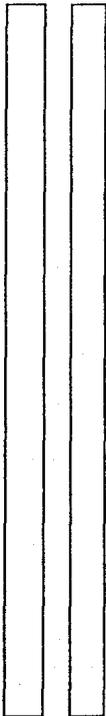


24/68



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

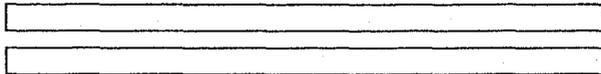
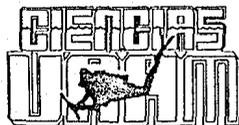
"ESTRUCTURA COMUNITARIA DE ESCLERACTINIOS
DEL ARRECIFE EL CABEZO, VERACRUZ"

TESIS

Que para obtener el título de
BIÓLOGO
presenta:

A. CLAUDIA PADILLA SOUZA

Cd. Universitaria, 1989.



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.

INDICE

Resumen

Agradecimientos

I INTRODUCCION

1.1 Objetivos

II ANTECEDENTES

2.1 Estudio de las comunidades

2.2 Biología de los escleractinios

2.3 Comunidades arrecifales corallinas

2.4 Comunidades de escleractinios

2.4.1 Patrones de diversidad de especies de escleractinios

2.4.1.1 Patrón de diversidad a lo largo del gradiente de profundidad.

2.4.1.2 Perturbaciones en la estructura comunitaria

» - Abióticas

» - Bióticas

2.5 Método de muestreo

2.6 Índices de diversidad

2.7 Importancia

III AREA DE ESTUDIO

3.1 Distribución mundial de los arrecifes coralinos

3.2 Arrecifes del Golfo de México

3.2.1 Arrecifes del Puerto de Veracruz

3.2.2 El Cabezo

3.2.2.1 Zonación

1

2

4

4

6

7

9

9

9

9

10

11

12

14

17

17

19

19

20

20

20

21

| | |
|---|-----------|
| 3.3 Clima e Hidrografía | 23 |
| 3.3.1 Clima | 23 |
| 3.3.2 Hidrografía | 24 |
| IV METODOLOGIA | 25 |
| 4.1 De campo | 25 |
| 4.1.1 Toma de Información | 25 |
| 4.1.2 Tamaño de muestra y elección del área de muestreo | 26 |
| 4.2 Análisis de resultados | 27 |
| 4.2.1 Bases y supuestos del análisis | 28 |
| 4.2.1.1 Índices de diversidad | 28 |
| » - Índice de Simpson | 28 |
| » - Índice de Shannon-Wiener | 29 |
| 4.2.1.2 Análisis de varianza | 30 |
| V RESULTADOS | 33 |
| 5.1 Distribución y abundancia | 33 |
| 5.1.1 Densidad | 33 |
| 5.1.1.1 Densidad total por subzonas | 34 |
| 5.1.1.2 Densidad específica por subzonas | 37 |
| » - Punta Valiente | 37 |
| » - Centro | 38 |
| » - Punta del Aguila | 41 |
| 5.1.1.3 Relación entre Densidad y el número de especies | 43 |
| 5.1.2 Cobertura | 45 |
| 5.1.2.1 Cobertura total por subzonas | 46 |
| » - Eje mayor | 46 |
| » - Eje menor | 46 |
| 5.1.2.2 Cobertura específica por subzonas | 47 |

| | |
|--|-----------|
| » - Punta Vallente | 47 |
| » - Centro | 49 |
| » - Punta del Agulla | 50 |
| 5.1.2.3 <i>Relación entre Cobertura y el número de especies</i> | 50 |
| 5.2 Patrón de diversidad en el gradiente de profundidad | 53 |
| 5.2.1 Indices de diversidad | 53 |
| 5.2.2 Riqueza específica | 59 |
| 5.2.3 Densidad y Cobertura | 60 |
| 5.3 Patrón de diversidad por zonas | 63 |
| 5.3.1 <i>Por Densidad</i> | 63 |
| 5.3.1.1 <i>Patrón de diversidad para la densidad por transectos</i> | 63 |
| 5.3.1.2 <i>Patrón de diversidad para la densidad por subzonas</i> | 68 |
| 5.3.1.3 <i>Equitabilidad</i> | 70 |
| 5.3.2 Por Cobertura | 70 |
| 5.3.2.1 <i>Patrón de diversidad para la cobertura por transectos</i> | 70 |
| 5.3.2.2 <i>Patrón de diversidad para la cobertura por subzonas</i> | 74 |
| 5.3.2.3 <i>Equitabilidad</i> | 76 |
| VI DISCUSION | 76 |
| 6.1 Distribución y abundancia | 76 |
| 6.1.1 Composición específica | 76 |
| » - <i>Eje menor</i> | 76 |
| » - <i>Eje mayor</i> | 79 |
| 6.2 Patrones de diversidad | 81 |
| 6.2.1 Patrones de diversidad en el gradiente de profundidad. | 81 |
| 6.2.2 Patrón de diversidad por subzonas. | 82 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| » - <i>Eje menor</i> | 82 |
| » - <i>Eje mayor</i> | 85 |
| VII CONCLUSIONES | 86 |
| » - <i>Eje menor</i> | 86 |
| » - <i>Eje mayor</i> | 87 |
| VIII BIBLIOGRAFIA | 89 |

INDICE DE MAPAS, TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

MAPAS

| | |
|--|------|
| Mapa 1. Sistema arrecifal del Puerto de Veracruz | 20 a |
| Mapa 2. Fislograma del arrecife "Cabezo" | 20 b |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Análisis de Varianza para la Densidad. | 36 |
| Tabla 2. Análisis de varianza para Riqueza específica | 42 |
| Tabla 3. Análisis de varianza para la Cobertura | 47 |

CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Tamaño de muestra por estratos. | 26 |
| Cuadro 2. Presencia-ausencia de especies por subzona para cada sección. | 34 |
| Cuadro 3. Análisis de varianza para el patrón de diversidad en el gradiente de profundidad. | 58 |
| Cuadro 3a. Índices de diversidad | 58 |
| Cuadro 3b. Constantes a, b y c para los índices. | 58 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza para la riqueza específica, la densidad y cobertura en el gradiente de profundidad | 60 |
| Cuadro 4a. Riqueza específica, densidad y cobertura. | 60 |
| Cuadro 4b. Constantes a, b y c para la riqueza específica, densidad y cobertura. | 60 |
| Cuadro 5. Análisis de varianza para el patrón de diversidad a lo largo del eje menor. | 66 |
| Cuadro 5a. Por densidad | 66 |
| Cuadro 5b. Por cobertura | 66 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 5c. Constantes de los parámetros a, b y c por sección. | 66 |
| Cuadro 6. Límite de confianza y error standar para la diversidad por subzonas. | 67 |
| FIGURAS | |
| Fig. 1. Densidad total por subzonas | 35 |
| Fig. 2. Riqueza específica por subzonas | 38 |
| Fig. 3. Densidad específica por subzonas | 39 |
| Fig. 3a. Punta Vallente | 39 |
| Fig. 3b. Centro | 40 |
| Fig. 3c. Punta del Agulla | 42 |
| Fig. 4. Densidad vs. Riqueza específica | 44 |
| Fig. 4a. Punta Vallente | 44 |
| Fig. 4b. Centro | 44 |
| Fig. 4c. Punta del Agulla | 44 |
| Fig. 5. Cobertura total por subzonas | 45 |
| Fig. 6. Cobertura específica por subzonas | 48 |
| Fig. 6a. Punta Vallente | 48 |
| Fig. 6b. Centro | 49 |
| Fig. 6c. Punta del Agulla | 50 |
| Fig. 7. Cobertura vs. Riqueza específica | 52 |
| Fig. 7a. Punta Vallente | 52 |
| Fig. 7b. Centro | 52 |
| Fig. 7c. Punta del Agulla | 52 |
| Fig. 8. Patrón de diversidad por transecto en el gradiente de profundidad (densidad). | 54 |
| Fig. 8a. Shannon (densidad) | 54 |
| Fig. 8b. Simpson (densidad) | 54 |

| | |
|--|-----------|
| Fig. 9. Índices de diversidad por Intervalos de profundidad. (densidad). | 55 |
| Fig. 9a. Shannon (densidad) | 55 |
| Fig. 9b. Simpson (densidad) | 55 |
| Fig. 10. Patrón de diversidad por transecto en el gradiente de profundidad (cobertura) | 56 |
| Fig. 10a. Shannon (cobertura) | 56 |
| Fig. 10b. Simpson (cobertura) | 56 |
| Fig. 11. Índices de diversidad por Intervalos de profundidad (Cobertura) | 57 |
| Fig. 11a. Shannon (cobertura) | 57 |
| Fig. 11b. Simpson (cobertura) | 57 |
| Fig. 12. Riqueza específica en el gradiente de profundidad | 59 |
| Fig. 12a. Por transectos | 59 |
| Fig. 12b. Por Intervalos | 59 |
| Fig. 13 Densidad en el gradiente de profundidad | 61 |
| Fig. 13a. Por transectos | 61 |
| Fig. 13b. Por Intervalos | 61 |
| Fig. 14 Cobertura en el gradiente de profundidad | 62 |
| Fig. 14a. Por transecto | 62 |
| Fig. 14b. Por Intervalos | 62 |
| Fig. 15. Patrón de diversidad en el eje menor para el índice de Shannon-Wiener (Densidad) | 64 |
| Fig. 15a. Punta Vallente | 64 |
| Fig. 15b. Centro | 64 |
| Fig. 15c. Punta del Agulla | 64 |
| Fig. 16. Patrón de diversidad en el eje menor para el índice de Simpson (Densidad) | 65 |
| Fig. 16a. Punta Vallente | 65 |
| Fig. 16b. Centro | 65 |
| Fig. 16c. Punta del Agulla | 65 |

| | |
|---|-----------|
| Fig. 17. Índices de diversidad por subzonas | 69 |
| Fig. 17a. Shannon-Wiener (Densidad) | 69 |
| Fig. 17b. Simpson (Densidad) | 69 |
| Fig. 17c. Shannon-Wiener (Cobertura) | 69 |
| Fig. 17d. Simpson (Cobertura) | 69 |
| Fig. 18 Equitabilidad (Densidad) | 71 |
| Fig. 18a Punta Vallente | 71 |
| Fig. 18b Centro | 71 |
| Fig. 18c Punta del Agulla | 71 |
| Fig. 19. Patrón de diversidad en el eje menor para el índice de Shannon-Wiener (Cobertura) | 72 |
| Fig. 19a. Punta Vallente | 72 |
| Fig. 19b. Centro | 72 |
| Fig. 19c. Punta del Agulla | 72 |
| Fig. 20. Patrón de diversidad en el eje menor para el índice de Simpson (Cobertura) | 73 |
| Fig. 20a. Punta Vallente | 73 |
| Fig. 20b. Centro | 73 |
| Fig. 20c. Punta del Agulla | 73 |
| Fig. 21. Equitabilidad (Cobertura) | 75 |
| Fig. 21a. Punta Vallente | 75 |
| Fig. 21b. Centro | 75 |
| Fig. 21c. Punta del Agulla | 75 |

RESUMEN

"ESTRUCTURA COMUNITARIA DE ESCLERACTINIOS DEL ARRECIFE EL CABEZO, VERACRUZ, MEXICO."

La investigación en arrecifes coralinos ha tomado gran importancia desde el punto de vista ecológico, turístico y como un recurso natural. La mayoría de estos estudios se realizan en arrecifes con grandes dimensiones como son el de la gran barrera de Australia, y los de Caribe. Pero los del Golfo de México, y en particular los de Veracruz, son escasamente conocidos a nivel mundial, a pesar de que revisten gran importancia biológica, comercial y turística.

Un primer paso en el estudio de estas comunidades marinas, es la descripción de estos ambientes, y el análisis de la estructura comunitaria de los constructores arrecifales.

En el presente trabajo se analizó la estructura comunitaria de corales hermatípicos del arrecife "Cabezo, Ver", en términos de la zonación, distribución espacial, abundancia y patrones de diversidad, considerando tanto la densidad como la cobertura.

Se contó el número de colonias y cobertura por especie, a lo largo de transectos de cadena de 20 mts de longitud, así como la profundidad de la muestra.

Los resultados se evaluaron por zonas (a lo largo del eje menor de la estructura arrecifal). Estas se definieron con base en las características topográficas, condiciones físicas y especies indicadoras, tomando como referencia estudios previos en otros arrecifes de la región, y la zonación propuesta por Lara (1989) para el arrecife "Anegada de Afuera", Ver.

Además del análisis por zonas, se dividió la estructura en tres secciones (a lo largo del eje mayor del arrecife), tales son: Punta Vallente (extremo Noroeste), Centro (parte media) y Punta del Aguila (extremo Sureste), para analizar si existen diferencias en la comunidad coralina dependiendo de la orientación de la sección.

Para determinar la distribución espacial se utilizaron tablas de presencia-ausencia de especies. La abundancia se analizó mediante la densidad y la cobertura, tanto total como específica. Como método de estimación de la diversidad se utilizaron además de la riqueza específica, los índices de Shannon-Wiener y el de Simpson.

Los análisis mencionados se llevaron a cabo por separado para cada una de las tres secciones definidas en el arrecife, y las diferencias se evaluaron con análisis de varianza.

Se encontró que hay un incremento gradual en la densidad, cobertura y diversidad de los corales escleractinios desde las partes someras, hasta una profundidad alrededor de los 15 metros, y después hay un decremento hacia la base del arrecife (aprox. 25 mts.).

En cuanto al análisis por secciones, la zona del Barlovento fue similar en las tres en cuanto a composición específica, abundancia y asociaciones de especies. El Sotavento difirió en las tres secciones en lo que se refiere a la abundancia de las especies, pero no en cuanto a composición específica, e inclusive la zona de Sotavento en Punta del Aguila, no presentó sustrato duro para la fijación de escleractinios. La abundancia de especies de las zonas someras del arrecife también fue diferente en las tres secciones analizadas. En las zonas de transición se encontraron diferentes asociaciones de especies y abundancia específica.

De manera general, las secciones de Punta Valiente y del Centro resultaron parecidas entre sí respecto a todos los parámetros analizados, y difiriendo de Punta del Aguila, donde la densidad, cobertura y diversidad fueron menores.

Los análisis de densidad y cobertura mostraron patrones semejantes, solo que la dominancia de ciertas especies se vió resaltada por su extensa cobertura.

Una posible explicación al patrón encontrado, es que la descarga de sedimentos terrígenos del río Papaloapan y los vientos "norte" afectan la estructura comunitaria de corales escleractinios a lo largo del eje mayor de la estructura.

I. INTRODUCCION

Adalbert von Chamisso y Otto von Kotzebue en los años de 1815 a 1819 analizan la importancia de los corales desde el punto de vista geológico, explicando el papel de los escleractinios como constructores de las islas arrecifales. Sin embargo, Darwin en 1842 durante su viaje en el Beagle, fué el primero en describir las comunidades arrecifales. A partir de esa fecha se inicia el estudio de los arrecifes de coral, aunque la gran mayoría de los primeros trabajos que se desarrollaron, fueron estudios de tipo geológico (Stoddart, 1969).

La mayoría de los trabajos referentes a la ecología de arrecifes coralinos, se han efectuado con mayor intensidad a partir del desarrollo del buceo autónomo. En la mayor parte de los casos, se llevan a cabo en estructuras tropicales bien desarrolladas (en el Océano Indico Loya, 1972; Sheppard, 1980; en Jamaica, Goreau, 1959; 1973; Liddell, 1984; Huston, 1985b; etc.). Pero cada arrecife tiene características únicas de desarrollo dependiendo de las condiciones geológicas, de los regímenes climáticos y oceanográficos que lo afectan, haciendo que sean muy particulares entre sí, por lo que es importante una descripción local de cada estructura (Milliman, 1973).

En publicaciones a nivel mundial, los arrecifes de México son escasamente conocidos, e inclusive en recopilaciones formales acerca de los arrecifes coralinos del mundo como el de la International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), editado por S. Wells en 1988, la descripción de los arrecifes de las costas Mexicanas son muy vagas y apenas se mencionan.

En el País, a pesar de contar con aproximadamente entre 1000 a 1500 km. de arrecifes de coral (IUCN, 1988), los estudios descriptivos y de caracterización de estas estructuras son escasos y desconocidos en su mayoría.

En el área del Puerto de Veracruz (al igual que en otras regiones del Golfo de México y el Caribe mexicano), se han llevado acabo numerosos estudios de los arrecifes coralinos, sin embargo, la mayor parte han sido trabajos aislados que no forman parte de una línea de investigación, o bien han carecido de la debida formalidad para su conclusión o difusión por lo que poco se conoce para la zona.

Para el uso y aprovechamiento de los arrecifes coralinos como una fuente de recursos naturales, es necesario realizar estudios descriptivos basados en criterios geológicos y ecológicos para elucidar con más precisión los componentes estructurales del arrecife mismo, y así además de contribuir al conocimiento de nuestras costas, estos estudios formarán parte de la base científica a considerar en el momento de evaluar el impacto ambiental en estas regiones (perforación de pozos petroleros, turismo, pesca de explotación y subsistencia, materias primas para ornatos, etc.) (Espejel, 1988).

El presente estudio se desarrolló como parte del proyecto: "*Estudios Biológicos en los arrecifes coralinos del Puerto de Veracruz*". Tiene como finalidad el profundizar en los métodos de descripción, comparación y evaluación de algunos estimadores de la estructura comunitaria de organismos bentónicos arrecifales, en este caso en particular, de los corales escleractinios (que son los principales organismos constructores de los arrecifes), por lo que el trabajo se enmarca dentro de la ecología de comunidades.

1.1 OBJETIVOS

Esta tesis tiene como objetivos principales los siguientes puntos:

- *Caracterizar la estructura comunitaria de escleractinios del arrecife Cabazo, mediante la estimación de la diversidad, densidad, distribución espacial y cobertura a lo largo de la zonación propuesta para los arrecifes veracruzanos.*
- *Analizar la estructura comunitaria de los escleractinios con base en la zonación propuesta para Veracruz (eje menor), y compararla a lo largo de tres secciones sobre el eje mayor de la estructura arrecifal el "Cabazo".*

En el capítulo II se presenta una revisión bibliográfica, que menciona en primera instancia los estudios ecológicos acerca de las comunidades, y las polémicas que a este nivel de integración se presentan. Después se analiza los tipos y la importancia de los trabajos realizados en arrecifes coralinos, para luego hablar de las comunidades de escleractinios, discutiendo acerca de los patrones más relevantes dentro de los arrecifes coralinos.

