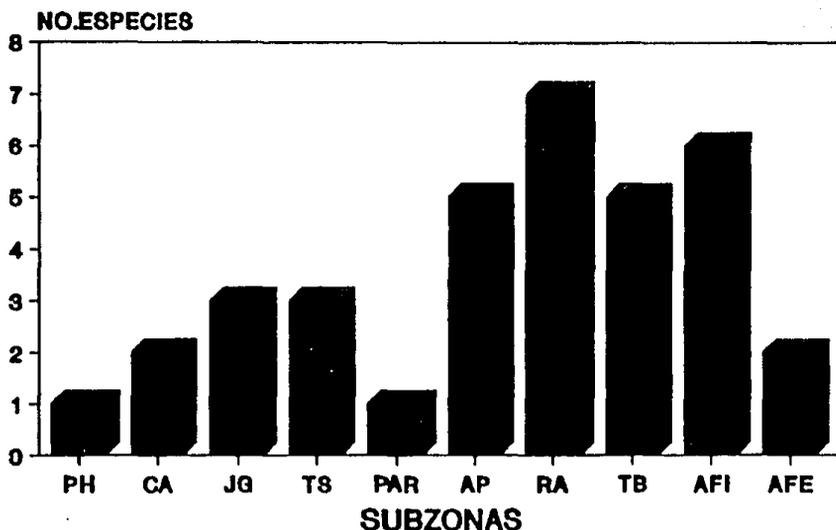


Figura 28. Riqueza específica por subzonas para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz.

# VERACRUZ

## % COBERTURA VS SUBZONAS

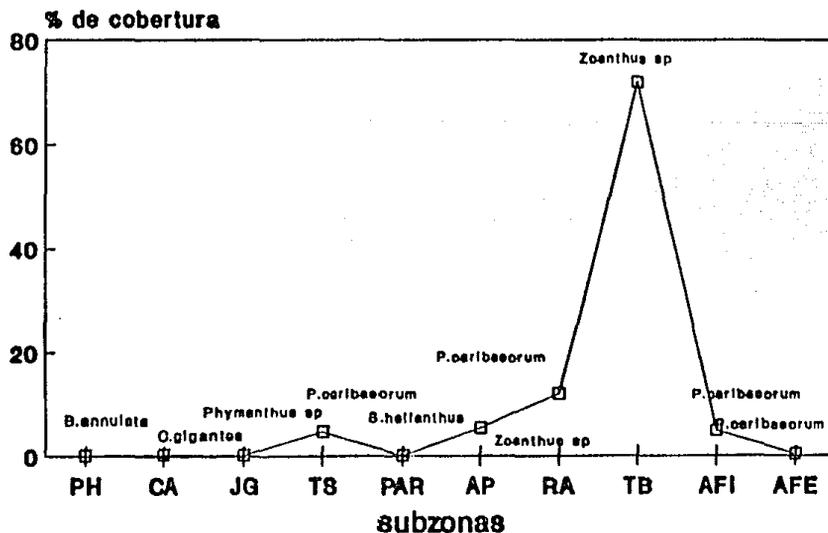
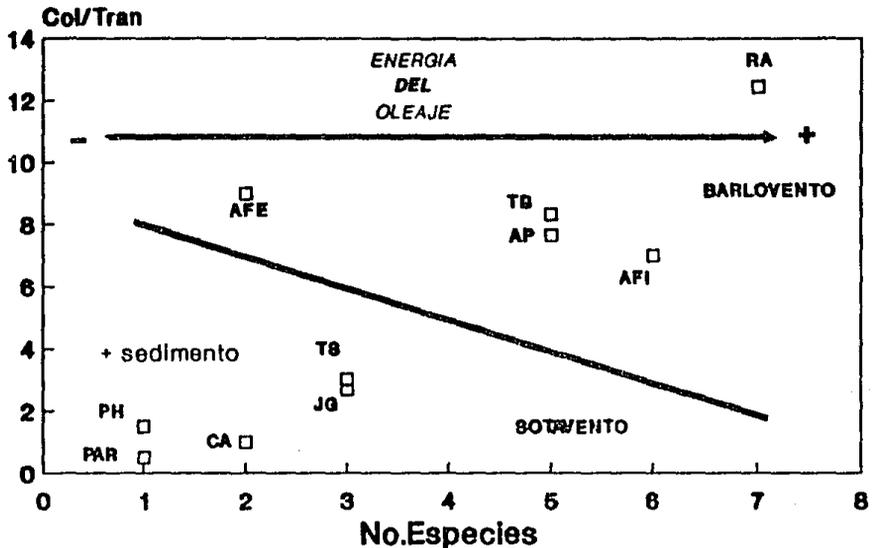


Figura 29. Porcentaje de cobertura por subzonas para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz.