Otro punto que se toca en este capítulo, es la evolución que ha tenido el método de muestreo de escleractinios, terminando con una revisión acerca de los índices de diversidad empleados, además de la descripción del análisis estadístico empleado en el presente trabajo.

El capítulo III se describe el área de estudio, partiendo de la distribución mundial de los arrecifes, enumerando los del Golfo de México después y enfatizando en los del Puerto de Veracruz, para describir más a detalle la ubicación del arrecife "Cabezo" objeto de estudio, mencionando las zonas y secciones en las que éste arrecife se divide para el presente trabajo. Al final del capítulo, se describe el clima e hidrografía de la región.

El IV capítulo describe la metodología empleada para la toma de información en el campo, la manera de elegir el área de muestreo y el tamaño de muestra. Se describe de manera general el procesamiento de los resultados para su análisis. Las especificaciones acerca de como se analiza la distribución, abundancia y diversidad, se describen al principio de cada inciso de resultados.

Los resultados se presentan en el capítulo V. El primer inciso analiza la distribución y la abundancia considerando separadamente la densidad de la cobertura. En el segundo inciso, se describe el patrón de diversidad sobre el gradiente de profundidad, y en el último se hace un análisis del mismo patrón por subzonas.

Finalmente, se hace una discusión en el capítulo VI acerca de la distribución y abundancia, así como de los patrones de diversidad encontrados para el "Cabezo", y se presentan las conclusiones del trabajo en el VII capítulo. La bibliografía consultada para el estudio, se cita en la última parte del trabajo.

II ANTECEDENTES

2.1 Estudio de las comunidades.

Los organismos y las poblaciones de especies no existen solos en la naturaleza, sino que forman siempre parte de un ensamble de poblaciones que viven juntas en una misma área. (Krebs, 1985). Estas comunidades de organismos, tienen propiedades emergentes, que son la suma de las propiedades de los individuos más sus interacciones. Estas interacciones hacen de la comunidad algo más que la suma de sus componentes (Begon, et. al., 1986). El conjunto de atributos de la comunidad, no reside únicamente en cada una de las especies que la componen; estos solamente revisten significado con referencia al nivel de integración comunitario (Krebs, 1985).

Diversos zoólogos y botánicos, han definido a la comunidad en formas muy diferentes, por lo general con el fin de incluir en su definición un concepto particular de la forma en que opera una comunidad (Krebs, 1985)

Así pues, Begon, et. al (1986) ha definido la ecología de las comunidades como el estudio de las propiedades emergentes en la estructuración y comportamiento de los grupos de especies reunidos .

Por otro lado, el estudio de la ecología de las comunidades está invadido por una importante controversia acerca de la naturaleza de las mismas, de modo que se impone un proceso antropocéntrico de selección en la decisión de qué se considera como una comunidad (Begon, 1986).

De esta manera, en un arrecife coralino, nosotros podemos considerar como una comunidad, a todo el arrecife, a una zona, a los moluscos de ese arrecife, a los herbívoros, o a las poblaciones de un género (Lara, 1989).

Considerando lo anteriormente expuesto, es muy importante percatarse que las categorías elegidas pueden carecer de relevancia para los organismos, y que el punto de vista de los organismos de una comunidad puede variar de especie a especie (Begon, 1986).

Si la comunidad es una congregación de poblaciones de especies que existen juntas en espacio y tiempo, el principal interés de los ecólogos de comunidades es el de conocer la manera por la cual estas agrupaciones de especies están distribuidas en la naturaleza y la forma en la que estos grupos son influenciados por las interacciones entre ellos y por los factores físicos del medio ambiente en que habitan (Hughes, 1986)

Un primer paso en el estudio de las comunidades, es el buscar patrones en la composición y estructura de las mismas (Hughes, 1986). Estos patrones pueden ser grupos repetidos de las mismas especies en distintos lugares (asociaciones), productividades similares, formas de crecimiento parecidas, diversidades, etc. Esto tiene como importancia, que la descripción de estos patrones nos lleva a proponer hipótesis a cerca de sus causas. Estas proposiciones pueden ser demostradas por observaciones posteriores o haciendo experimentos (Begon, 1986).

En el estudio de la ecología de las comunidades se han utilizado diferentes patrones para analizarla. Tales son: 1) El número de especies por género (Elton, 1944, 1946; Williams, 1964; Simberloff, 1970, 1984; y Strong, 1980; citados por May, 1974). 2) La estabilidad y complejidad de las comunidades (Elton, 1958; May 1973, 1984; Pimm Lawton, 1978; DeAngelis, 1978). 3) La abundancia relativa de especies (Preston, 1962; Mac Arthur y Wilson, 1967; May, 1975; Caswell, 1976; Sugihara, 1980; Hughes, 1986). 4) Relaciones especies área (Preston, 1962; Mac Arthur y Wilson, 1967; Connory Mc Coy 1979; Sugihara, 1981; May, 1984), etc.

Recientemente se ha empleado una técnica para discernir los patrones reales de los aparentes, esta es la construcción de "modelos neutrales" o hipótesis nulas.

Básicamente en estos modelos, se construye un modelo neutral del desarrollo de la comunidad, el cual elimina completamente las interacciones biológicas en cuestión. La comparación de la estructura de la comunidad natural, con los patrones de la estructura de la comunidad resultado de este modelo, provee una estimación del efecto de las interacciones biológicas. Esto se puede comparar con los efectos esperados teóricamente (Caswell, 1976).

2.2 Biología de los escleractinios

Aunque las aguas oceánicas tropicales en las que se desarrollan los arrecifes de coral, son pobres en nutrientes, estos ambientes se cuentan entre los de mayores tasas de fijación fotosintética de carbono, de nitrógeno y de depositación de carbonato de calcio. El arrecife mantiene también, mayor número de especies animales y vegetales que cualquier otro ecosistema. La clave de ésta productividad, es la biología única de los corales, que desempeña un papel fundamental en la estructura y el ciclo de los nutrientes de la comunidad arrecifal (Goreau, 1979).

Los corales escleractinios, pertenecen al grupo de los cnidarios, organismos cuya única cavidad del cuerpo es la digestiva. Algunos son solitarios, otros forman colonias siendo una característica importante de éstos su capacidad para formar un esqueleto calcáreo sólido.

Un rasgo notable de todos los corales constructores de arrecifes es su simbiosis con las algas unicelulares zooxanthellas en las células de su intestino. Estas son algas marinas pardas o amarillas que según Yonge (1963) siendo un estado vegetativo del alga *Symbiodinium microadriaticum*, que viven, realizan fotosíntesis y se reproducen en el interior de las células de los pólipos de coral (Goreau, 1979).

Las algas zooxanthellas juegan un importante papel para determinar las tasas de calcificación en los corales. Las algas toman activamente las sustancias que el pólipo de coral desecha para relizar la fotosíntesis, de modo que se consigue reciclar los productos de desecho del coral en nueva materia orgánica.

Para la calcificación, el dióxido de carbono (CO_2) se convierte en ácido carbónico mediante la enzima anhidrasa carbónica (que se encuentra en concentraciones elevadas en los corales), que a su vez se convierte en iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}), que es precipitado en forma de carbonato de calcio insoluble (CaCO_3), para construir el esqueleto calcáreo (Goreau, 1979).

Puesto que los corales se alimentan activamente de plancton, toman nutrientes del agua de mar y absorben productos químicos liberados por sus zooxanthellas, desempeñan a la vez varios papeles ecológicos: productor primario, consumidor primario, detritívoro y carnívoro (Goreau, 1979).

2.3 Comunidades arrecifales coralinas

Un arrecife de coral constituye probablemente la más compleja comunidad del ambiente marino. Es una asociación de varios miles de especies de diferentes tipos que ocupan diferentes nichos ecológicos (Loya, 1972).

Así, la riqueza y diversidad de la flora y fauna encontrada en los arrecifes de coral, hace de estas áreas un tema fascinante para la investigación. (Stoddart, 1978).

Los estudios en arrecifes coralinos se han realizado desde dos puntos de vista principalmente. Desde un punto de vista geológico, considerándolos como ambientes marinos de depositación (Darwin, 1851; Wells, 1954; Goreau, 1959, 1973; Stoddart, 1969; Milliman, 1973, etc). Y desde un punto de vista biológico como comunidades ecológicas (Loya, 1972; Glynn, 1976; Dana, 1976; Pichon, 1981; Rutzler, 1982; Bull, 1982; Grigg, 1983; Huston, 1985b)

Desde el punto de vista geológico, los arrecifes son agregados de carbonato de calcio secretado y estructurado por organismos, con sedimentos principalmente biogénicos. Estas estructuras geológicas provienen de características de crecimiento del pasado y al mismo tiempo son modificadas por crecimientos del presente. (Wells, 1954).

Wainwright (1965), hace una importante distinción entre una estructura arrecifal, y las comunidades coralinas. En una estructura arrecifal, los corales contribuyen activamente, por acumulación de su esqueleto, al desarrollo topográfico del arrecife; una comunidad coralina, por otro lado, es un conjunto de organismos arrecifales, creciendo en un sustrato que es de producción reciente, en aguas tropicales someras.

A los organismos que contribuyen a la construcción del sustrato en el arrecife, se les denomina hermatípicos (herma-soporte; scollo-arrecife). Se distinguen dos grupos principales de organismos hermatípicos, dependiendo del tamaño del sedimento formado. Estos son los hermatípicos primarios, cuyo esqueleto forma el armazón rígido de la estructura, siendo estos principalmente los escleractinios. El otro grupo es el de los hermatípicos secundarios, como las conchas de los moluscos y los esqueletos de los erizos, que son importantes como productores de bioclastos, teniendo la función de rellenos de huecos, cementadores y productores de sedimento (Goreau, 1973).

Goreau (1973) define el almacón rígido como una fase continua formada por el entrelazado de los exoesqueletos de los escleractinios enterrados en el lugar. Estos crecimientos confieren una enorme resistencia al movimiento de la masa de agua, y por lo mismo estabilidad mecánica.

También define a los sedimentos de menor tamaño como un almacón clástico o fase dispersa. Después de su formación, estos sedimentos son depositados entre la trama del almacón rígido. Estos, según su tamaño, forman un recubrimiento de pedacera, grava, arena, limo o lodos, que al no estar consolidados, constituyen un sustrato inestable, y son desplazados de su sitio de producción ya sea por turbulencias, gravedad o agentes biológicos.

Por ello, y dependiendo de su tamaño y densidad, los sedimentos son depositados en distintos lugares del arrecife, transportándose mientras más finos, más lejos de su lugar de origen, por lo que es posible encontrar gradientes de sedimentos (Goreau, 1973).

Por otro lado, un arrecife de coral, ecológicamente es considerado como un oasis en estado estacionario de productividad orgánica caracterizado por altas densidades poblacionales, un intenso metabolismo de calcio y redes tróficas complejas (Stoddart, 1969) rodeado generalmente por aguas bajas en contenido de nutrientes minerales y plancton, donde las especies dominantes presentan una zonación, y sus formas de crecimiento tienen patrones característicos (Wells, 1954).

Recientemente, los arrecifes se han descrito como ecosistemas en no equilibrio, donde la exclusión competitiva es prevenida por continuas perturbaciones (Connell, 1978).

Son varios los estudios desde el punto de vista biológico, que se han realizado en los arrecifes coralinos. Estos incluyen el estudio de comunidades como son: coralinas (Loya, 1972; Goreau, 1959, 1967; Dana, 1976; Connell, 1978; Liddell, 1984; Huston, 1985b,); de algas (Lubchenco, 1978), de herbívoros, de moluscos, de peces, etc. También se han efectuado trabajos sobre aspectos fisiológicos como: crecimiento de coral (Barnes, 1973; Buddemeier, 1974, 1976; Macintyre, 1974) y de agresión

interespecifica (Lang, 1973). Estudios de comportamiento como: la competencia por el espacio (Kenneth, 1982; Jackson, 1977); la repartición de recursos (Porter, 1972); el forrajeo (Sammarco, 1980; 1982), etc. De dinámica de poblaciones (Hughes, 1984), hasta trabajos de sucesión en arrecifes artificiales (Fitzhardinge, 1989), solo por mencionar los trabajos más destacados.

2.4 Comunidades de escleractinios

Varios son los patrones que se han descrito para los escleractinios en los arrecifes coralinos. Tales son: - El de diversidad a lo largo de un gradiente de profundidad (Loya, 1972; Huston, 1985b, Liddell, 1984; Sheppard, 1980). - El de formas de crecimiento y zonación de especies dominantes (Pichón, 1981). - El de reparto de recursos y hábitos tróficos de las especies de escleractinios (Porter, 1976). - El de distribución en las estructuras arrecifales y las estrategias modulares e individuales (Jackson, 1977). - El de las estrategias de vida y las condiciones ambientales predominantes (Rosen, 1983). - El de las dimensiones de los pólipos y su éxito en la digestión extracelentérica (Lang, 1973 y Porter 1976). - El de los patrones de dispersión y las variables medio ambientales (Dana, 1976), etc.

2.4.1 Patrones de diversidad de especies de escleractinios.

La zonación de especies dominantes y formas de crecimiento en los arrecifes de coral es uno de los más sorprendentes patrones encontrados en cualquier comunidad natural (Goreau, 1959a, 1973; Stoddart, 1959).

2.4.1.1 Patrón de diversidad a lo largo del gradiente de profundidad.

Trabajos como el de Wells (1957), revelan que antes de realizar estudios que abarcaran la totalidad del arrecife, (hecho que fue posible por el desarrollo del SCUBA), los biólogos creían que la diversidad de especies de coral decrecía con la profundidad, siguiendo el gradiente de decremento en la disponibilidad de luz (Huston, 1985).

Sin embargo, los primeros estudios sistemáticos en arrecifes bien desarrollados, revelan el patrón opuesto (Loya, 1971, 1972).

Algunos estudios en arrecifes coralinos, reportan un incremento continuo en la diversidad con la profundidad (Glynn, 1976; Lewis, 1974). Algunos reportan un patrón de baja diversidad cerca de la superficie, incrementándose hasta un máximo entre los 15 - 30 mts. de profundidad, y después un decremento gradual hacia los sitios más profundos (Loya, 1972 en el Mar Rojo; Huston, 1985b y Liddell, 1984 en Jamaica; y Sheppard, 1980 en el Océano Indico). Y otros no reportan un patrón evidente de diversidad (Porter, 1972).

El patrón de diversidad más común en los arrecifes de coral, que muestra baja diversidad en la superficie y la mayor diversidad a profundidades intermedias, no puede explicarse por un simple gradiente físico (Huston, 1985).

La baja diversidad cerca de la superficie, y la dominancia de una o dos especies de coral, muestran patrones relacionados con altas perturbaciones, que es consecuente con las predicciones de la hipótesis de perturbación intermedia propuesta por Connell (1978)

La baja diversidad en las profundidades mayores, esta relacionada con la disminución en la penetración lumínica, que es desfavorable para el crecimiento coralino.

Por lo tanto, la mayor diversidad a profundidades medias, presupone que esta diversidad se encuentra relacionada con perturbaciones intermedias en frecuencia e intensidad, como lo predice la hipótesis propuesta por Connell (1978).

2.4.1.2 Perturbaciones en la estructura comunitaria

Connell (1978) enfatiza la importancia de la mortalidad periódica en la prevención de la dominancia competitiva para mantener la alta diversidad de especies. Mientras Huston (1979), hace predicciones generales acerca de los niveles de diversidad, basándose en la interacción de la frecuencia de la perturbación y la tasa de crecimiento de los organismos.

Pero, ambos estan de acuerdo en que factores que prevengan o disminuyan la exclusión competitiva darán como resultado una alta diversidad.

En los arrecifes coralinos, muchos tipos de perturbaciones pueden afectar la diversidad. Estas se pueden dividir en dos grandes categorías: Las perturbaciones abióticas, causadas por el medio ambiente físico; y la bióticas, que resultan de la interacción entre las especies.

» - *Abióticas*

Las perturbaciones abióticas son causa de mortalidad más frecuente en las regiones cerca de la superficie, y decrecen en intensidad y frecuencia con la profundidad (Huston, 1985b).

Las principales perturbaciones abióticas que afectan la distribución de los escleractinios en el arrecife coralino son principalmente: La exposición a la marea, la energía del oleaje, y la sedimentación.

La **exposición a la marea**, es una perturbación que causa alta mortalidad coralina (Fishelson, 1973). Las bajamares puede tener un efecto diversificador cuando causa mortalidad de especies dominantes, permitiendo el establecimiento de otras especies. Pero también puede reducir la diversidad, cuando esta perturbación es tan fuerte en intensidad y frecuencia que causa la mortalidad de un gran número de especies.

La **energía del oleaje** cuando es muy fuerte, puede causar destrucciones considerables, como lo muestran estudios de Tunnicliffe (1983) y Woodley (1980). Sin embargo, estudios hechos por Hubbard (1974), Jokiel (1978), Stoddart (1969), Wells (1957) y Geister (1977), demuestran que para el crecimiento del coral, es necesario cierto movimiento de agua.

Existe cierta energía del oleaje natural en el arrecife coralino, proveniente de las corrientes marinas, y va de la zona del Barlovento, hacia la del Sotavento arrecifal. Esta perturbación, es más intensa en las regiones someras y decrece rápidamente con la profundidad. El incremento en ésta perturbación esta asociada con los huracanes, y en el Puerto de Veracruz, además con los llamados vientos del Norte, que son periódicos, presentándose en invierno, pero que pueden variar en intensidad.

Jokiel (1978) ha relacionado las formas de crecimiento de los escleractinios, con la intensidad a la energía del oleaje que están expuestos. Así, predice un crecimiento incrustante cuando la energía del oleaje es fuerte, y ramificados cuando es moderada.

Cuando esta perturbación es poco intensa, se permite los crecimientos planos y masivos de las especies.

Por otro lado, la **sedimentación** es un factor físico que afecta a cualquier profundidad y marca diferencias en las asociaciones de especies y en sus tasas de crecimiento (Dodge, 1974).

Sin embargo, Ott (1975) y Ohlhorst (1980) reportan una alta depositación de sedimentos en las zonas cercanas a la superficie, donde la turbulencia del agua es alta, inclusive Ohlhorst (1980) reporta una correlación inversa entre la depositación de sedimento y la profundidad.

El sedimento daña al coral de dos maneras, una es directamente cubriéndolo y dañándolo en cuanto al área de captación lumínica y de ingestión de zooplancton. E indirectamente por el cubrimiento de sustrato duro, reduciendo el espacio disponible para su ocupación (Huston, 1985).

Hubbard y Pocock, 1972 reportan que las especies de coral difieren en su capacidad para remover partículas de sedimento, encontrando que partículas grandes son removidas por distensión controlada del pólipo por especies con pólipo grande y cálices complejos como las del género *Montastrea* y el género *Diploria*. Existen especies que mediante acción ciliar son muy eficientes en la remoción del sedimento fino como las del género *Porites* y *Siderastrea*.

» - Bióticas

Las perturbaciones bióticas, son mucho más sutiles que los daños causados por tormentas y bajamares en el arrecife somero.

Las perturbaciones bióticas, se dan por la interacción de las especies, principalmente las de depredación (herbívoros y coralívoros) y competencia (por el sustrato).

Los principales herbívoros son los erizos y los peces (particularmente de las familias Scaridae y Acanthuridae). Los erizos, y especialmente el género *Diadema*, en su acción de forrajeo ejercen influencia en el control de la estructura comunitaria de corales, como lo demuestran los trabajos de Sammarco (1973, 1980, 1982).

Los herbívoros, tienen un efecto directo sobre las algas, y un efecto indirecto sobre el coral (Huston, 1985). El efecto directo del forrajeo, es una reducción de la biomasa algal, y esto tiene como consecuencia dos efectos indirectos y contrarios sobre el coral. Uno es que pueden disminuir el reclutamiento de especies de escleractinios dañando las colonias incipientes (Birkeland, 1977), y otro que pueden beneficiarlo debido a que su hábito de herbivoría evita el crecimiento algal sobre el coral (Brock, 1979; Sammarco, 1974, 1980;), que según reporta Potts (1977) sería suficiente para matar al coral al cubrirlo y agotar sus reservas metabólicas.

La acción de los **coralívoros**, se da por unas pocas especies de peces. Estos incluyen a las familias Tetraodontidae, Ballistidae, Chaetodontidae, y Scaridae (Randall, 1974)

Algunas de estas especies forrajean solo los pólipos, lo que permite la regeneración del coral. Otros rompen el coral e ingieren porciones del esqueleto de corales ramificados. El efecto de éstos coralívoros, puede incrementar la diversidad en las partes someras, donde dominan especies ramificadas, por el forrajeo selectivo de las especies más abundantes. Pero a profundidad, pueden disminuir la diversidad donde estas especies no son dominantes. (Randall, 1974).

La **competencia por el sustrato** es muy fuerte, y es factor limitante en todas las zonas del arrecife (Connell, 1961a, 1961b, 1971, 1975; Jackson 1977a, 1977b, Jackson y Buss 1975, Lang 1973; Stebbing 1973a, 1973b; Dayton 1971, 1975; Lubchenco y Menge 1978; Menge 1975; Paine 1966, 1974).

Esta competencia por el sustrato de los escleractinios se da de diferente manera en las regiones someras y en las profundas.

En las primeras, la competencia se gana con un rápido crecimiento, y los principales competidores son las algas que presentan elevadas tasas de reproducción y crecimiento, ocupando la mayoría del sustrato disponible desplazando a otros organismos coloniales como los corales y las esponjas a regiones más profundas (Jackson, 1977), y hasta pueden eliminarlos al crecer sobre ellos invadiéndolos como sustrato de fijación (Potts, 1977).

En las partes profundas se da por agresión directa a los competidores mediante metabolitos secundarios y acción extracelentérica (Lang, 1973), siendo otras especies de coral y las esponjas los principales competidores.

La competencia por espacio entre corales, ha sido estudiada por Lang (1973). Esta autora reporta que los corales son capaces de extraer sus filamentos mesentéricos para la digestión de la superficie de sus vecinos, ganando así la competencia por el sustrato. Estos experimentos muestran que existe una jerarquía de "dominancia digestiva" en los corales y que está relacionada con el tamaño del pólipo.

Esta jerarquía en el tamaño del pólipo, esta inversamente relacionada con la tasa de crecimiento de los corales (Budemeier, 1976, 1974) de modo que los corales de pólipos grandes tiene tasas de crecimiento menores.

2.5 Método de muestreo

La mayoría de las comunidades de invertebrados en los arrecifes coralinos son sésiles o tienen movilidad limitada. En este sentido, hay una gran similitud entre las comunidades de invertebrados arrecifales, y las comunidades de plantas terrestres (Stoddart, 1978). Esto hace posible por tanto, justificar la adopción de conceptos y técnicas usadas por los ecólogos de plantas, para el estudio de las comunidades bentónicas arrecifales (Scheer, 1967; Barnes et al, 1971; Stoddart, 1971); Loya, 1972; citados en Stoddart, 1978).

Los corales escleractinios son organismos sésiles, y al ser organismos modulares, presentan crecimiento indeterminado muy parecido al de las plantas, además, la relación simbiótica con algas fotosintéticas, se ve afectada por la captación de luz al igual que las comunidades vegetales terrestres. Esto justifica aún más el empleo de técnicas de la ecología vegetal para el estudio de los corales escleractinios.

Stoddart (1969, 1972) revisa los métodos de campo y los estudios cuantitativos para corales hermatípicos, prestando especial atención a los problemas de diseñar el muestreo, el tamaño de muestra y problemas en el registro de datos.

Todos los estudios anteriores al trabajo de Stoddart (1969), muestran el empleo de cuadrantes de diferentes tamaños. Por ejemplo, Manton (1935) utilizó un cuadrante de 3 x 6 pies en Low Isles; en la Gran Barrera; Stoddart (1966) uso un cuadrante de 10 x 10 pies en las Islas Maldivas; Mayor (1918) uno de 50 x 50 pies en la Isla Murray y (1924) uno de 24 x 24 en Samoa; Odum y Odum (1955) uno de 20 x 20 en Eniwetok; Kissling (1965) uno de 5 x 5 pies en Spanish Harbor, Florida; etc. (citado en Loya, 1972). Estos estudios fueron hechos en aguas someras, pero no en las pendientes arrecifales. Algunos de estos trabajos registran el número de especies o géneros por cuadrante y su cobertura relativa, pero en general, la mayoría de ellos no usaron datos cuantitativos, y no enfatizan en la importancia de estudiar las diferentes zonas del arrecife.

Posteriormente Loya y Slobodkin (1971) y Loya (1972), después de considerar varios métodos terrestres para el estudio de comunidades de plantas, basándose en estudios de Greig-Smith (1964), usaron por primera vez el muestreo por transectos de 10 mts. en su estudio en Eilat, en el Mar Rojo. Estos transectos eran colocados a lo largo del gradiente de profundidad paralelos a la costa, en intervalos de 1 m. en el plano arrecifal y de 5 en las pendiente. Este autor determina 10 mts de transecto como unidad mínima de muestreo para escleractinios, ya que en su curva de especies - área, a esta profundidad la curva se vuelve asintótica.

Porter (1972, 1972a) estudió la diversidad de especies de corales hermatípicos en las costas del arrecife de San Blas, en Panamá, y hace una modificación a la metodología de Loya (1972). Emplea un transecto de cadena de 10 m. de largo con eslabones de 1.3 cm., en dirección del gradiente de profundidad en intervalos de 3 metros. En este estudio, se registró el número de eslabones que cubría el tejido vivo de cada especie de coral.

Loya (1971, 1972), discute las ventajas del uso de transectos para el estudio de la estructura de comunidades y diversidad de especies de corales en Eilat, en el Mar Rojo. El muestreo por transecto resultó ser muy eficiente en información ganada por costo de tiempo, y también evita los problemas de la topografía del fondo (Loya, 1978).

Otros autores como Ott (1975) en el banco arrecifal de Barbados; Laxton y Stabium (1974) para medir cobertura de organismos arrecifales sésiles, utilizan el método de línea fotográfica. El método consiste en el empleo de una línea de nylon marcada

en intervalos (de 1 mt. para Ott, y cada 4 mts. para Laxton y Stablum), y tomar fotografías sobre la marca.

Por otro lado, la mayoría de los trabajos analizan la estructura comunitaria de escleractinios como función de la profundidad, de modo que la elección del área de muestreo está en función de la profundidad (ver: Loya, 1972; Porter, 1972; Rützler, 1982).

Sin embargo, un aspecto importante de considerar en la elección del sitio de muestreo es la uniformidad del área donde se toma la muestra. De tal modo que el empleo de un muestreo aleatorio estratificado es preferible debido a la evidente zonación que el arrecife presenta (Lara y Padilla, 1988), permitiendo hacer subpoblaciones o estratos (subzonas) que son menos variables que el conjunto en total (arrecife).

El formar estratos homogéneos a partir de una población heterogénea permite esperar un aumento de precisión en relación al muestreo aleatorio simple, ya que las diferencias que existen entre las medias de cada estrato en la población no contribuyen al error de muestreo, es decir, el error de muestreo surge únicamente de las variaciones entre las unidades de muestreo que están en el mismo estrato (Snedecor y Cochran, 1982).

Los sitios de muestreo son localizados por prospecciones sobre el fondo marino, en línea recta perpendicular o paralela al eje mayor del arrecife, y el primer parche de coral encontrado se selecciona como sitio de muestreo (Glynn, 1976).

Otra forma de seleccionar las áreas de muestreo, es determinar las profundidades a las que se desea colocar los transectos y durante las prospecciones cuando se alcanzan las profundidades deseadas se coloca el transecto (Loya, 1972).

Para este estudio, se empleo muestreo aleatorio estratificado, y el método de prospecciones para la elección del área de muestreo en cada estrato.

2.6 Índices de diversidad.

La diversidad es un parámetro de la estructura comunitaria (Begon, 1986). A pesar del considerable interés que ha tenido el estudio de la diversidad, Hurlbert, y otros autores (citados por Peet, 1975), consideran que "la diversidad *per se* no existe". Sin embargo, a pesar de no existir una definición generalmente aceptada, hay muchos estudios sobre la diversidad de distintas localidades y se han cuantificado bajo los llamados índices de diversidad.

Al estimar los índices de diversidad se intenta combinar los datos de la abundancia con la riqueza específica en un solo número (Washington, 1983), y se dan datos de la estructura y composición de la comunidad como: valores de importancia de las especies, patrones de asociación y distribución de especies, etc. (Krebs, 1985).

En ecología, varios índices de diversidad han sido utilizados. La forma más sencilla de medirla, es el simple conteo de especies, lo que se denomina riqueza específica (Krebs, 1985). El mayor número de especies encontrados en una muestra corresponde a la mayor diversidad.

Otros índices, se basan en la relación entre el número de especies y el número de individuos en una muestra (Preston, 1948; Simpson, 1949; Good, 1953); MacArthur, 1957); Whittaker, 1961; Patten, 1962; citados en Loya, 1972). En éstos índices, alta dominancia de una especie esta asociada a baja diversidad en la terminología de Whittaker (1965).

Otro grupo de índices se deriva de la teoría de la información, que provee las bases para la medida de la diversidad en relación con la cantidad de incertidumbre, de modo que una alta diversidad esta asociada a una alta incertidumbre (Krebs, 1985). Los índices derivados de la teoría de la información son el de Shannon-Wiener (1948) y el de Brillouin's, (1956) citados en Loya (1972).

2.7 Importancia

La importancia de los corales hermatípicos, es que constituyen el armazón rígido de la estructura arrecifal, y un sustrato para muchos otros organismos, los cuales penetran la masa esquelética (esponjas, poliquetos, sipuncúlidos, bivalvos y

gasterópodos). Los corales, también proveen de refugio a muchos peces así como a varias especies de poliquetos, crustáceos, moluscos y equinodermos (Loya, 1972).

La World Conservation Strategy (IUCN/UNEP/WWF, 1980; citado en IUCN, 1988) identifica a los arrecifes de coral como uno de los "sistemas sustentadores de la vida y procesos ecológicos esenciales" necesario para la producción de alimento, salud y otros aspectos de la sobrevivencia humana. También, los arrecifes protegen la línea de costa de las olas y tormentas, previenen la erosión y contribuyen a la formación de la arena de las playas y sirven de abrigo para los puertos. Ellos son fuente de materia prima como son piedra y arena de coral para el material de construcción, coral negro para la joyería, esqueletos de escleractinios y conchas para objetos de ornamento. Por otro lado, ha incrementado el número de especies de coral que contienen compuestos con propiedades medicinales. (IUCN, 1988)

Además de la importancia económica que reviste la pesca de explotación y subsistencia, así como la exploración y explotación de pozos petroleros.

III AREA DE ESTUDIO

3.1 Distribución mundial de los arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son ecosistemas restringidos a las aguas someras tropicales entre las latitudes 30°N y 30°S.

En el océano Atlántico, la mayoría de los arrecifes coralinos están limitados a la parte Oeste. En el suroeste del atlántico, las descargas de los ríos Orinoco y Amazonas limitan el desarrollo de las estructuras arrecifales. El límite al Norte del Atlántico es la Península de Florida, en donde las temperaturas en el Invierno evitan el desarrollo de las estructuras. Sin embargo se desarrolla una estructura arrecifal verdadera en Bermuda (siendo el arrecife ubicado en latitud más alta de todo el mundo), esto es posible por la influencia cálida de la Corriente del Golfo (IUCN, 1988).

Así, los principales desarrollos coralinos en el oeste del Atlántico son los del mar Caribe, las áreas adyacentes al Sur de Florida y los del Golfo de México. (IUCN, 1988).

Los arrecifes de la región zoogeográfica del Caribe, se parecen entre sí respecto a las zonas y características distintivas como estructuras coralinas, pero se distinguen unos de otros por su fisiografía, lo que resulta en un grado diferente de zonación en cuanto a las subzonas se refiere (Milliman, 1973).

Estos arrecifes, se dividen en los de la parte Norte que comprende principalmente los de Florida en el sur de la península, los de Bahamas, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Jamaica, Islas Vírgenes, etc. Los de la región sureste que comprende principalmente los de Aruba, Curaçao, Barbados, Martinica, Costa de Venezuela, Trinidad y Tobago, etc. Los de la región del Suroeste que comprenden a los aledaños a la costa de Centro América enfrente de Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá principalmente. Finalmente los del Noroeste que comprenden la costa de Belice, Península de Yucatán y Golfo de México. (Tomado de Lara, 1989).

3.2 Arrecifes del Golfo de México.

El Golfo de México es básicamente un área de sedimentación terrígena. No obstante, existen algunos arrecifes marginales (Villalobos, 1971). Tales son: arrecife Alacranes en la parte Norte de la Península de Yucatán; hacia el centro del Golfo, bordeando el litoral mexicano, encontramos los Sistemas Arrecifales de Campeche compuestos por Cayo Arcas, Cayo Triángulo y Cayo Nuevo, y los Sistemas Arrecifales en la costa de Veracruz constituidos por los del Puerto de Veracruz e Isla Lobos en Tuxpan (Lara, 1989).

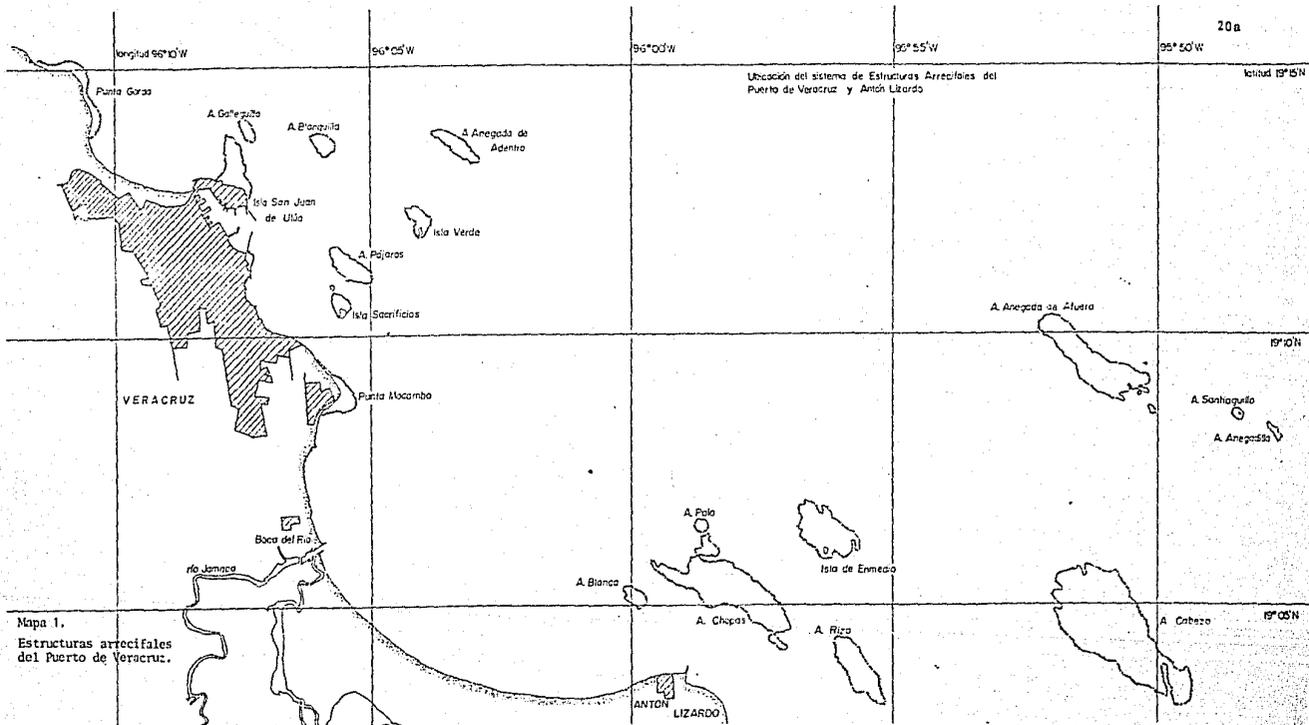
3.2.1 Arrecifes del Puerto de Veracruz.