# VERACRUZ

## Patron de distribucion



### Densidad

Figura 30. Patrón de distribución por densidad para los actinarios de la sección del Puerto de Veracruz.

La distribución por densidad en estos arrecifes está claramente determinada por la energía del oleaje como se observa en las figuras 30 y 31, donde se grafica el número de especies contra el número de colonias/transecto. Aquí la subzona rompiente arrecifal presenta el mayor número de especies y en general todo el barlovento domina con mayor número de especies que el sotavento que es una zona con menor energía del oleaje y mayor sedimentación.

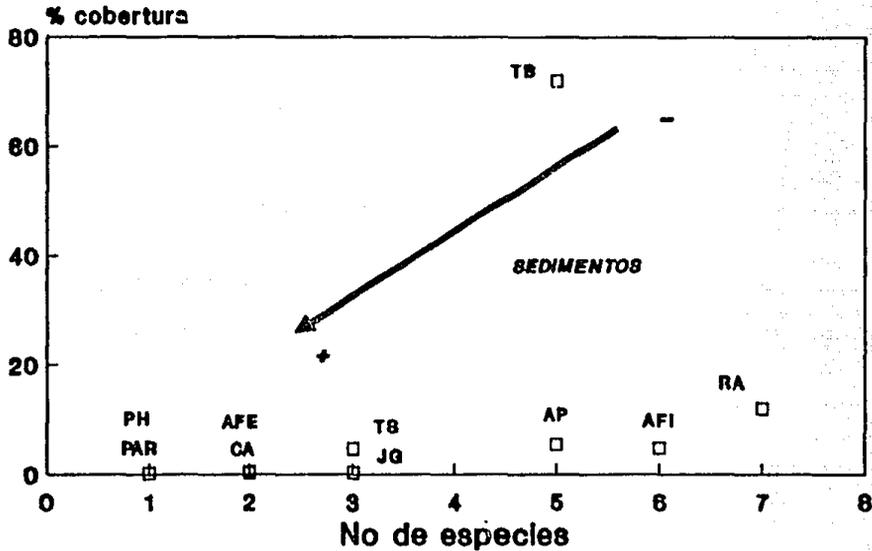
Analizando el barlovento, la subzona AFE presenta el menor número de especies, la menor cobertura y también tiene la menor energía de la zona. En la rompiente arrecifal donde hay la mayor energía del oleaje se presenta el mayor número de colonias por transecto, así mismo el mayor número de especies representadas.

En cuanto al sotavento, éste es mucho más homogéneo en cuanto a la energía del oleaje, y esto es evidente al observar que hay menos colonias por transecto y menos especies que en el barlovento.

Existe una dominancia muy marcada en el barlovento y en especial en la subzona rompiente arrecifal.

# VERACRUZ

## Patron de distribución



cobertura

Figura 31. Patrón de distribución por cobertura para los actinarios del Puerto de Veracruz.

### 5.3.2 DIVERSIDAD

Los índices de diversidad muestran sus valores más altos para la zona de cresta arrecifal y barlovento tanto para el índice de Shannon-Wiener como para Simpson.

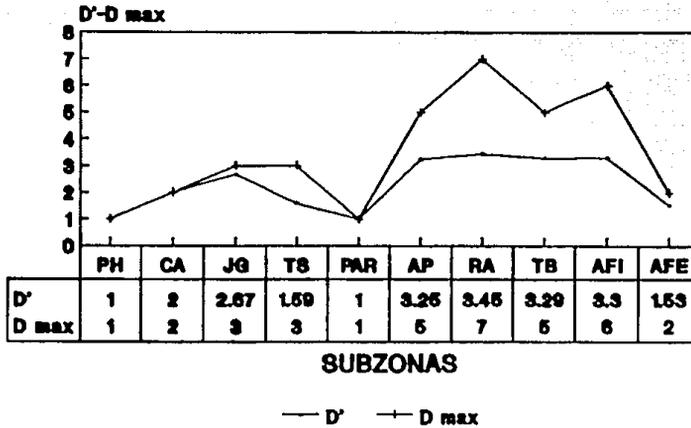
#### Diversidad por cobertura

Al calcular ambos índices por cobertura, en la subzona rompiente arrecifal se encuentran los valores más altos, (figuras 32 y 33). Para el índice de Simpson los valores más bajos se encuentran en las subzonas parches y platos de hexacorales; las subzonas restantes presentan valores medios de diversidad.

El valor de  $D_{max}$  para la rompiente arrecifal se aleja del valor obtenido y este mismo patrón se encuentra en las subzonas de la cresta y el barlovento, sin embargo para las subzonas del sotavento los valores entre  $D$  y  $D_{max}$  son mucho más cercanos.