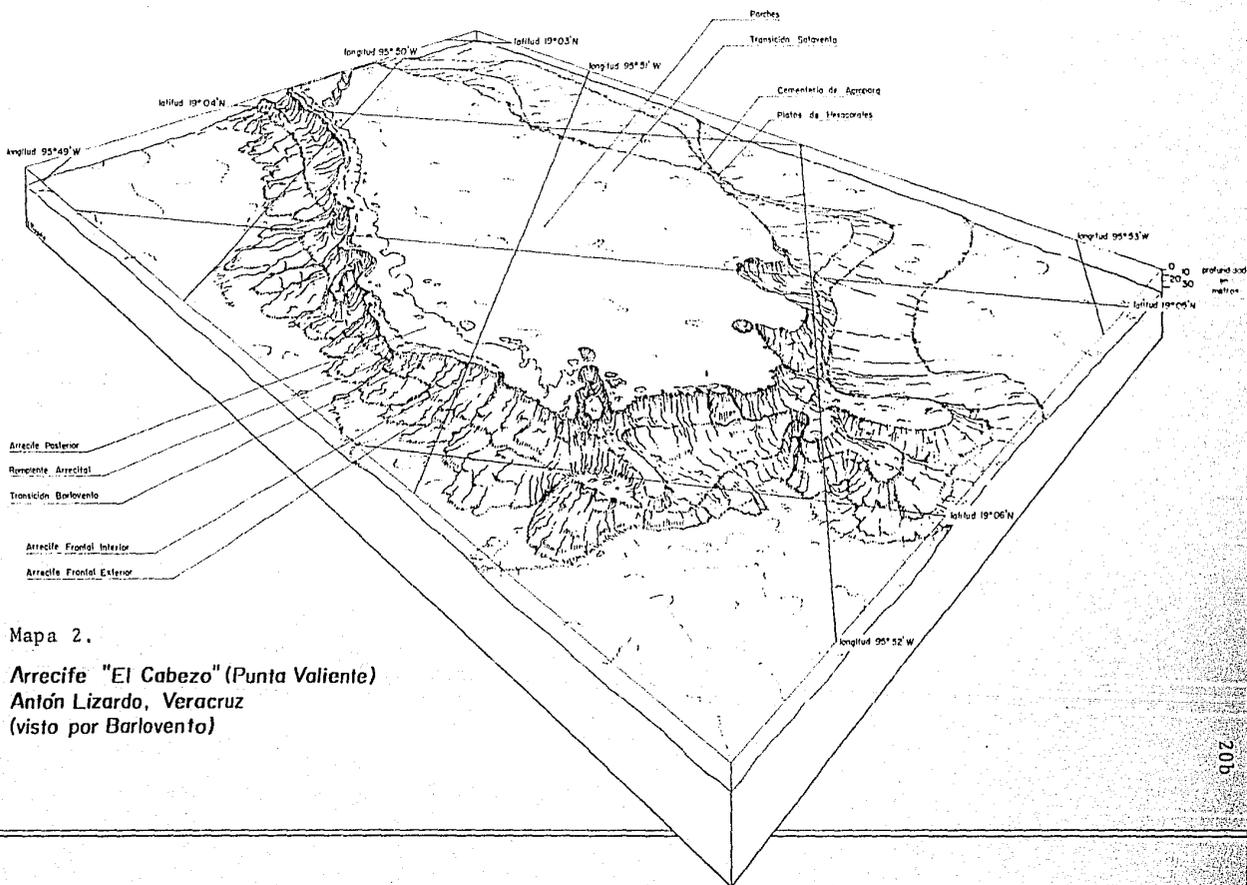
El sistema arrecifal del Puerto de Veracruz está dividido en dos secciones: la primera ubicada frente al Puerto, comprendiendo los arrecifes de La Galleguilla, La Gallega, La Blanquilla, Isla Verde, Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Anegada de Adentro, Punta Hornos, Punta Mocambo, y Punta Gorda. La segunda sección se encuentra frente al poblado de Antón Lizardo y comprende los arrecifes de El Glote, La Blanca, Chopas, Los Bajitos, Isla de Enmedio, El Rizo, Anegada de Afuera, Anegadilla, Santiaguillo y el Cabezo (Mapa 1).

Los arrecifes de este sistema se desarrollan sobre la plataforma continental hasta una profundidad máxima entre los 35 - 40 mts. Son pocos los estudios de investigación fomales que se han realizado para la zona. Con base en las clasificaciones de varios autores (Goreau, 1959, 1963; Stoddart, 1969; Milliman, 1973) los arrecifes de éste sistema se pueden considerar como arrecifes bordeantes, y algunos como bancos arrecifales. Sin embargo, por presentar una pendiente protegida (Sotavento) y no desarrollarse más allá de los 40 metros, hechos que los diferencian de los arrecifes bordeantes típicos como los de Jamaica o Belice por ejemplo, son denominados como **Arrecifes de Plataforma** (Lara, 1989)

3.2.2 "El Cabezo"

El arrecife en estudio "El Cabezo", se localiza a los 19°03'55" de latitud Norte, y a los 96°01' de longitud Este. El eje mayor se encuentra orientado en sentido NW-SE con una longitud de 11.9 Km., y el eje menor orientado en sentido NE-SW con 3.2 Km de longitud (Mapa 2)





Mapa 2.

Arrecife "El Cabezo" (Punta Valiente)
Antón Lizardo, Veracruz
(visto por Barlovento)

De los arrecifes veracruzanos, éste es de los más alejados de la costa, y el de mayor dimensión. Los lugareños, dan un nombre específico para cada extremo del arrecife, denominando "Valiente" el extremo Noroeste, y "Cabezo" al extremo Sureste.

Lara (1989), describe la sección de Antón Lizardo en tres grupos de arrecifes coralinos. Dentro de ésta clasificación, considera al "Cabezo" en dos grupos diferentes: en el de los arrecifes más alejados de la costa (Punta Vallente y Centro de la estructura), por presentar un desarrollo continuo de las pendientes de Barlovento y Sotavento. Y al extremo Sureste (Punta del Aguila), lo considera incluido entre los que se caracterizan por presentar la pendiente de Sotavento con una inclinación muy suave y extensa, con numerosos bancos de arena entre los crecimientos coralinos que se dan de forma discontinua.

3.2.2.1 Zonación

La zonación del arrecife "Cabezo", es similar a la propuesta por Lara (1989) para Anegada de Afuera, que es el segundo arrecife en extensión de la sección de Antón Lizardo. Esta se da en 4 zonas y 9 subzonas:

I. COMUNIDAD ARRECIFAL DE SOTAVENTO:

Pendiente protegida. Baja energía del oleaje. Lluvia de sedimentos.

1. Platos de hexacorales (prof. 10-24 mts.)

Crecimientos planos de escleractinios entre bancos de arena. Esponjas masivas de crecimiento vertical.

2. Cementerio de *Acropora cervicornis* (prof. 3-15 mts.)

Matrz calcárea de restos de *A. cervicornis*. Crecimientos planos de hexacorales. Esponjas. Sustrato muy heterogeneo.

II. LAGUNA ARRECIFAL:

Somero, plano arenoso. Baja energía del oleaje. Sedimentación alta.

3. Transición de Sotavento (prof. 1-3 mts.)

Cabezos aislados de hexacorales entre bancos de arena.

4. Parches (prof. 1-2 mts.)

Camas de *Thalassia* sp., arena y roca. Zona de gasterópodos.

III. CRESTA ARRECIFAL

Somero, plano y rocoso. Pedacera gruesa. Alta energía del oleaje. Zona afectada por bajamares.

5. Arrecife posterior (prof. 0.5-1 mt.)

Erizos y algas. Pedacera gruesa.

6. Rompiente arrecifal (prof. 0-1 mt.)

Erizos y *Millepora* sp.

7. Transición de Barlovento (prof. 1-5 mts)

Zoanthus sp., *Palithoa* sp. y algas.

IV. ARRECIFE FRONTAL

Macizos y canales. Terrazas y pendientes.

B. Frontal Interior (prof. 3-15 mts.)

Terrazas y pendientes suaves. Inicio de macizos y canales. Zona de *Acropora palmata* ramificada y masiva. Crecimientos planos de hexacorales. Zona de bivalvos.

9. Frontal Exterior (prof. 10-40 mts.)

Montículos escarpados y afloramientos. Pendientes pronunciadas y cañones. Zona de *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans*. Crecimientos planos de hexacorales.

3.3 Clima e Hidrografía

3.3.1 Clima

El tipo de clima según Köppen modificado por García es AW2''(w)(f) tropical húmedo (o cálido subhúmedo) con lluvias en verano y secas intraestivales. Las mayores temperaturas se presentan en verano (28^o C) y en invierno las menores (22^o C), considerándose la mitad caliente del año de mayo a septiembre y la mitad fría del año de octubre a abril. La humedad promedio registrada en 50 años ha sido del 89^o/₁₀₀. La mayor precipitación depende de los vientos Alisios provenientes de la zona Ecuatorial y de los ciclones tropicales, por lo que se concentra en Verano y Otoño, sin embargo, también ocurren lluvias en invierno que están relacionadas con los vientos Nortes provenientes de la región Boreal.

El clima de Veracruz, puede sintetizarse en dos épocas del año:

- De mayo a agosto se marca un período cálido caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación entre junio, julio y agosto, con vientos débiles más o menos permanentes que soplan del Sureste (Vientos Alisios).

- De septiembre a abril se caracteriza por escasas precipitaciones, temperaturas ambientales templadas-cálidas y frecuentes invasiones de masas de aire provenientes del Polo Norte que pueden ser vientos frescos hasta violentos y huracanados, asociados a los vientos "Norte"

Esta influencia de los huracanes y los vientos norte (estos últimos en invierno), afectan a los organismos arrecifales además de producir una larga escala de erosión y transporte de sedimentos (Villalobos, 1971).

3.3.2 Hidrografía

Las dos secciones del Puerto de Veracruz, están separadas en la parte central de la bahía, por la influencia directa de los ríos Jamapa y Atoyac, los cuales desembocan en Boca del Río, teniendo un escurrimiento anual de 1,670 millones de metros cúbicos (Mapa 1).

Al Norte de la bahía, la descarga más importante es la del río La Antigua, con un volumen de 2,400 millones de metros cúbicos durante 1981.

Hacia el Sur el mayor efecto es causado por el Río Papaloapan en la Boca de la Laguna de Alvarado, con una descarga de 20,000 millones de metros cúbicos durante 1984, considerado como una de las principales corrientes fluviales del país y en razón de su volumen de agua, ocupa el segundo lugar en México después del sistema Grijalba-Usumacinta (Gutiérrez de Velasco y Prieto, 1985; SEDUE, 1985).

Debido a la descarga de estos ríos en temporadas de lluvias, el agua que rodea a los arrecifes se encuentra más turbia que en otras épocas del año, por lo que la visibilidad en la columna de agua se reduce a 1 ó 3 metros solamente (Krutak, 1980; SEDUE, 1985).

IV METODOLOGIA

4.1 De campo

El arrecife en estudio se muestreo en el verano y en el invierno de 1988.

Se empleo muestreo aleatorio estratificado (Loya, 1978) en las 4 zonas y 9 subzonas paralelas a la cresta arrecifal (eje menor) descritas por Lara (1989) para el arrecife "Anegada de Afuera", Anton Lizardo, Ver. Además, se hizo una división en 3 secciones perpendiculares a la cresta (eje mayor), estas son: Punta Valiente (extremo Noroeste del arrecife), el Centro (parte media), y Punta del Aguila (extremo Sureste). (Ver fig. 1).

En la primera campaña se tomaron datos del Barlovento y Cresta de Punta Valiente, y de la Laguna y Sotavento del Centro. Durante la segunda, del resto del arrecife.

4.1.1 Toma de información

La toma de información se realizó por medio de transectos según el método descrito por Loya (1972) y Porter (1972), las ventajas del método para este tipo de trabajo son discutidas por Loya (1978).

El transecto empleado fue una cadena de 20 mts. de longitud con un tamaño uniforme de eslabones (1.2 x 3 cm), de flotabilidad negativa, para ajustarse al contorno del sustrato, marcada cada metro para facilitar el conteo.

Los datos registrados fueron: La profundidad a la que se tomó la muestra, el número de colonias por especie que hacían contacto con el transecto, y el número de eslabones que tocaban la colonia.

La identificación de las especies se realizó "in situ", se tomó fotografía submarina de la mayoría de las especies, panorámicas de las zonas más representativas, y aéreas de la estructura arrecifal.

El muestreo se realizó mediante buceo libre en las partes someras del arrecife (CRESTA Y LAGUNA) y con buceo autónomo en las partes profundas (BARLOVENTO Y SOTAVENTO).

4.1.2 Tamaño de muestra y elección del área de muestreo.

En el muestreo estatificado el tamaño de muestra es independiente en cada estrato, de modo que se puede escoger el tamaño de muestra que se va a tomar de cualquier estrato, tomándose una muestra más grande en aquellos estratos que sean más variables. Esta libertad de selección nos da un margen para hacer un buen trabajo en aprovisionar recursos para el muestreo dentro de estratos. (Snedecor y Cochran, 1982).

Para definir el tamaño de muestra para cada zona o subzona, se emplearon datos de estudios realizados previamente en otros arrecifes del lugar (Biologías de Campo 1986, 1987), que ofrecen una idea del patrón general de zonación a lo largo del eje menor, y de la heterogeneidad de los estratos.

En el arrecife en estudio, se hicieron recorridos prospectivos en todas las zonas antes del muestreo formal para corroborar la zonación esperada y para caracterizar a *grosso modo* la extensión y heterogeneidad de los estratos.

CUADRO No. 1 TAMAÑO DE MUESTRA POR ESTRATOS

El cuadro contiene el número de transectos (20 mts) que se muestrearon en cada una de las subzonas de las tres secciones. Con *italicas* se muestra el total de transectos por zona para cada sección, y en *negritas*, el total por sección.

| ZONAS/Subzonas | S E C C I O N | | |
|---|---------------|-----------|-----------|
| | P. Valiente | Centro | P. Aguila |
| BARLOVENTO | | | |
| Arrecife Frontal Exterior | 5 | 3 | 8 |
| Arrecife Frontal Interior | 6 | 7 | 5 |
| Total por zona | 11 | 10 | 14 |
| CRESTA | | | |
| Transición Barlovento | 3 | 4 | 3 |
| Rompiente Arrecifal | 3 | 8 | 1 |
| Arrecife Posterior | 3 | 5 | 4 |
| Total por zona | 9 | 15 | 8 |
| LAGUNA | | | |
| Parches | 8 | 5 | 2 |
| Transición Sotavento | 3 | 2 | 4 |
| Total por zona | 9 | 7 | 6 |
| SOTAVENTO | | | |
| Cementerio de <i>A. oervecornis</i> | 2 | 4 | * |
| Platos de Hexacorales | 8 | 5 | * |
| Total por zona | 8 | 9 | |
| TOTAL POR SECCION | 37 | 41 | 28 |
| TOTAL POR ARRECIFE = 108 transectos = 2,120 mts muestreados | | | |
| * Sustrato arenoso. Se hizo una prospección, pero no se tiraron transectos. | | | |

Con base en la anterior estimación y en la disponibilidad de recursos tanto materiales como humanos, se trató de cubrir el mayor número de muestras en cada estrato. De tal modo, se tomaron 106 transectos en toda la estructura, lo que da un total de 2,120 mts muestreados. El tamaño de muestra por estratos, se presenta en el Cuadro no.1.

Para la identificación del área de muestreo, se definió previamente la sección y la subzona a muestrear con la ayuda de cartas batimétricas y fotografías aéreas. La sección se reconoció en campo mediante orientación con los faros de cada punta del arrecife. La subzona se identificó con una breve prospección (Glynn, 1976) para el reconocimiento de las características específicas de cada una, en lo que respecta a: tipo de sustrato, pendiente, profundidad y especies indicadoras.

4.2 Análisis de resultados

Se analizó la estructura comunitaria de corales escleractinios desde el punto de vista distribución espacial, abundancia y patrones de diversidad, considerando por separado la densidad y la cobertura.

Se revisó la distribución espacial en términos de los patrones de presencia-ausencia de las especies por estratos (eje menor).

La abundancia se evaluó mediante el análisis de la densidad y cobertura por estratos, cada una en dos formas. La primera, considerando los totales por subzonas, y la segunda considerando la abundancia de cada especie por subzona. Además se analizó la relación entre la abundancia y el número de especies para cada subzona en cada sección. (Inciso 5.1).

Se describe el patrón de diversidad, primero a lo largo del gradiente de profundidad (Inciso 5.2), y después por estratos, es decir tomando en cuenta la zonación del arrecife. (Inciso 5.3).

Los análisis mencionados se hicieron por separado para cada una de las tres secciones definidas en el arrecife (eje mayor), y las diferencias entre ellas se evalúan con pruebas estadísticas de análisis de varianza.

4.2.1 Bases y supuestos del análisis

4.2.1.1 Índices de diversidad

Para el presente estudio, se emplean tres diferentes índices, para prevenir posible pérdida de información. Tales son: el de la riqueza específica, el de Simpson y el de Shannon-Wiener.

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson, fueron calculados de 2 maneras: -considerando el número de colonias por especie (DENSIDAD), y - el número de eslabones por especie (COBERTURA). Este cálculo se hizo a 2 niveles: -por transectos y -por subzonas.

» - Índice de Simpson

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

Esto se define como:

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

donde:

n = número de individuos de la especie *i*

λ = Probabilidad de que dos individuos sean de la misma especie.

N = número de individuos totales en la muestra.

Si N es suficientemente grande, entonces:

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

Con el objeto de estandarizar el Índice de Simpson con los demás índices, Loya (1972) lo presenta como:

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

donde:

D_n = expresión revisada para el índice de Simpson.