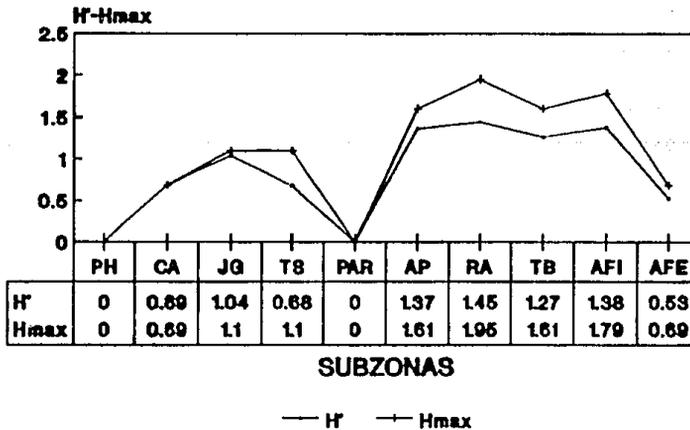
La equitabilidad muestra un patrón similar para cobertura y densidad en la rompiente arrecifal. Tiene un valor medio siendo los más altos para platos de hexacorales, parches y AFE

# VERACRUZ INDICE DE SIMPSON



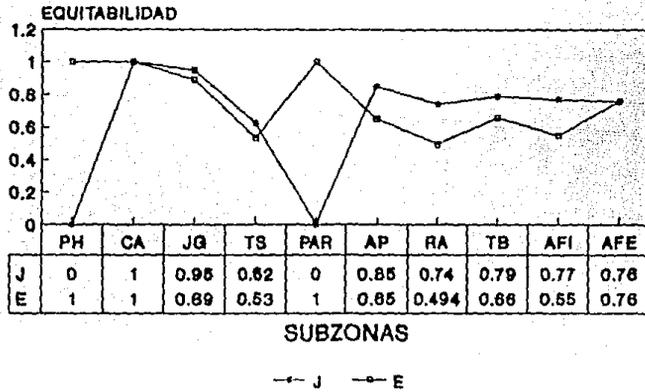
**COBERTURA**  
Figura 32. Diversidad para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz por cobertura según el índice de Simpson.

# VERACRUZ INDICE DE SHANNON-WIENER



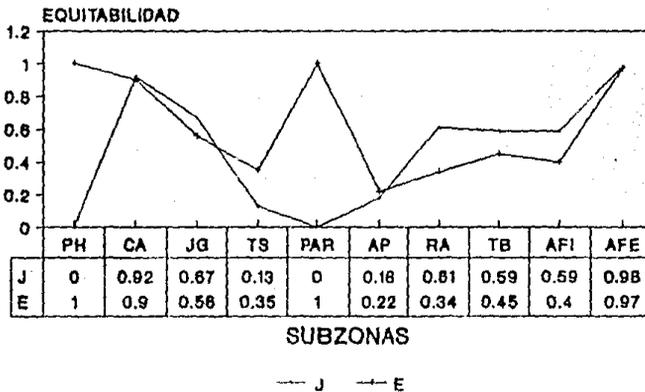
**COBERTURA**  
Figura 33. Diversidad para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz por cobertura según el índice de Shannon-Wiener.

# VERACRUZ EQUITABILIDAD



DENSIDAD  
Figura 34. Equitabilidad para los actuarios de la sección Puerto de Veracruz según Shannon-Wiener y Simpson por cobertura.

# VERACRUZ EQUITABILIDAD



COBERTURA

Figura 35. Equitabilidad para los actuarios de la sección Puerto de Veracruz según Shannon-Wiener y Simpson por densidad.

en el caso de J y para los valores de E el patrón es exactamente contrario en todos los puntos. (Figuras 36 y 37).

Estimado el índice de Shannon-Wiener por cobertura la diversidad más baja se obtuvo en las subzonas parches y platos de hexacorales, estos valores coinciden a su vez con los valores más bajos del índice de Simpson .

Las subzonas de mayor diversidad son rompiente arrecifal, AFI y la Transición barlovento encontrando valores de mayor diversidad en general para las zonas de cresta y barlovento.

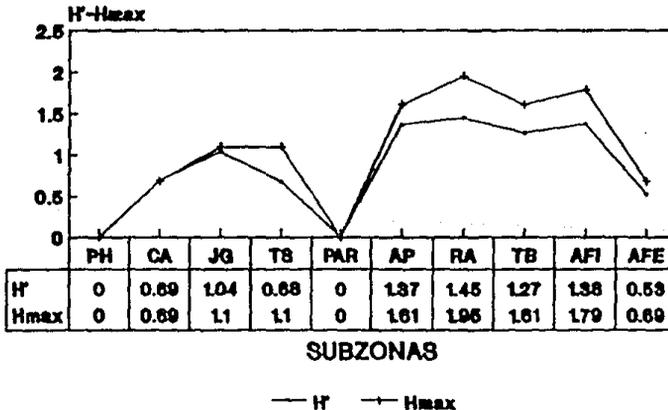
Para sotavento se obtuvo una diversidad media, los valores de H no difieren mucho de H max. (figuras 34 y 35)

Indices de diversidad por densidad

Para ambos índices las subzonas más diversas son rompiente arrecifal y AFI y las de menor son parches y platos de hexacorales al igual que para el analisis por cobertura.