Según Washington (1984), cuando el total de la comunidad no se conoce y el índice tiene que ser estimado en base a muestras, la equivalencia es:

$$D_n = 1 / \sum_{i=1}^S P_i^2$$

La equitabilidad se cuantifica en este caso como:

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

donde:

$$D_{max} = S$$

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

» - *Índice de Shannon-Wiener*

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

El índice de Shannon-Wiener se define como:

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

donde:

P_i = proporción de individuos de la especie i

S = número de especies.

Los valores de H oscilan entre cero y H_{max} definida como $\ln S$, que es igual a calcular H cuando el número de individuos es igual para todas las especies. Para estandarizar y poder comparar los valores de diversidad entre muestras se calcula

el valor de Equitabilidad que da idea de qué tan cerca está la diversidad observada de la máxima teórica para esa comunidad en particular.

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

Donde J = Equitabilidad de Shannon-Wiener

4.2.1.2 Análisis de varianza

El método de análisis de varianza fue desarrollado por Fisher en 1920.

El análisis de varianza, es una técnica mediante la cual la variación total presente en un conjunto de datos (el arrecife), se distribuye en varias componentes (las zonas, subzonas o las secciones). Con cada una de estas componentes está asociada una fuente específica de variación, de modo que en el análisis es posible averiguar la magnitud de las contribuciones a cada una de estas fuentes a la variación total (Daniel, 1974).

Antes de iniciar un experimento, el investigador puede identificar las fuentes de variación que considere importantes, y puede elegir un diseño que le permita medir la extensión de la contribución de esas fuentes a la variación total (Daniel, 1974).

En éste tipo de análisis, se plantea una hipótesis nula que supone que todos los grupos o estratos (componentes), son iguales.

A partir de esta suposición, se calcula la varianza que existe dentro de los grupos y la varianza que existe entre los grupos.

La varianza **dentro** de los grupos se calcula a partir de la suma de cuadrados dentro de los grupos, definida como la sumatoria de las desviaciones al cuadrado de cada dato respecto de su media en cada grupo. Esto es:

$$C M_{dentro} = S C_{dentro} / N - k$$

donde:

$C M_{dentro}$ = Varianza dentro de los grupos

$S C_{dentro}$ = Suma de cuadrados dentro de los grupos

$S C_{dentro} = \sum (x - \bar{x})^2$

x=dato

x_i = media del grupo i

$N-k$ = Grados de libertad dentro de los grupos, donde:

N = Número de datos totales

k = Número de grupos

La varianza **entre** los grupos se calcula a partir de la suma de cuadrados entre los grupos, definida como la sumatoria de las desviaciones al cuadrado de la media de cada grupo respecto de la media total, multiplicado por el tamaño del grupo. Esto es:

$$C M_{\text{entre}} = S C_{\text{entre}} / k - 1$$

donde:

$C M_{\text{entre}}$ = Varianza entre los grupos

$S C_{\text{entre}}$ = Suma de cuadrados entre los grupos

$$S C_{\text{entre}} = \sum (x_i - x_T)^2$$

x_i = media del grupo i

x_T = media total

$k-1$ = Grados de libertad entre los grupos, donde:

k = Número de grupos

Con estos datos se calcula la Razón de Varianza (R. V.), donde se compara los dos valores de varianza (C. M.) obtenidos, del modo:

$$R. V. = C M_{\text{entre}} / C M_{\text{dentro}}$$

De esta manera, si la R. V. = 1, las variaciones entre los grupos son iguales a las variaciones dentro de los grupos, por lo tanto las medias de cada grupo son significativamente iguales, y se acepta la Hipótesis nula.

Pero existen errores debidos al muestreo, los que nos darían una variación, por lo tanto, se emplea la prueba de F (Fisher), donde se compara el valor de la R. V. con el calculado por las tablas de F. Si el valor de la R. V. es mayor que el valor

crítico de F , se debe rechazar la H_0 , y se acepta la Hipótesis alternativa de que las medias de los grupos son diferentes entre sí.

V RESULTADOS

5.1 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

Para analizar las asociaciones de especies, se muestran los patrones de *distribución espacial, abundancia y riqueza específica* para las tres secciones.

Para la distribución espacial se consideró la presencia-ausencia de especies por subzona (Cuadro 2). La riqueza específica se muestra como el número de especies por subzona en cada sección (Fig. 2). Y la abundancia de escleractinios se analiza desde dos puntos de vista para cada sección. El primero es la DENSIDAD, refiriéndose al número de colonias encontradas por transecto (20 mts), (Figs. 1, 3 y 4). Y segundo, la COBERTURA, que se refiere al porcentaje de tejido vivo, es decir, el número de eslabones que por transecto hacían contacto con los organismos (Figs. 5, 6 y 7).

Estos dos tipos de parámetros usados para estimar la abundancia, muestran patrones similares a lo largo de eje menor, sin embargo, en el análisis por cobertura, se hace más evidente la dominancia de ciertas especies (Figs. 2, 3 y 6). Los patrones a lo largo del eje mayor muestran variaciones de abundancia específica entre las 3 secciones (Figs. 2, 3, 6, 4 y 7). Las diferencias se muestran a lo largo del eje mayor y menor del arrecife en cuanto a la distribución y composición específica. También se presenta un análisis de varianza para evaluar las diferencias entre la riqueza específica, la densidad y la cobertura para cada sección.

Se reportan 22 especies de corales escleractinios incluidas en 13 géneros para el arrecife "Cabezo". (Cuadro 2).

5.1.1 DENSIDAD

La densidad se analizó de 3 maneras. La primera es, la *densidad total por subzonas* (Fig. 1), donde se hizo un promedio del número de colonias de escleractinios que se encontraron por transecto para cada subzona, y así se hacen comparaciones dentro y entre las 3 secciones. Segundo, la *densidad específica por subzona* (Fig. 3), donde se muestra para cada especie, el número de colonias que presenta en cada una de las subzonas de las 3 secciones. Y por último la *relación de la densidad con el número de especies*. (Fig. 4).

CUADRO no. 2 PRESENCIA-AUSENCIA DE ESPECIES POR SUBZONA PARA CADA SECCION.

El cuadro muestra la zonación sobre el eje menor del arrecife. En cada subzona se señala con una flecha la sección en donde se encontró cada especie.

| | BARLOVENTO | | CRESTA | | | LAGUNA | | SOTAVENTO | | |
|-------------|------------|-----|--------|-----|-----|--------|------|-----------|-----|----|
| | AFE | AFI | T. B | ROM | POS | PAR | T. S | CEM | PLA | |
| 1. Ac.cerv | | ← | ← | ← | | | ←↑ | ←↑ | | |
| 2. Ac.palm | ↑ | ←↑→ | ↑→ | ← | | | → | | | |
| 3. Ag.agar | ↑ | ←↑→ | | | | | ← | ←↑ | ← | |
| 4. Ag.frag | | ↑→ | | | | | | | ←↑ | |
| 5. Ag.lama | | ↑ | | | | | | | | |
| 6. Co.brev | ← | ↑ | | | | | | ← | | |
| 7. Co.nata | ←↑→ | ←↑→ | ↑ | | | | | ←↑ | ←↑ | |
| 8. Di.cliv | ←→ | ←↑ | ←↑ | ↑ | ↑→ | ←↑ | ←→ | ↑ | | |
| 9. Di.laby | ↑→ | ↑ | | | | | ↑→ | ↑ | ↑ | |
| 10. Di.stri | ←↑→ | ←↑→ | ←→ | ← | | ← | ↑→ | ↑ | | |
| 11. Ma.deca | ←→ | ←↑→ | | | | ← | → | ↑ | ↑ | |
| 12. Me.mean | ↑→ | | | | | ↑ | | ← | ← | |
| 13. Mi.lama | → | | | | | | | ← | | |
| 14. Mo.annu | ←↑→ | ←↑→ | ↑ | ↑ | | | → | ←↑ | ←↑ | |
| 15. Mo.cave | ←↑→ | ←↑ | | | | | ↑→ | ←↑ | ←↑ | |
| 16. Po.astr | ↑→ | ← | | ↑ | ↑→ | ←↑ | → | ↑ | ←↑ | |
| 17. Po.pori | ← | ← | ← | | | ←↑→ | ← | ←↑ | ←↑ | |
| 18. Sc.lace | → | | | | | | | ↑ | ← | |
| 19. Si.side | ←↑→ | ←↑→ | | ←↑ | ←↑ | ←↑ | | ↑ | ←↑ | |
| 20. Si.radi | ←↑→ | ←↑→ | | ↑ | ←↑→ | ←↑→ | ←↑→ | ↑ | ↑ | |
| 21. Sole sp | → | | | | | | | | | |
| 22. St.mich | ← | | | | | | | | | |
| TOTALES; | ← | 11 | 13 | 4 | 4 | 2 | 7 | 5 | 9 | 10 |
| | ↑ | 11 | 14 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 | 14 | 10 |
| | → | 14 | 9 | 2 | 0 | 3 | 2 | 9 | 0 | 0 |

5.1.1.1 Densidad total por subzonas

* - Eje menor

Los patrones de densidad a lo largo del eje menor del arrecife son muy parecidos en las tres secciones, se observa una tendencia de alta densidad en las zonas de Barlovento y Sotavento (zonas profundas y de pendiente) (Fig. 1), siendo mayores

Fig. 1. Densidad total por subzonas

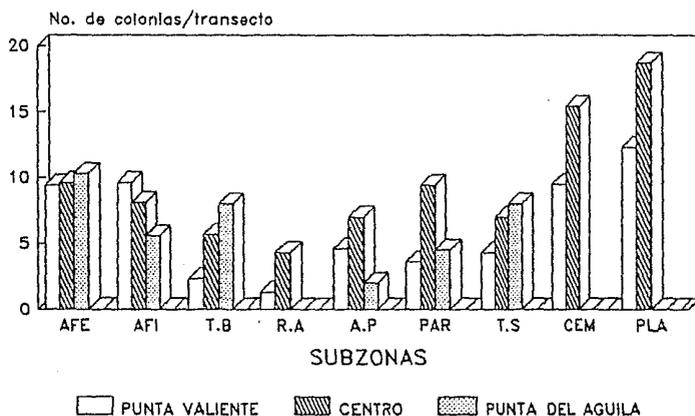


Fig. 1. DENSIDAD TOTAL POR SUBZONAS.

Para las tres secciones, se compara el promedio del número de colonias/transecto (eje y) en cada subzona (eje x).

aún en ésta última zona (excepto en Punta del Aguila que no presenta escleractinios en esta región).

En contraste, las subzonas someras y planas (Rompiente, Arrecife Posterior y Parches) presentan densidades menores, y es la subzona de Rompiente, la que en las 3 secciones presenta la menor densidad.

Las subzonas de transición (transición Barlovento y transición Sotavento) presentan patrones distintos por sección, en Punta Valiente tienen densidades bajas (menores a 5 colonias cada 20 mts.), aumentan en el Centro (hasta 7 colonias), y son más altas en Punta del Aguila (cercasas a 10).

» - Eje mayor

Haciendo comparaciones a lo largo del eje mayor, es decir, entre las secciones, las subzonas del Centro presentan densidades más altas que las otras dos, siendo la subzona de Platos de ésta sección la región más densamente poblada de todo el arrecife (casi 20 colonias por transecto).

Analizando las subzonas más densamente pobladas de cada sección, se observa que en Punta Valiente las densidades más altas se localizan en las dos pendientes, donde cada subzona tienen cerca de 15 colonias por transecto; en el Centro es únicamente la pendiente del Sotavento la que presenta mayor densidad, con casi 20 colonias; y en Punta del Aguila son la subzona de A.F.E. junto con las de Transición, con aproximadamente 10 colonias en cada una.

El análisis de varianza para evaluar las diferencias en densidad entre las tres secciones, emplea el número de colonias como variable de respuesta. La H_0 de igualdad entre los estratos de las tres secciones, se rechaza para la zona de Sotavento, por lo que al aceptarse la hipótesis alternativa, resulta que la zona de Sotavento de las tres secciones del "Cabezo" muestra diferencias significativas en densidad, con un 99% de confianza (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para la DENSIDAD

Se muestran por subzonas los resultados del análisis de varianza para evaluar las diferencias entre las tres secciones, en lo que a DENSIDAD se refiere.

SC = Suma de cuadrados (T = total, D = dentro de los estratos, E = entre los estratos); CM = Cuadrado medio o Varianza (D = dentro de los estratos, E = Entre los estratos); R.V = Razón de varianza ó F observada; F = Valor de la prueba de F ó F teórica al 99% de confianza; g.l. = grados de libertad.

Tabla 1. Análisis de varianza para la DENSIDAD

| | | | |
|-------------|------------|------------|-------------|
| BARLOVENTO | | | |
| SCT= 740.7 | g. l. = 34 | | |
| SCD= 734.3 | g. l. = 32 | CHD= 22.9 | R. V= 0.13 |
| SCE= 6.4 | g. l. = 2 | CHE= 3.2 | F= (3.32) |
| CRESTA | | | |
| SCT= 495.7 | g. l. = 31 | | |
| SCD= 449.1 | g. l. = 29 | CHD= 15.5 | R. V= 1.50 |
| SCE= 46.5 | g. l. = 2 | CHE= 23.3 | F= (3.33) |
| LAGUNA | | | |
| SCT= 481.8 | g. l. = 21 | | |
| SCD= 387.2 | g. l. = 19 | CHD= 19.3 | R. V= 2.45 |
| SCE= 94.7 | g. l. = 2 | CHE= 47.4 | F= (3.52) |
| SOTAVENTO | | | |
| SCT= 1278.8 | g. l. = 21 | | |
| SCD= 358.8 | g. l. = 18 | CHD= 18.9 | R. V= 24.38 |
| SCE= 919.8 | g. l. = 2 | CHE= 459.9 | F= (3.74) |

5.1.1.2 Densidad específica por subzonas

Las 3 secciones muestran patrones distintos de composición y de abundancia específica desde el punto de vista de la densidad (Fig. 3). Estas diferencias se analizan cualitativamente en base al patrón de asociación de especies encontrado. Para analizar las diferencias de riqueza específica entre las secciones, se emplea un análisis de varianza, usando el número de especies como variable de respuesta.

» - Eje menor

- Punta Vallente:

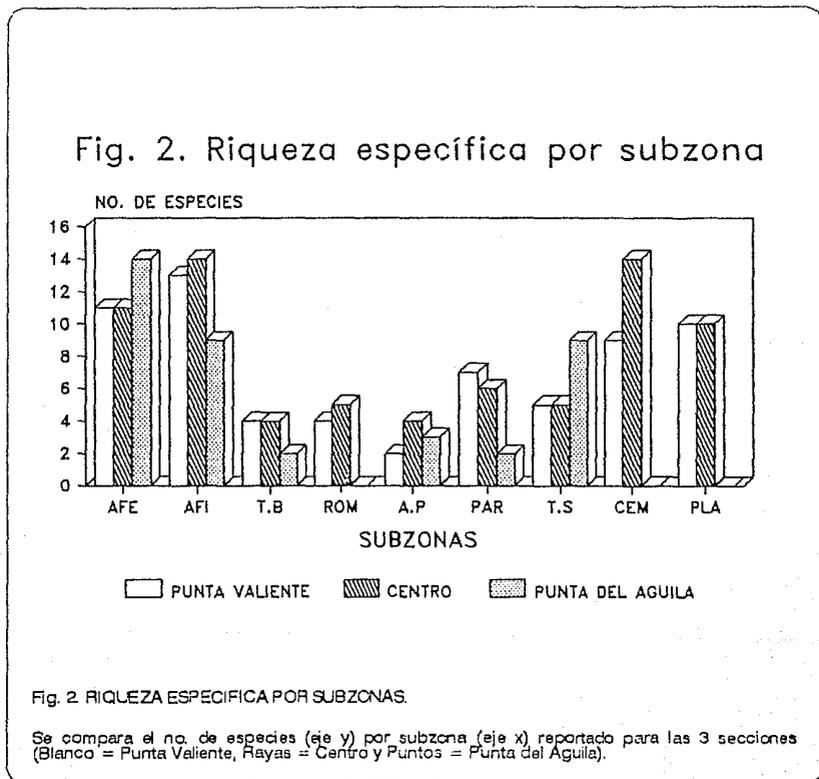
En ésta sección, las dos zonas de pendiente (Barlovento y Sotavento) presentan riqueza específica elevada en comparación con las someras (Cresta y Laguna) donde es baja. (Fig. 2)

La composición específica es similar entre las dos pendientes (Cuadro 2 y Fig. 3), encontrándose especies de los géneros *Acropora*, *Colpophyllia*, *Montastrea*, *Porites* y *Siderastrea*. De éstas, *Montastrea annularis*, *M. cavernosa* y *Colpophyllia natans* son exclusivas de estas zonas, ya que es el único lugar de la sección donde se encuentran. El género *Agaricia* y la especie *Micetophyllia lamarckiana* se encuentran solo en la pendiente protegida (Sotavento) y especies del género *Diploria* en la expuesta (Barlovento).

A pesar de un patrón similar de composición específica en las dos zonas de pendiente, la riqueza específica y la abundancia difieren ligeramente entre ambas (Figs. 1 y 2). Así, las subzonas del Barlovento tienen mayor número de especies que el Sotavento (Fig. 2), y la abundancia específica es más uniforme, es decir, las especies tienen densidades parecidas, lo que implica que no hay dominancia de alguna especie (Fig. 3a). En contraste, *Montastrea annularis* domina fuertemente en la pendiente de Sotavento.

Existen especies que son comunes en todas las zonas de la sección, estas son las de los géneros *Siderastrea* y *Porites*. Estos géneros son característicos de las zonas someras, donde presentan mayor densidad. De hecho, en la subzona de Posterior, *Siderastrea* es el único género presente y tiene una alta densidad (Fig. 3a).

De éstas zonas someras, la subzona de Parches es la que tiene la riqueza específica más alta (Fig. 2), puesto que además de los géneros mencionados, se encontró *Dipoloria*.



En las zonas de transición, *Acropora cervicornis*, *Porites porites* y el género *Diploira* se encuentran presentes con bajas densidades.

- Centro:

En general, las subzonas de ésta sección tienen los valores de riqueza específica y densidad más altos de toda la estructura arrecifal (Figs. 1 y 2).