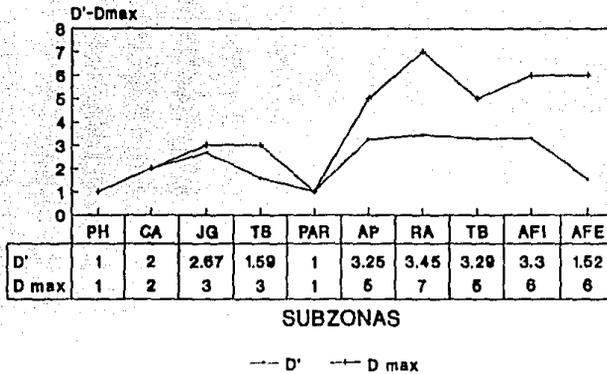
Sin embargo los valores obtenidos de D max. en las subzonas más diversas se alejan mucho del valor de D, cosa que no ocurre para el índice de Shannon-Wiener entre H y H max. Los valores de equitabilidad J (Figura 36 y 37) muestran un patrón muy parecido entre la

## VERACRUZ INDICE DE SHANNON-WIENER



**DENSIDAD**  
Figura 36. Diversidad para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz por densidad según el índice de Shannon-Wiener.

## VERACRUZ INDICE DE SIMPSON



**DENSIDAD**

Figura 37. Diversidad para los actinarios de la sección Puerto de Veracruz según el índice de Simpson.

cobertura y la densidad, teniendo los valores más altos en las subzonas cementerio de *Acropora cervicornis*, arrecife posterior y rompiente arrecifal y en el AFE.

De igual manera que en el análisis por cobertura las zonas más diversas resultan ser la cresta y el barlovento. El sotavento tiene una diversidad media y la laguna presenta la más baja, ya que sólo se encontró una especie.

TABLA 2  
CUADRO TAXONÓMICO  
(Según Colín, 1978)

Phylum Cnidaria

Clase Anthozoa

Subclase Zoantharia

Orden Zoanthidea

Familia Zoanthidae

*Palythoa caribaeorum* (Duchassaing)

*Zoanthus* sp (Ellis)

Familia Parazoanthidae

*Parazoanthus parasiticus* (Duchassaing & Michelotti)

Orden Actinaria

Familia Aiptasiidae

*Aiptasia* sp (Duchassaing & Michelotti)

*Heteractis lucida* (Duchassaing & Michelotti)

Familia Actiniidae

*Condylactis gigantea* (Weinland)

Familia Sagartidae

*Bartholomea annulata* (Lesueur)

Familia Phymanthidae

*Phymanthus* sp (Lesueur)

Familia Stoichactidae

*Stoichactis helianthus* (Ellis)

Orden Coralliomorpharia

Familia Actinodiscidae

*Rhodactis sanctithomae* (Duchassaing & Michelotti)

## VI DISCUSIÓN

Los zoanthidos y las anémonas son carnívoros sésiles que comparten ciertos requerimientos con los corales lo que hace que entren en competencia directa (Sebens, 1976); necesitan espacio y luz por tener algas simbióticas al igual que los corales. En los arrecifes las interacciones competitivas están bien desarrolladas entre los corales (Lang, 1973), entre algas y corales (Connell, 1978) y entre zoántidos con muchos invertebrados sésiles (Suchanek and Green, 1981).

El hecho que el arrecife sea un espacio tridimensional provee diversos hábitats que las anémonas y zoanthidos explotan de manera diversa según sus requerimientos fisiológicos, su capacidad de competencia y de ganar espacio.

El arrecife Chopas, por ser un arrecife cercano a la costa, se ve afectado por la sedimentación proveniente de las descargas de los ríos cercanos. Presenta la subzona jardín de gorgonáceos y los géneros de zoanthidos *Zoanthus* spp y *Palythoa* spp.

La mayor riqueza específica se encontró en la rompiente arrecifal, subzona que presenta baja profundidad, alto porcentaje de cobertura rocosa, poco sedimento y de gran tamaño; todo esto favorece la presencia de especies de zoántidos, los cuales ocupan el sustrato consolidado. Están mejor adaptados para soportar la desecación que los corales escleractinios, por presentar cutículas más gruesas (Sebens, 1982); la baja densidad de los escleractinios, (observación personal), es evidente, lo mismo que en el caso de otros arrecifes (Lara, 1989; Padilla, 1989); además de que los pocos escleractinios que hay compiten con los zoántidos especialmente con *Palythoa caribaeorum*, quien es un fuerte competidor y agresor (Suchanek and Green, 1981).