Fig. 3. DENSIDAD ESPECIFICA POR SUBZONAS

-3a. Punta Valiente, -3b. Centro y -3c. Punta Valiente.

ESPECIES (eje x):

1. *Acropora palmata*
2. *Acropora cervicornis*
3. *Agaricia agaricoides*
4. *Agaricia fragilis*
5. *Agaricia lamarckii*
6. *Colpophyllia breviserialis*
7. *Colpophyllia natans*
8. *Diploria cilivosa*
9. *Diploria labyrinthiformis*
10. *Diploria strigosa*
11. *Madracis decactis*

12. *Meandriana meandrites*

13. *Micetophyllia lamarckiana*
14. *Montastrea annularis*
15. *Montastrea cavernosa*
16. *Porites astreoides*
17. *Porites porites*
18. *Scolymia lacera*
19. *Siderastrea siderea*
20. *Siderastrea radiana*
21. *Solenastrea* sp.
22. *Stephanocoenia michelinii*

SUBZONAS (eje z)

1. Arrecife Frontal Exterior
2. Arrecife Frontal Interior
3. Transición Barlovento
4. Rompiente arrecifal
5. Arrecife Posterior
6. Parches
7. Transición Barlovento
8. Cementerio de *A. cervicornis*
9. Platos de Hexacortales

Fig. 3a. PUNTA VALIENTE

DENSIDAD ESPECIFICA

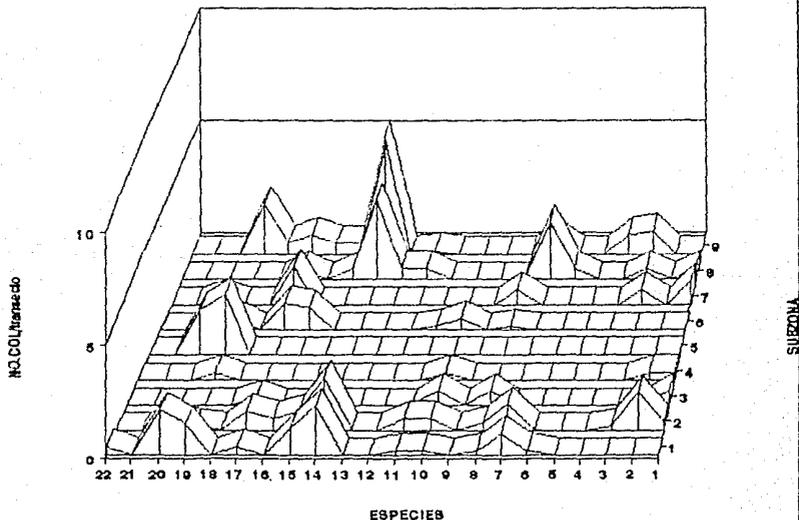


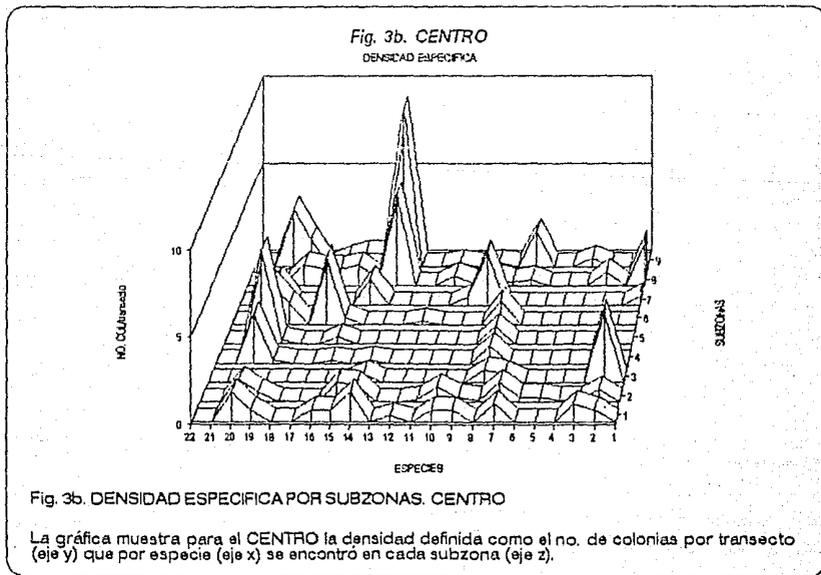
Fig. 3a. DENSIDAD ESPECIFICA POR SUBZONAS, PUNTA VALIENTE

La gráfica muestra para PUNTA VALIENTE la densidad definida como el no. de colonias por transecto (eje y) que por especie (eje x) se encontró en cada subzona (eje z).

En las regiones de pendiente, se encuentra un patrón de composición específica similar al de Punta Valiente; sin embargo, los géneros *Diploria* y *Agaricia*, que en la sección comentada se localizan solo en una de las dos pendientes, en ésta sección aparecen en ambas. En el Barlovento la abundancia de las especies es homogénea (Fig. 3b). En el Sotavento también domina *M. annularis* (al igual que en Punta Valiente), pero su dominancia es mucho más marcada, encontrándose en la subzona de Platos de hexacorales de esta sección los mayores valores de densidad de todo el arrecife (cerca de 10 colonias de ésta especie por transecto). En ésta sección, *M. annularis* se distribuye en un mayor número de zonas, encontrándose además de en las zonas de pendiente, en las dos subzonas de Transición, e incluso en la Rompiente.

Otro género abundante es *Siderastrea*, encontrándose en todas las zonas de esta sección, siendo más abundante *S. radians* que *S. siderea* sobre todo en las partes someras.

El género *Diploria* se encuentra distribuido en todas las subzonas. En las partes profundas, están presentes las tres especies del género, pero en las someras solo se encuentran representantes de *D. clavosa*.



El género *Porites* es abundante en la parte del Sotavento, y alcanza cierta dominancia en la subzona de Parches. Esta subzona se caracteriza, por *Siderastrea* y *Diploria* además del género mencionado. Por ello, comparando las regiones someras, los Parches es la subzona de mayor densidad (Fig. 1) y un alto número de especies (Fig. 2). *Acropora palmata* se localiza en la zona de Barlovento, siendo abundante en la Transición hacia esa zona. Por el contrario, *A. cervicornis* es abundante en la subzona de Cementerio y aparece en la Transición sotavento (Fig. 3b).

» - Punta del Aguila:

En este extremo del arrecife no se encontró sustrato duro en la zona de Sotavento, por lo que no hay crecimiento de corales escleractinios en esta zona. (Fig. 2).

La riqueza específica en las subzonas de esta sección son las más bajas del arrecife, excepto en la Transición sotavento y el AFE donde son considerablemente mayores (Fig. 2).

En comparación con las otras dos secciones, se observa que en general disminuye el número de colonias, pero las densidades de las transiciones son más elevadas (Fig. 3). De hecho, la especie con mayor número de colonias en ésta sección es *Apalmata* en la Transición Barlovento, y el género *Diploria* incrementa su densidad en la Transición Sotavento (Fig. 3c).

En comparación con Punta Vallente disminuye la abundancia de *Porites* y de *Siderastrea siderea* encontrándose esta última solo en la subzona del AFE.

El análisis de varianza utilizado para evaluar las diferencias en riqueza específica entre las tres secciones, emplea el número de especies como variable de respuesta. La Ho de igualdad entre los estratos de las tres secciones, se rechaza para la zona de Sotavento, por lo que al aceptarse la hipótesis alternativa, resulta que la zona de Sotavento de las tres secciones del "Cabezo" muestra diferencias significativas en riqueza específica, con un 99% de confianza (Tabla 2)

» - Eje mayor

En general para las 3 secciones se puede decir que las zonas de pendiente tienen los valores de riqueza específica y densidad más altos (Figs. 2 y 3). Las zonas planas y someras tienen pocas especies con bajo número de colonias.

Fig. 3c. PUNTA DEL AGUILA
DENSIDAD ESPECIFICA

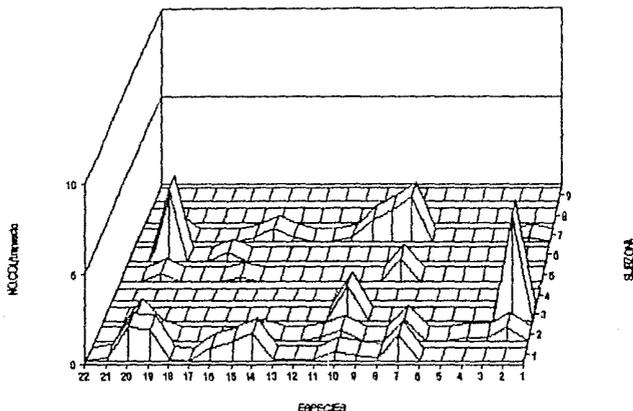


Fig. 3c. DENSIDAD ESPECIFICA POR SUBZONAS. PUNTA DEL AGUILA

La gráfica muestra para PUNTA DEL AGUILA la densidad definida como el no. de colonias por transecto (eje y) que por especie (eje x) se encontró en cada subzona (eje z).

Tabla 2. Análisis de varianza para la RIQUEZA ESPECIFICA

Se muestran por subzonas los resultados del análisis de varianza para evaluar las diferencias entre las tres secciones, en lo que a RIQUEZA ESPECIFICA se refiere.

SC = Suma de cuadrados (T = total, D = dentro de los estratos, E = entre los estratos); CM = Cuadrado medio o Varianza (D = dentro de los estratos, E = Entre los estratos); R.V = Razón de varianza o F observada; F = Valor de la prueba de F o F teórica al 95% de confianza; g.l. = grados de libertad.

Tabla 2. Análisis de varianza para la RIQUEZA ESPECIFICA

| BARLOVENTO | | | | | |
|------------|-------|------------|------|------|-------------|
| SCT= | 88.2 | g. l. = 34 | CHD= | 2.5 | R. V= 0.58 |
| SCD= | 85.0 | g. l. = 32 | CHB= | 1.5 | F= (3.32) |
| SCB= | 3.1 | g. l. = 2 | | | |
| CRBSTA | | | | | |
| SCT= | 24.8 | g. l. = 31 | CHD= | 0.8 | R. V= 1.88 |
| SCD= | 22.0 | g. l. = 28 | CHB= | 1.4 | F= (3.33) |
| SCB= | 2.8 | g. l. = 2 | | | |
| LAGUNA | | | | | |
| SCT= | 71.3 | g. l. = 21 | CHD= | 3.5 | R. V= 0.81 |
| SCD= | 81.7 | g. l. = 18 | CHB= | 2.8 | F= (3.52) |
| SCB= | 5.6 | g. l. = 2 | | | |
| SOTAVENTO | | | | | |
| SCT= | 158.8 | g. l. = 21 | CHD= | 1.5 | R. V= 42.88 |
| SCD= | 28.43 | g. l. = 18 | CHB= | 84.2 | F= (3.74) |
| SCB= | 128.3 | g. l. = 2 | | | |

El Barlovento de las 3 secciones es muy similar en cuanto a composición específica y densidad (Cuadro 2 y Fig. 3). En comparación con el Sotavento, tiene mayor número de especies (Fig. 2), sin dominancia marcada de alguna especie (Fig. 3).

Por el contrario, el Sotavento presenta una marcada dominancia de *Montastrea annularis*. En Punta Valiente, ésta especie se distribuye únicamente en las zonas profundas. En el Centro su dominancia es muy marcada, encontrándose en 7 subzonas. Y en Punta del Aguila *M. annularis* no es dominante, distribuyéndose únicamente en el Barlovento y Transición Sotavento (Fig. 3).

El Sotavento de Punta del Aguila no tiene corales escleractinios, y las transiciones presentan mayores densidades que en las otras secciones (Fig. 2), dominando el género *Diploria* en la Transición de sotavento y *Acropora palmata* en la de Barlovento. Esta especie, tiene baja densidad en Punta Valiente, aumenta en el Centro y domina en Punta del Aguila, se encuentra preferentemente en la región de Barlovento, mientras que *A. cervicornis* en la del Sotavento (Fig. 3).

El género *Diploria* muestra un patrón similar al de *A. palmata*, excepto que en la transición sotavento de Punta del Aguila es dominante.

Los géneros *Porites* y *Siderastrea* tienen distribución semejante en las 3 secciones, pero su abundancia disminuye de Punta Valiente hacia Punta del Aguila, donde *S. siderea* solo se encuentra en el Arrecife Frontal Exterior. De modo similar, el género *Agaricia* tiene mayor número de colonias en Punta Valiente, menos en el Centro y es casi ausente en Punta del Aguila.

5.1.1.3 Relación entre Densidad y el número de especies

La relación entre éstos dos parámetros es analizada a través de una gráfica donde se relaciona la densidad (eje y) con el número de especies (eje x) encontrados en cada subzona, (Lara, M. 1989).

Este análisis permite asociar gráficamente sitios (zonas o subzonas) similares en lo que respecta a densidad (o cobertura) y riqueza específica.

Las gráficas de la Fig. 4 muestran que las agrupaciones más evidentes, son las de las partes profundas y las de las someras (En la gráfica se dividen mediante

una línea diagonal). Las partes profundas tienen densidad y riqueza específica mayores que las someras en las secciones de Punta Valiente y del Centro.

En estas dos secciones se observa además, que se encuentran asociadas las subzonas de la misma zona (Fig. 4).

Fig. 4a. Punta Valiente

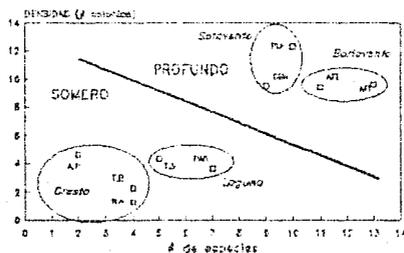


Fig. 4b. Centro

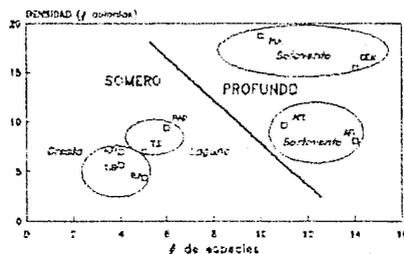


Fig. 4c. Punta del Águila

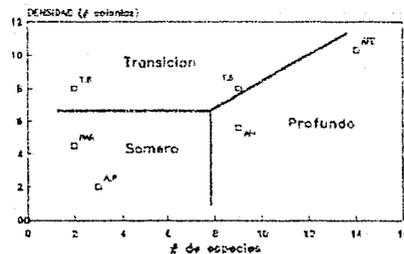


Fig. 4. DENSIDAD vs. RIQUEZA ESPECÍFICA. Para cada sección (a) Punta Valiente, (b) Centro, (c) Punta del Águila, se muestra la relación entre la densidad (eje y) y la riqueza específica (eje x) encontrada por subzona. Cada subzona queda representada por un punto en la gráfica. Se marcan las agrupaciones de subzonas semejantes con círculos, y las líneas separan las subzonas de diferente profundidad.

Analizando las zonas profundas, el Barlovento de Punta Valiente, tiene mayor número de especies y menor densidad que el Sotavento, a diferencia del Centro, donde ambos valores son más bajos en la zona del Barlovento.

De las zonas someras, la cresta es la que tiene menor densidad y riqueza específica.

En Punta del Aguilá, el patrón es diferente. Las asociaciones que se pueden distinguir son: las regiones profundas, las de transición y las someras. En ésta sección, el Barlovento tiene el mayor número de especies, y junto con las transiciones, las densidades más altas. Las partes planas tienen éstos dos valores bajos.

5.1.2 COBERTURA

En el análisis de cobertura, se contempla: la *cobertura total por subzonas* definida como el porcentaje de tejido vivo en cada una (Fig. 5); la *cobertura específica por subzona*, refiriéndose al porcentaje de tejido vivo para cada especie (Fig. 6); y por último, su *relación con el número de especies* (Fig. 7).

Fig 5. Cobertura total por subzonas

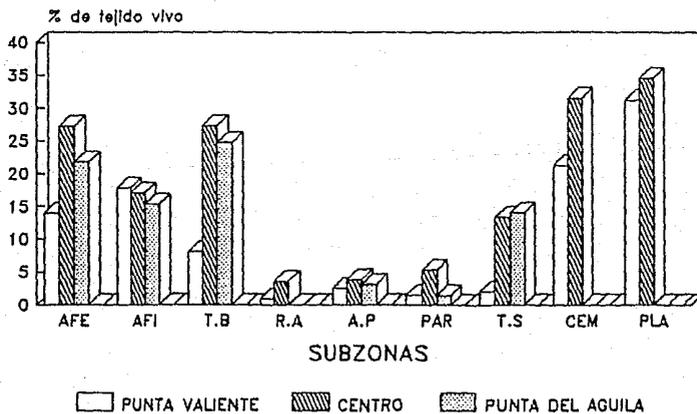


Fig. 5. COBERTURA TOTAL POR SUBZONAS.

Para las tres secciones, se compara el porcentaje de tejido vivo (eje y) en cada subzona (eje x).

5.1.2.1 Cobertura total por subzonas

» - Eje menor

A lo largo del eje menor, es decir entre subzonas, se observa que las regiones de pendiente y las dos transiciones son las que tienen mayor cobertura (alrededor del 30 % de tejido vivo por transecto) (Fig. no.5). Las zonas planas y someras (Rompiente, Arrecife Posterior y Parches), tienen una cobertura considerablemente menor (no rebasan el 5 %).

El lugar donde se encuentra el mayor porcentaje de tejido vivo de toda la estructura es la subzona de platos de Punta Valiente, teniendo un promedio de 35 % de tejido vivo por transecto.

» - Eje mayor

Analizando el eje mayor (entre secciones), se observa que Punta Valiente presenta la mayor cobertura en la pendiente de Sotavento (alcanzando entre 25 y 35 % de tejido vivo para cada subzona). En contraste, la sección del Centro presenta mayor cobertura en el Barlovento (entre 20 y 30 %) y Punta del Aguila, en la Transición Barlovento (casi 30 %) (Fig. 5).

La subzona de Transición barlovento en todas las secciones, tiene mayor cobertura que la de sotavento. Estas subzonas presentan porcentajes de tejido vivo bajos en Punta Valiente, donde no rebasa el 10 % en cada una, y altas en las secciones del Centro y Punta del Aguila, acercándose al 20 % en la Transición de sotavento, y alcanzando el 30 % en la de barlovento (Fig. 5).

El análisis de varianza empleado para evaluar las diferencias en cobertura entre las tres secciones, emplea el número de eslabones como variable de respuesta. La Ho de igualdad entre los estratos de las tres secciones, se rechaza para la zona de la Laguna y del Sotavento, por lo que al aceptarse la hipótesis alternativa, resulta que la Laguna y el Sotavento de las tres secciones del "Cabezo" muestran diferencias significativas en cobertura, con un 99% de confianza (Tabla 3)

Tabla 3 Análisis de varianza para la COBERTURA. Se muestran por subzonas los resultados del análisis de varianza para evaluar las diferencias entre las tres secciones, en lo que a COBERTURA se refiere. SC = Suma de cuadrados (T= total, D= dentro de los estratos, E= entre los estratos); CM = Cuadrado medio o Varianza (D = dentro de los estratos, E = Entre los estratos); R.V = Razon de varianza o F observada; F = Valor de la prueba de F o F teorica al 99% de confianza; g.l. = grados de libertad.

Tabla 3. Análisis de varianza para la COBERTURA

| BARLOVENTO | | | | | |
|-------------|------------|--------------|------------|--|--|
| SCT= 178785 | g. l. = 34 | | | | |
| SCD= 175184 | g. l. = 32 | CMD= 5473.8 | R. V= 0.42 | | |
| SCR= 4820 | g. l. = 2 | CME= 2310.1 | F= (3.32) | | |
| CRESTA | | | | | |
| SCT= 238855 | g. l. = 31 | | | | |
| SCD= 225141 | g. l. = 28 | CMD= 7780.0 | R. V= 0.78 | | |
| SCR= 11814 | g. l. = 2 | CME= 5808.8 | F= (3.33) | | |
| LAGUNA | | | | | |
| SCT= 48142 | g. l. = 21 | | | | |
| SCD= 31288 | g. l. = 18 | CMD= 1848.8 | R. V= 5.42 | | |
| SCR= 17852 | g. l. = 2 | CME= 8828.5 | F= (3.52) | | |
| SOTAVENTO | | | | | |
| SCT= 448188 | g. l. = 21 | | | | |
| SCD= 282232 | g. l. = 18 | CMD= 14854.4 | R. V= 5.52 | | |
| SCR= 183888 | g. l. = 2 | CME= 81883.1 | F= (3.74) | | |

5.1.2.2 Cobertura específica por subzonas

Los patrones de cobertura muestran dominancias muy marcadas (Fig. 6). En Punta Valiente es *Montastrea annularis*; en el Centro *M. annularis* y *Acropora palmata*, y en Punta del Aguila *Acropora palmata*. Las demás especies contribuyen poco a la cobertura aunque por densidad sean importantes. Las diferencias entre secciones se analizan cualitativamente.

- Punta Valiente:

El porcentaje de tejido vivo más alto está en las regiones profundas, y la mayor contribución se debe a la dominancia de *M. annularis* en el Sotavento, a diferencia del Barlovento donde la cobertura se reparte homogéneamente entre las especies presentes (Fig. 6a). Los géneros *Colpophyllia* y *Siderastrea* tienen cierta importancia en la cobertura debido a que presentan densidades altas. En el Sotavento *Agaricia fragilis* tiene mayor cobertura que *A. agaricites*.

Las partes someras tienen muy baja cobertura, e incluso *Siderastrea* que presentan altas densidades, tienen porcentajes de tejido vivo bajos.

Fig. 6. COBERTURA ESPECIFICA POR SUBZONAS

-3a. Punta Valiente, -3b. Centro y -3c. Punta Valiente.

ESPECIES (eje x):

1. *Acropora palmata*
2. *Acropora cervicornis*
3. *Agaricia agaricites*
4. *Agaricia fragilis*
5. *Agaricia tamarcki*
6. *Colpophyllia breviseriella*
7. *Colpophyllia natans*
8. *Diploria clivosa*
9. *Diploria labyrinthiformis*
10. *Diploria strigosa*
11. *Nardaxia decactia*

12. *Meandriana meandrites*

13. *Micethophyllia lemarckiana*
14. *Montastrea annularis*
15. *Montastrea cavernosa*
16. *Porites astreoides*
17. *Porites porites*
18. *Scolymia lacera*
19. *Siderastrea sideraea*
20. *Siderastrea radicans*
21. *Solenastrea* sp.
22. *Stephanocoenia michelinii*

SUBZONAS (eje z)

1. Arrecife Frontal Exterior
2. Arrecife Frontal Interior
3. Transición Barlovento
4. Rompiente arrecifal
5. Arrecife Posterior
6. Pasos
7. Transición Barlovento
8. Cementerio de *A. cervicornis*
9. Platos de Hexacorales

Fig. 6a. PUNTA VALIENTE

COBERTURA ESPECIFICA

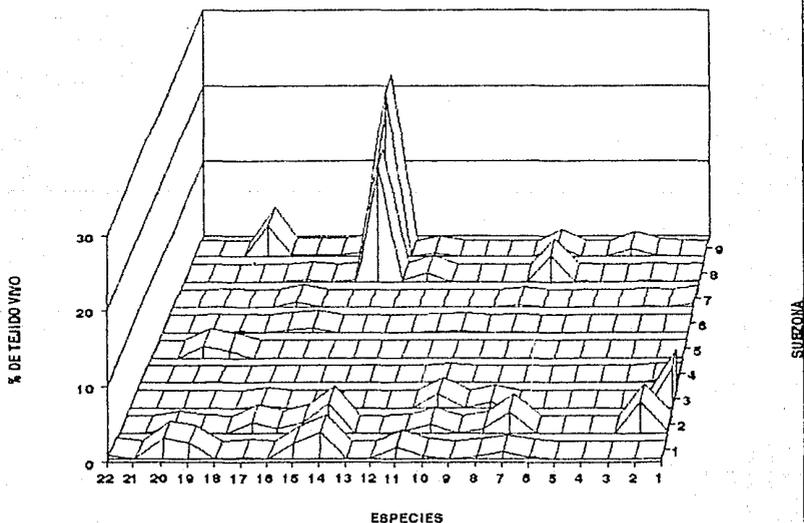


Fig. 6a. COBERTURA ESPECIFICA POR SUBZONAS. PUNTA VALIENTE

La gráfica muestra para PUNTA VALIENTE el porcentaje de tejido vivo de coral (eje y) que por especie (eje x) se encontró en cada subzona (eje z).

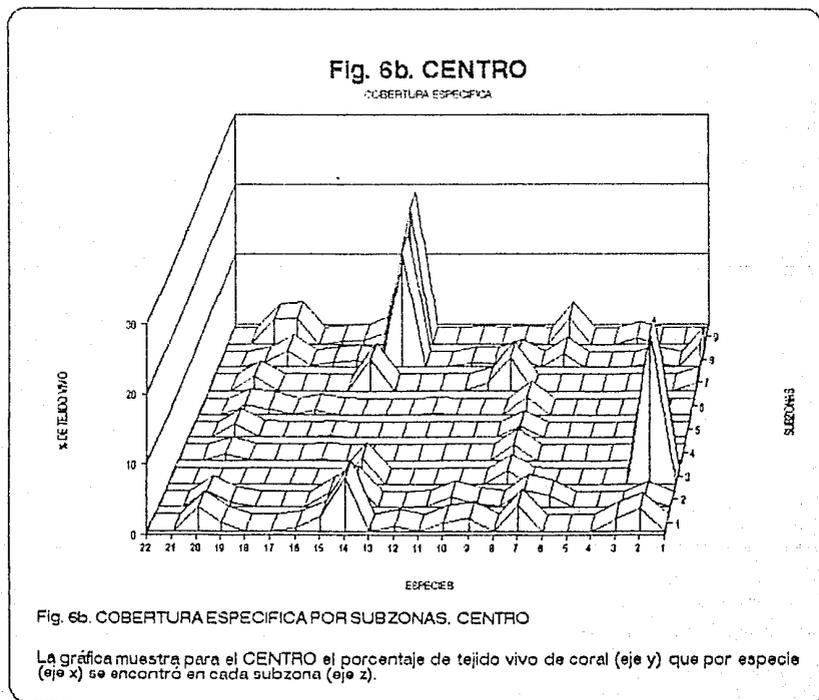
- Centro:

En esta sección la cobertura de las especies es mayor, principalmente en las regiones de pendiente (Fig. no.6b).

Hay dos especies que dominan en la misma proporción, estas son *Acropora palmata* en la transición Barlovento y *Montastrea annularis* en las dos subzonas del Sotavento.

En el Barlovento la cobertura es homogénea, es decir no hay alguna especie que tenga dominancia del sustrato.

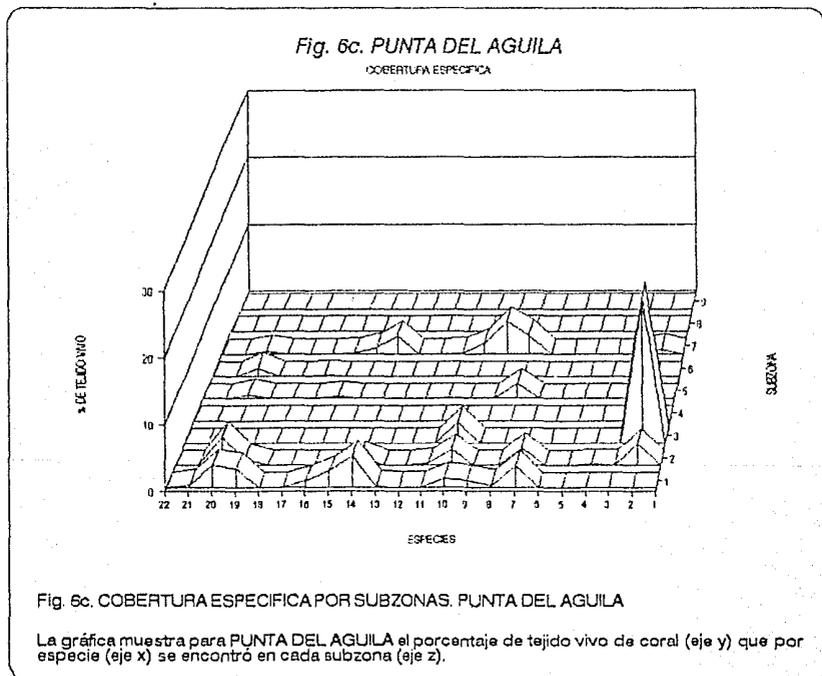
En las partes someras, los géneros *Siderastrea* y *Colpophyllia* presentan mayores porcentajes de tejido vivo que en las otras secciones.



- Punta del Aguila:

El Barlovento es similar al de las otras secciones. La especie con mayor cobertura es *Acropora palmata* en la Transición barlovento (Fig. 6c), y el género *Diploria* alcanza porcentajes de tejido vivo altos en la Transición sotavento.

Las zonas someras presentan coberturas bajas a pesar de que las densidades son altas.



5.1.2.3 Relación entre Cobertura y el número de especies.

En general, se observa el mismo patrón que para el número de colonias. En el Centro, no se distingue la agrupación de subzonas pertenecientes a la misma zona, sino que más bien se observa una diferencia entre las partes profundas, las someras y las de transición, como sucede en Punta del Aguila.

Comparando la abundancia por densidad y por cobertura en las 3 secciones, se observan dominancias de algunas especies en cuanto al número de colonias, pero estas se hacen muy marcadas en el patrón por cobertura (ver todas las Figuras).

El Centro es la sección que en general tiene la mayor riqueza específica, densidad y cobertura (ver todas las Figuras) de todo el arrecife.

Son dos las especies más abundantes en toda la estructura en cuanto a densidad y cobertura se refiere, por un lado *M. annularis* en el Sotavento de las secciones Punta Valiente y Centro, y por otro, *A. palmata* en el Centro y Punta del Aguila.

Las partes profundas y de pendiente tienen las densidades, riqueza específica y coberturas más altas, con respecto a los sitios someros y planos.

El Barlovento es similar en las 3 secciones, en lo que a riqueza específica, distribución y abundancia se refiere (ver todas las Figuras y Cuadro 2).

Las zonas de transición de las tres secciones son distintas entre sí. En Punta Valiente las densidades y cobertura son bajas. En el Centro incrementan, donde *Acropora palmata* tiene amplia cobertura y el género *Diploria* tiene mayor contribución tanto en densidad como en cobertura. En Punta del Aguila los valores son más elevados y en la Transición barlovento se encuentra la especie más importante en cuanto a densidad y cobertura (*A. palmata*) de todo el arrecife, es aquí donde el género *Diploria* tiene su máxima cobertura y densidad.

Las zonas planas están caracterizadas por altas densidades de géneros *Siderastrea*, *Porites* y *Diploria* con bajas coberturas, en general son más abundantes en el Centro, después en Punta Valiente y menos en Punta del Aguila.

Fig. 7a. Punta Vallente

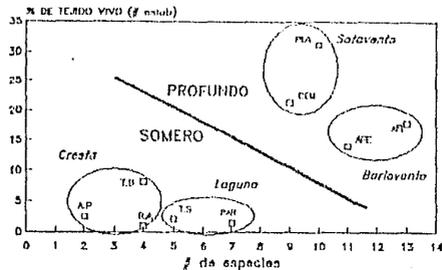


Fig 7b. Centro

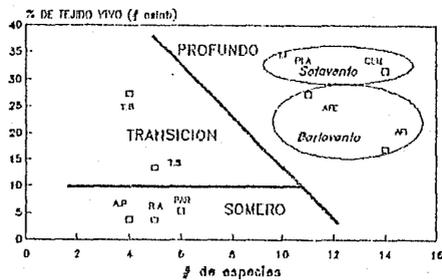


Fig. 7c. Punta del Aguila

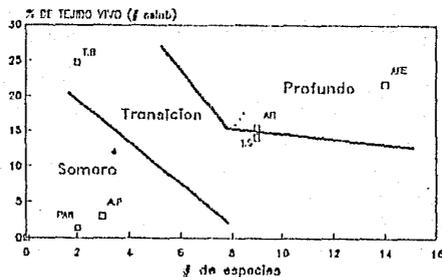


Fig. 7. COBERTURA vs. RIQUEZA ESPECIFICA.

Para cada sección (a) Punta Vallente, b) Centro, c) Punta del Aguila), se muestra la relación entre la cobertura (eje y) y la riqueza específica (eje x) encontrada por subzona. Cada subzona queda representada por un punto en la gráfica. Se marcan las agrupaciones de subzonas semejantes con círculos, y las líneas separan las subzonas de diferente profundidad.

5.2 PATRON DE DIVERSIDAD EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD

Los trabajos clásicos en arrecifes coralinos, relacionan la diversidad de escleractinios con la profundidad, mostrando diferentes patrones (ver inciso 2.4.1).

Para conocer la relación entre el patrón de diversidad de corales hermatípicos y la profundidad en el arrecife en estudio, se graficó la profundidad a la que se tomó cada uno de los 106 transectos (sin importar la subzona a la que pertenece), contra cuatro parámetros de la diversidad.

Primero, los índices de diversidad, Shannon-Wiener y Simpson, ambos para el número de colonias por especie y el número de eslabones por especie (Figs. 8 y 10). Segundo, contra la Riqueza específica, es decir, el núm. de especies en cada transecto (Fig. 12a). Tercero, contra la Densidad, considerada como el núm. de colonias por unidad de muestra (Fig. 13a). Y por último, contra la Cobertura (núm. de eslabones por transecto) (Fig. 14a).

Además de lo descrito anteriormente, en cada una de éstas gráficas, se agrupan los datos de profundidad en 7 intervalos de clase (Figs. 9, 11, 12b, 13b y 14b).

5.2.1 Índices de diversidad

El patrón de diversidad que se obtiene a lo largo del gradiente de profundidad (Figs. 8, 9 10 y 11), es similar al descrito por Huston (1985b), donde las zonas someras tienen baja diversidad y conforme aumenta la profundidad la diversidad tiende a un máximo, (hasta una profundidad alrededor de los 15 mts) y después vuelve a decrecer hacia la base del arrecife.

El patrón de diversidad descrito por Huston, podría ajustarse a un modelo de la forma $-ax^2 + bx - c$ (parábola invertida). Así, los valores de diversidad por transecto se grafican como función de la profundidad y se hace el ajuste a la curva mencionada.

Se plantea como H_0 que el patrón de diversidad a lo largo del gradiente de profundidad no se explican por el modelo $-ax^2 + bx - c$. Y como H_a que el patrón de diversidad es explicado por el modelo $-ax^2 + bx - c$.

Por comparación de la F observada (R. V.) con la F teórica, el análisis de varianza, permite rechazar la H_0 .

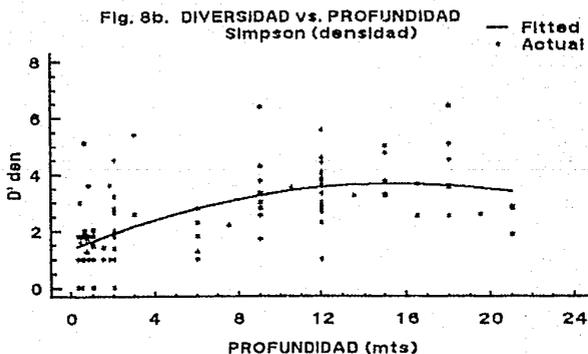
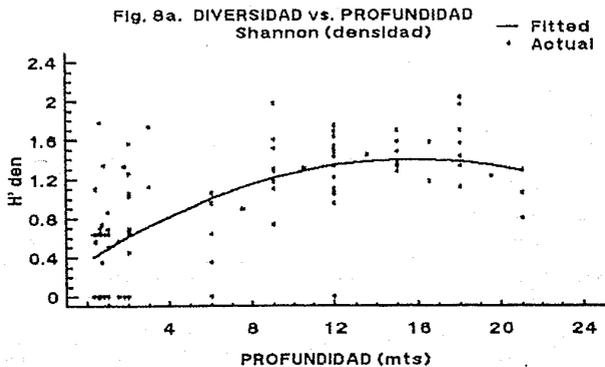


Fig. 8. PATRON DE DIVERSIDAD POR TRANSECTO EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD. (DENSIDAD)

Se muestra el valor de diversidad de cada transecto (eje y), para el índice de Shannon-Wiener (Fig. 8a) y para el índice de Simpson (Fig. 8b), como función de la profundidad (eje x) a la que se tomó la muestra. Para el cálculo de los índices de diversidad, se emplea el no. de COLONIAS como variable de respuesta. La curva representa el ajuste del modelo: $-ax^2 + bx - c$.