La distribución de las especies de los actinarios está muy relacionada con las características del sustrato y con el gradiente de energía del oleaje. Así, el mayor número de especies se encuentran en las subzonas someras planas, con alta energía del oleaje y poco sedimento en suspensión.

*Palythoa caribaeorum* se encuentra en el AFI y transición barlovento porque es más susceptible a la exposición a bajamar y a la desecación que *Zoanthus* sp; es por esto que ambos grupos presentan diferente zonación.

Las anémonas específicamente, tienen una distribución delimitada principalmente por su forma de utilizar el sustrato por lo que Sebens (1976) las clasifica en tres grupos:

i) Aquellas que viven sobre sustrato rocoso como la especie *Stoichactis helianthus*. Se le encuentra en las subzonas de rompiente arrecifal y arrecife posterior (siempre sobre rocas) formando numerosas agregaciones clonales (Sebens, 1976); además son muy resistentes a la acción del oleaje, que en estas áreas es fuerte con respecto al resto del arrecife somero; y requieren de la luz para la fotosíntesis de sus algas simbiotas.

ii) El género *Phymanthus* característico de fondos arenosos. Sebens (1976) lo cataloga como anémona arenícola, siempre permanece enterrada hasta el disco oral y muestra una reacción muy rápida para enterrarse al ser molestada. Se distribuye en el arrecife en las subzonas parchas y arrecife posterior, en los manchones de arena, aunque en el muestreo está reportada en la rompiente arrecifal, lo cual no es raro, ya que hay pequeñas ondonadas con arena fina y media que permiten su permanencia.

iii) *Bartolomea annulata* es una especie que Sebens (1976) denomina anémona de aguas calmadas. Se alimenta de plancton, además de presentar algas simbiotas (*Zooxanthellae*) (Sebens, 1976; Sebens and DeRiemer, 1977) lo que hace que siempre tenga los tentáculos extendidos. Se entierra en la arena por lo que se le encuentra en el Barlovento (AFI) en bancos de arena con rocas. Esta especie, al igual que *Condylactis gigantea*, observada también en la misma zona, presenta crustáceos simbiotas de las especies: *Periclimenes yucatanicus* y *P. pedersoni*, teniendo hasta 4 individuos por anémona.

Por otro lado, la anémona denominada "A" no se determinó y siempre está presente en lugares rocosos dentro de huecos, sólo mostrando sus pequeños tentáculos. Es muy abundante en la Rompiente y la Transición barlovento, subzonas con alto porcentaje de cobertura rocosa. Sin embargo fue observada también en otras subzonas, lo que hace pensar que no está limitada por la sedimentación o profundidad (entre 0.30 y 5 m aproximadamente) como las otras anémonas.

El corallomorfo *Rhodactis sanctithomae* aunque no es una anémona, fue observado en el Sotavento (lugar de mucho sedimento y turbidez); lo extraño es que Sebens y DeRiemer (1977) la reportan como especie de aguas claras que requiere de la luz por poseer zooxantelas, y solo fue muestreada en el arrecife posterior y observada en muchas ocasiones en el jardín de gorgonáceos.

Con lo anterior se propone la figura 38 para indicar las especies, su nivel de agresividad y tipo de sustrato que utilizan.

En cuanto a la diversidad, ambos índices muestran patrones similares tanto por cobertura como por densidad de colonias. La cresta arrecifal y el barlovento tienen la mayor diversidad debido a las características del sustrato que son favorables para cada organismo y a las características físicas de energía del oleaje y baja turbidez. Las subzonas cementerio de *Acropora cervicornis* y platos de hexacorales carecen de actinarios, por la alta sedimentación, baja energía



sp y esto ocurre porque no se determinaron las diferentes especies del género. Sin embargo, no cabe duda que las zonas de cresta y barlovento están ampliamente dominadas por los zoanthidos.

Las especies que son características de zonas profundas y aguas con poca turbidez, en esta sección, se encontraron en el sotavento y son *Condylactis gigantea* y *Bartholomea annulata*.

El patrón de distribución define dos zonas: el sotavento con mucho sedimento y menor energía del oleaje y el barlovento con el mayor número de especies, más energía y menos sedimentos (figura 19). Dentro de esta misma subzona, con todo y que los zoanthidos se encontraron hasta el AFE, la mayor cobertura y el mayor número de colonias por transecto se encuentran en la rompiente, ya que éste es lugar más favorable para este tipo de organismos coloniales.

Además de sus habilidades como competidores y agresores, desplazando a otros invertebrados sésiles, tienen más capacidad para soportar la exposición y desecación durante las bajamareas (Sebens, 1982). Así, los zoanthidos dominan ampliamente el área no solo sobre las anémonas sino también desplazan corales, algas y, por lo tanto, a los erizos de las cuales se alimentan.

En el caso de estos arrecifes es necesario realizar el análisis del sustrato para comprender las diferencias de distribución de algunas especies con respecto a los arrecifes de la sección Antón Lizardo y con el arrecife Anegada de Adentro.

En cuanto a la diversidad, la cresta y el barlovento son las zonas con los valores más altos, sin embargo, la equitabilidad es media lo que indica dominancia, en este caso, de los zoanthidos sobre las anémonas. Las subzonas cementerio de *Acropora cervicornis*, transición sotavento y jardín de gorgonáceos, a pesar de que presentan las características idóneas para el desarrollo de estos organismos tuvieron una diversidad alta; así mismo, la equitabilidad más alta se encontró en estas subzonas, además de todas las especies de anémonas y solo una de zoanthidos. Todo lo anterior se debe a que, en contraste con lo que ocurre con los arrecifes de Antón Lizardo, los arrecifes de la sección Puerto de Veracruz aun no se encuentran debidamente caracterizados y seguramente no presentan el mismo patrón de zonación.

La subzona de platos de hexacorales tuvo la diversidad más baja. Esto probablemente se deba a su profundidad y turbidez que limita la entrada de luz indispensable para la fotosíntesis de las zooxantelas, además de que los sedimentos impiden la fijación de larvas y cubren a los actinarios que no son eficientes para removerlos.

La subzona parches sólo presenta a la especie *Stoichactis helianthus*. Ella se fija sobre rocas o sustrato consolidado de manera que no es común encontrarla en este sitio.

Volviendo a los organismos coloniales, la gran abundancia y cobertura de los zoanthidos en la rompiente y transición barlovento resulta evidente si observamos que son sitios con sustrato

estable y que sus estrategias competitivas de sobrecrecimiento y sustancias tóxicas les permiten ganar nuevo sustrato aún cuando los factores físicos, como tormentas o exposición, no generen sustrato disponible. Las anémonas por ser solitarias no presentan esta capacidad de "crear" nuevo sustrato pero son, algunas, tan agresivas como *Bartholomea annulata* (Sebens, 1976) que impiden el sobrecrecimiento, y ocupan sustrato más inestable (Jackson, 1977), además de que tienen la facultad de moverse en caso de estar en sitios desfavorables.

Al igual que los zoanthidos, las anémonas explotan la reproducción asexual lo que les permite ocupar el sustrato disponible con facilidad y no tienen que esperar a un período de reproducción sexual para generar larvas que ocupen esos lugares.

## VII CONCLUSIONES

- El arrecife Chopas está afectado por la sedimentación y como la mayoría de los arrecifes cercanos a la costa presenta diez subzonas.

- La distribución espacial de las anémonas y zoanthidos de Chopas responde principalmente a las características del sustrato, al gradiente lumínico y al gradiente de energía del oleaje.

- La diversidad es mayor en la cresta y barlovento ya que son zonas con la adecuada iluminación para la fotosíntesis de las algas endosimbiontes de los actinarios y zoanthidos; además, estas subzonas presentan sustrato rocoso que es favorable para la implantación y desarrollo de las larvas de la mayoría de las especies.

- Las especies de anémonas muestran un reparto distinto del recurso espacio en el arrecife aunque no se sabe si entran en competencia por el alimento (la mayoría son planctófagas). El recurso limitante para la comunidad es el espacio; los grupos en que Sebens (1976) divide a las anémonas (habitantes de hoyos, arena o superficiales) son distintos y no se superlapan debido a la diferente morfología necesaria para cada tipo de sustrato.

- Las diferentes estrategias de agresividad interespecífica con otros invertebrados, exclusivamente con anémonas y el carácter fugitivo de otras, hace que estén ampliamente distribuidas en la estructura arrecifal.

- Los arrecifes de la sección Veracruz están más afectados por sedimentos provenientes de los ríos Jamapa, Atoyac y la Antigua, así como por descargas de drenaje y tráfico portuario.

- La distribución de los zoanthidos, al igual que en Chopas, está dada por las características del sustrato, sin embargo, la abundancia de colonias y mayor cobertura de zoanthidos puede ser causada por las características de sedimentación de la zona, y aunque requieren aguas con movimiento y baja turbidez, probablemente exploten de una manera más eficiente la alimentación heterotrófica debido a la mayor cantidad de desechos que se vierten en esa zona.

- Todos los arrecifes de la sección Veracruz tienen diferentes grados de desarrollo, de manera que es necesario hacer un estudio más detallado de las diferencias de composición específica, distribución y tipos de sustrato para poder describir una zonación más adecuada; además de comprender diversos aspectos de la biología de los organismos, como son fisiología, reproducción, dispersión etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATTAWAY, D. H. y L. S. CIERESZKO. (1974). Isolation and partial characterization of a Caribbean palytoxin. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. coral reef Symp. Brisbane, Aust.* 497-504.
- BARTH, P. and R. BROSHEARS. (1982). *The Invertebrate World*. Saunders College Pub. 88-120pp.
- BAYER, F. y A. J. WEINHEIMER (Eds) (1974). Prostaglandins from *Plexaura homomalla*: Ecology, utilization and conservation of a major medical marine resource. Univ. of Miami Press, Florida. 165 pp.
- BEGON, M., L. J. HARPER and C. TOWNSEND. (1986). *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell pub. Oxford. 589-813pp.
- BIOLOGÍA DE CAMPO. (1990). Caracterización de los arrecifes coralinos del Puerto de Veracruz. Equipo de Buceo, Facultad de Ciencias.
- COLIN, P. I. (1978). *Caribbean reef invertebrates and plants. A field guide to the invertebrates and plants occurring on coral reefs of the Caribben, the Bahamas and Florida*. Univ. of Puerto Rico. 512p.
- CONNELL, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forest and coral reef. *Science*. 199: 1302-1310.
- DANA, F. T. (1976). Reef-coral dispersion patterns and environmental variables on a Caribbean coral reef. *Bull. Mar. Sci.* 26 (1): 1-13.
- DAYTON, P. K. (1971). Competition, disturbance and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41:351-389.
- EMERY, J. (1963). Estudios regionales, arrecifes coralinos de Veracruz. *Geofísica internacional*. Vol. 3
- FRANCIS, L. (1973). Intraspecific aggression and its effect on the distribution of *Anthopleura elegantissima* and some related sea anemones. *Biol. Bull.* 144:73-92
- GARCÍA DE MIRANDA, E. (1986). *Apuntes de climatología*. UNAM, Mexico. 155p.
- GLADFELTER, W. D. (1975). Sea anemone with zooanthellae: simultaneous contraction and expansion in response to changing light intensity. *Science*. 189: 570-571.

- GLYNN, P. W. (1976). Some physical and biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. *Ecol.Monog.* 46: 431-456.
- GOREAU, T. F. (1979). Corales y arrecifes coralinos. *Investigacion y Ciencia* 37: 48-60.
- GOREAU, T. F. and N. I. GOREAU, (1973). the ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23: 399-464.
- GRIGG, R. W. (1977). Population dynamics of two gorgonian corals. *Ecology* 58: 278-290
- HICKMAN, C. P., L. S. ROBERTS and F. M. HICKMAN. (1984). **Integrated Principles Of Zoology**. Tim. Mirr. /Mosby College Pub., St. Louis. 219-240p.
- HUGHES, R. G. (1986). Theories and Models of species abundance. *Am. Nat.* 128 (6): 879-899.
- HULBERT, S. (1971) The non-concept of species diversity: a critique an alternative parameters. *Ecology* 52:577-586
- HUSTON, M. A. (1985). Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol.* 16: 149-177.
- HYMAN, L. H. (1940). **The Invertebrates: Protozoa through Ctenophora**. Vol. 1. Mc. Graw Hill Co., N. Y. 556-625pp.
- JACKSON, J. B. C. (1977). Competition on marine hard substrata. The adaptative significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* 111. (998): 743-767.
- JACKSON, J. B. C. and T. HUGHES. (1985). Adaptative strategies of coral reef invertebrates. *Am. Sci.* 73: 265-274.
- JÁCOME, L. y I. PROAÑO. (1989). Diversid: Un programa para el análisis de las comunidades. *Ann. Inst. Cienc. Mar y Limnol.* Ref No.51.
- KAPLAN, E. H. (1982). **A Field Guide to Coral Reef of the Caribbean and Florida**. Houghton Mifflin Co. Boston. 289p.
- KAPLAN, E. H. (1988). **A Field Guide to Southeastern and Caribbean Seashores**. Houghton Mifflin Co. Boston. 425p.
- KARLSON, R. H. (1981). Reproductive patterns in *Zoanthus* spp from Discovery Bay, Jamaica. *Proc. 4th Int. coral reef Symp.*, Manila. 2:699-704.
- KIMURA, S., Y. HASHIMOTO y K. YAMAZATO. (1971). Toxicity of the zoanthid *Palithoa tuberculosa*. *Toxicon* 10:611-617.
- KOEHL, M. A. R. (1977). Water flow and the morphology of zoantid colonies. *Proc. 3<sup>th</sup> Int. Coral reef symp.*
- KREBS, Ch. 1985. **Ecology. The experimental analisis of distribution and abundance**. Harper & Row Pub. N. Y. 800 p.
- LANG, J. C. (1973). Interspecific aggression by Scleractinian corals. II. Why the race is not only to the swift. *Bull. Mar. Sci.* 23: 260-279.

- LARA, M. (1989). Zonación y caracterización de los escleractineos en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis prof. Fac. Ciencias, UNAM. 91p.
- LOYA, Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13: 100-123.
- LUDWIG, J. A. y J. F. REYNOLDS. (1988). **Statistical Ecology; a primer methods and computing.** John Wiley and Sons. N. Y. 3-103pp.
- MEINKOTH, N. A. (1981). **The Audubon Society Field Guide to North American Seashore Creatures.** Knopf, N. Y. 799p.
- MILLIMAN, J. D. (1973). Caribbean coral reefs. In A. Jones and R. Edean. *Biology and Geology of coral reefs.* Vol. I. pp.1-50.
- MORENO, O., M. MERINO y E. JORDAN. (1982) Estimación de la edad de un organismo colonial *Plexaura homomalla* (Esper) (Octocorallia: Plexauridae). *An. Inst. Cien. del mar y Limnol. Univ. Nac. Auton. de México* 9(1):345-358.
- PADILLA, C. (1989). Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife El Cabezó, Veracruz. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM. 96p.
- PAINE, R. T. (1984). Ecological Determinism in the Competition for Space. *Ecology.* 65 (5):1338-1348.
- PEET, R. K. (1975). Relative diversity indices. *Ecology.* 56:496-498.
- PICHON, M. (1981). Dynamic aspects of coral reefs benthic structures and zonation. *Proc. Fourth Int. Coral Reef Symposium.* 1: 581-594.
- PORTER, J. W. (1976). Autotrophy, heterotrophy and resource partitioning in Caribbean Reefs-Building Corals. *Am. Nat.* 110(975): 731-752.
- PRESTON, E. M. y J. L. PRESTON. (1975). Ecological structure in West Indian gorgonian fauna. *Bull. Mar. Sci.* 25(2):248-258.
- PURCELL, J. E. (1977). Aggressive function and induced development of catch tentacles in the sea anemone *Metridium*. *Biol. Bull.* 153: 355-368.
- SAENZ, L. (1985). Análisis crítico de algunos parámetros demográficos de *Plexaura homomalla* (Esper) en el Mar Caribe mexicano. Tesis Prof. Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Auton. de México.
- SARUKHÁN. J. (1989). **Las musas de Darwin.** Fondo de Cultura Económica, México. 315 p.
- SEBENS, K. P. (1976). The ecology of caribbean sea anemones in Panama: utilization of space on a coral reef. In *Coelenterate Ecology and Behavior.* Mackie, G. O. Ed. Plenum Pub., N. Y. 67-77 pp.
- SEBENS, K. P. (1982). Intertidal Distribution of Zoanthids on the Caribbean Coast of Panama: Effects of Predation and Desiccation. *Bull. Mar. Sci.* 32(1): 316-335.

- SEBENS, K. P. and K. DERIEMER. (1977). Diel Cycles of Expansion and Contraction in Coral Reef Anthozoans. *Mar. Biol.* 43: 247-256p.
- SECRETARÍA DE MARINA, DIRECCIÓN GENERAL DE OCEANOGRAFÍA (1979). Carta de Navegacion. Veracruz y sus proximidades. S.M. #823.
- SECRETARÍA DE MARINA, DIRECCIÓN GENERAL DE OCEANOGRAFÍA (1980). Estudio geográfico de la región de Veracruz, Ver. 357 p.
- STERRER, W. Ed. (1986). Marine flora and fauna of Bermuda.
- STODDART, D. R. (1969). Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biol. Rev.* 44: 433-498.
- STODDART, D. R. y R. E. JOHANES. (1978). **Coral reefs: research methods.** UNESCO. 581 P.
- SUCHANEK, T. H. and D. J. GREEN (1981). Interspecific competition between *Palythoa caribaeorum* and other sessil invertebrates on St. Croix Reefs, U. S. Virgin Islands. *Proc 4th. Int. Coral Reef Symp.*, Manila. Vol. 2. 679-684 pp.
- WAINWRIGHT, S. A. (1965). Reef communities visited by The Israel South Red Sea expedition, 1962. *Bull. Sea. Fish. Res. Israel.* 38: 40-53
- WELLS, J. W. (1957) Coral reefs. *Mem. Geol. Soc. Am.* 67: 609-31.
- WASHINGTON, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. *Water Rev.* 18(6):653-694.