Fig. 9a. Índice de Shannon-Wiener

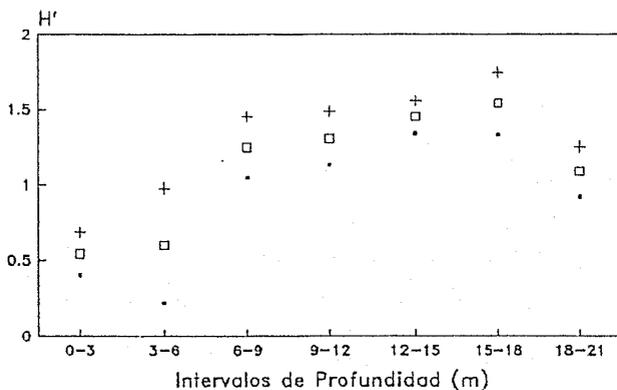


Fig. 9b. Índice de Simpson

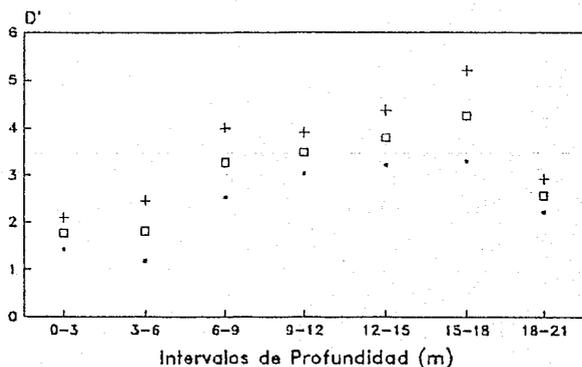


Fig. 9. INDICES DE DIVERSIDAD POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. (DENSIDAD). La grafica muestra los valores del índice de diversidad calculados para el no. de COLONIAS (eje y), como función de la profundidad (eje x) dada en intervalos de clase. Se muestra el límite de confianza.

Fig. 9a. Índice de Shannon-Wiener.

Fig. 9b. Índice de Simpson.

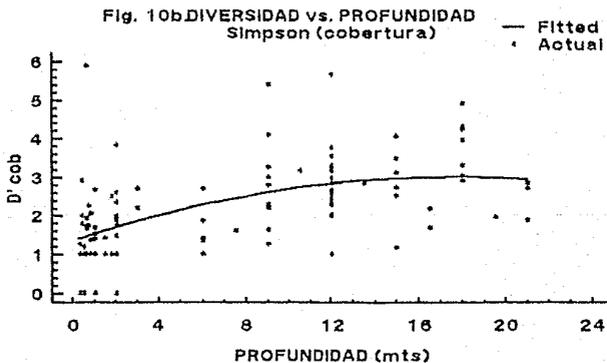
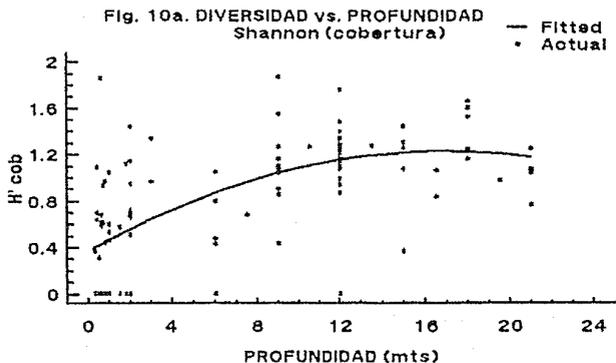


Fig. 10. PATRON DE DIVERSIDAD POR TRANSECTO EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD. (COBERTURA)

Se muestra el valor de diversidad de cada transecto (eje y), para el índice de Shannon-Wiener (Fig. 10a) y para el índice de Simpson (Fig. 10b), como función de la profundidad (eje x) a la que se tomó la muestra. Para el cálculo de los índices de diversidad, se emplea el no. de ESLABONES como variable de respuesta. La curva representa el ajuste del modelo: $ax^2 + bx - c$

Fig. 11a. Índice de Shannon-Wiener

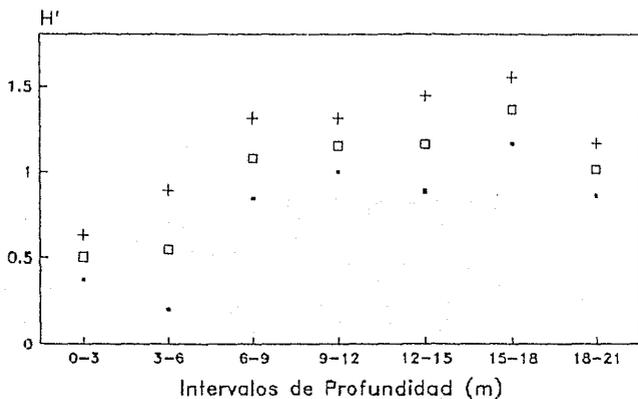


Fig. 11b. Índice de Simpson

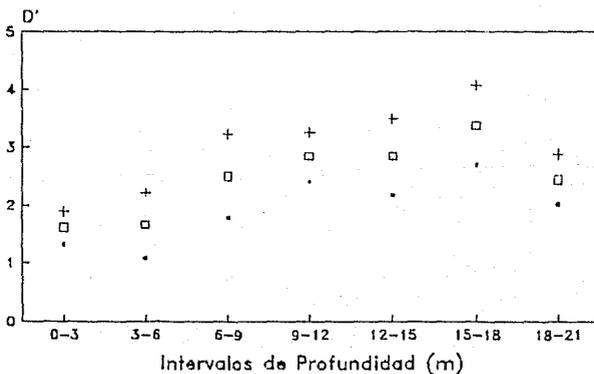


Fig. 11. INDICES DE DIVERSIDAD POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. (COBERTURA). La gráfica muestra los valores del índice de diversidad calculados para el no. de ESLABONES (eje y), como función de la profundidad (eje x) dada en intervalos de clase. Se muestra el límite de confianza.

Fig. 11a. Índice de Shannon-Wiener, Fig. 11b. Índice de Simpson.

El coeficiente de diferenciación (r^2) obtenido muestra que el modelo explica cerca del 50 por ciento de la varianza de los datos para el índice de Shannon-Wiener, y cerca de un 40 por ciento para Simpson (Cuadro 3a).

Los parámetros a, b y c se muestran en el Cuadro 3b, y el máximo de diversidad es alcanzado en un rango de profundidad entre los 12 y 16 metros.

El análisis de varianza (Cuadro 3a) muestra que la hipótesis nula de no linealidad entre las variables se rechaza, por lo que se puede aceptar la hipótesis alternativa de que existe una relación de linealidad entre la profundidad y la diversidad, de acuerdo con el patrón de diversidad citado por Huston, 1985.

CUADRO No. 3 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PATRON DE DIVERSIDAD EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD.

Cuadro 3a. Se muestran los resultados del análisis de varianza para el ajuste del modelo - $\alpha x^2 + bx - c$ (parábola invertida), para los índices de diversidad

Cuadro 3b. Se muestran los valores numéricos de los parámetros a, b, y c.

CUADRO 3a. - Indices de Diversidad.

| | | | NO. COLONIAS | | NO. ESLABONES | |
|---------|--------|-------|--------------|---------|---------------|---------|
| INDICE | F esp. | g.l | r^2 | F obser | r^2 | F obser |
| SHANNON | 2.68 | 3/103 | 0.47 | 199.10 | 0.41 | 171.70 |
| SIMPSON | 2.68 | 3/103 | 0.39 | 212.01 | 0.30 | 192.32 |

CUADRO No. 3b. - Constantes a, b y c para los índices.

| const | NUM DE COLONIAS | | NUM DE ESLABONES | |
|-------|-----------------|------------|------------------|------------|
| | SHANNON | SIMPSON | SHANNON | SIMPSON |
| a | 0.004 ±.00 | 0.009 ±.00 | 0.003 ±.00 | 0.005 ±.00 |
| b | 0.133 ±.02 | 0.297 ±.05 | 0.103 ±.02 | 0.190 ±.05 |
| c | 0.362 ±.07 | 1.354 ±.19 | 0.364 ±.07 | 1.359 ±.17 |

CUADRO No. 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA RIQUEZA ESPECIFICA, LA DENSIDAD Y COBERTURA EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD.

Cuadro 3a. Se muestran los resultados del análisis de varianza para el ajuste del modelo $-ax^2 + bx - c$ (parábola invertida), para la riqueza específica, la densidad y la cobertura.

Cuadro 3b. Se muestran los valores numéricos de los parámetros a, b, y c.

CUADRO 4a. - Riqueza específica, densidad y cobertura.

| | F esp. | g.l | r ² | F obser |
|-----------|--------|-------|----------------|---------|
| RIQ. SP. | 2.68 | 3/103 | 0.46 | 203.74 |
| DENSIDAD | 2.68 | 3/103 | 0.29 | 109.97 |
| COBERTURA | 2.68 | 3/103 | 0.40 | 78.5 |

CUADRO No. 4b. - Constantes a, b y c para riq, sp, den, y cob.

| const | RIQ. ESPECIF | DENSIDAD | COBERTURA |
|-------|--------------|-------------|--------------|
| a | 0.013 ± .00 | 0.019 ± .01 | 0.716 ± .22 |
| b | 0.440 ± .07 | 0.814 ± .25 | 21.768 ± 4.1 |
| c | 1.461 ± .26 | 3.819 ± .83 | 9.060 ± 3.8 |

5.2.3 Densidad y Cobertura.

Como parámetros que afectan directamente la diversidad, se analizó la densidad de escleractinios y su cobertura a lo largo del gradiente de profundidad (Figs. 13 y 14).

Se describe el mismo patrón que para los casos anteriores, el modelo explica en un 40 por ciento la cobertura, y en un 29 por ciento la densidad (Cuadro 4).

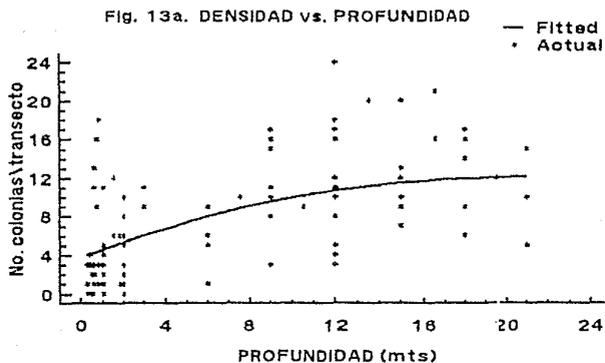


Fig. 13b. Densidad por INTERVALOS

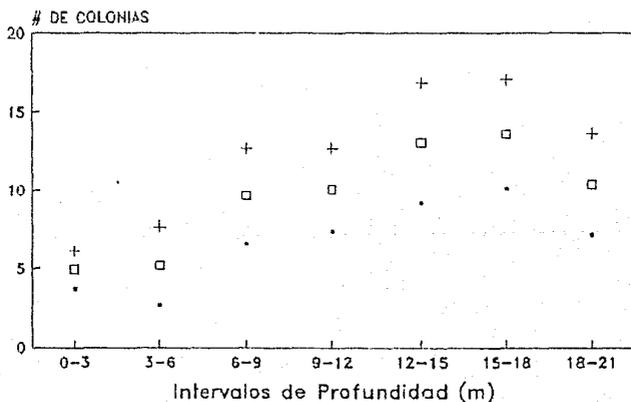


Fig. 13. DENSIDAD EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD

Se muestra el no. de colonias (eje y) como función de la profundidad.

Fig. 13a. Por transecto. Se grafica el no. de colonias registrados por transecto (eje y) como función de la profundidad a la que se tomó la muestra.

Fig. 13b. Por intervalos. La profundidad se grafica en rangos, y se hace un promedio del no. de colonias, mostrándose el intervalo de confianza en cada intervalo de profundidad.

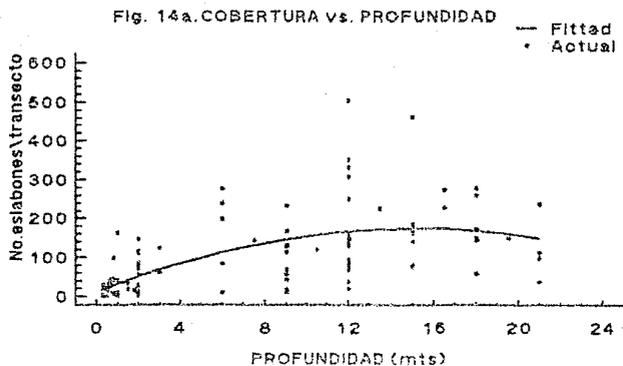


Fig. 14b. Cobertura por INTERVALOS

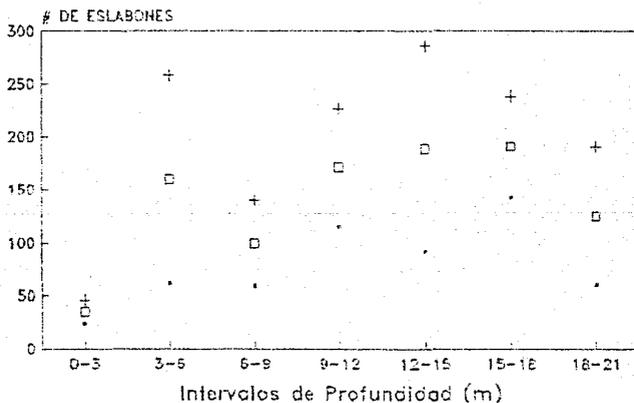


Fig. 14 COBERTURA EN EL GRADIENTE DE PROFUNDIDAD

Se muestra el no. de eslabones (eje y) como función de la profundidad

Fig. 14a. Por transecto. Se grafica el no. de eslabones registrados por transecto (eje y) como función de la profundidad a la que se tomó la muestra.

Fig. 14b. Por intervalos. La profundidad se grafica en rangos, y se hace un promedio del no. de eslabones, mostrándose el intervalo de confianza en cada intervalo de profundidad.

5.3 PATRON DE DIVERSIDAD

Debido a que se determinan diferentes zonas y subzonas dentro del arrecife, con características físicas y biológicas específicas, es importante reconocer el patrón de diversidad por subzonas. La diversidad se analizó mediante los índices de Shannon-Wiener y de Simpson, cada uno calculado de dos maneras. Considerando el *número de colonias por especie* para analizar la DENSIDAD, y el *número de eslabones por especie* para la COBERTURA.

5.3.1 Patrón de Diversidad para Densidad

5.3.1.1 Patrón de diversidad para la densidad por transectos

Para analizar en cada sección el patrón de diversidad por subzonas en cuanto a densidad se refiere, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para cada *transecto*, como el *número de colonias por especie* en cada unidad de muestra. Este valor se graficó contra el número del transecto, estando numerados progresivamente de Barlovento hacia Sotavento (Figs. 15 y 16)

De manera general, se observa que los valores de diversidad más altos corresponden a las dos zonas profundas y de pendiente del arrecife (que corresponden a los extremos de la gráfica), y los más bajos a las zonas planas (parte media de la gráfica) (Figs. 15 y 16). Este tipo de patrón podría ser descrito por un polinomio del tipo $ax^2 + bx + c$.

Para comprobar éste patrón se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 = el patrón de diversidad a lo largo del eje menor del arrecife no es explicado por el modelo $ax^2 + bx + c$.

H_a = el patrón de diversidad a lo largo del eje menor del arrecife es explicado por el modelo $ax^2 + bx + c$.

Así, para cada sección se hizo una regresión no lineal (Steel y Torrie, 1985) con el modelo propuesto; los valores de las constantes del modelo (a, b y c) se presentan en el cuadro 5c. Las gráficas se muestran en las Figs.15 y 16, y los resultados condensados del análisis de varianza, se muestra en el Cuadro no. 5a.

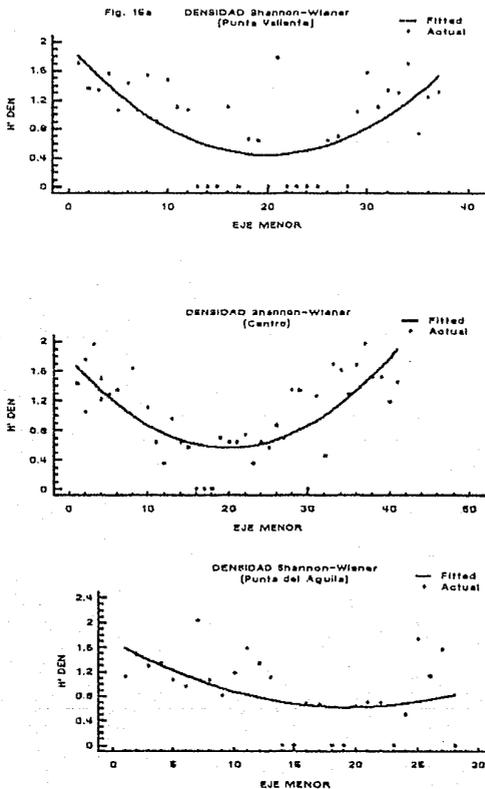


Fig. 15. PATRON DE DIVERSIDAD EN EL EJE MENOR PARA EL INDICE DE SHANNON-WIENER (DENSIDAD)

Se muestra en el eje de las ordenadas el valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener (con el no. de colonias como variable de respuesta) a lo largo del eje menor (eje x). Cada punto representa la diversidad calculada para cada transecto. Los transectos están orientados a lo largo del eje menor de Barlovento hacia Sotavento. La curva representa el ajuste del modelo $ax^2 + bx + c$.

Fig. 15a) Punta Valiente

Fig. 15b) Centro

Fig. 15c) Punta del Aguila

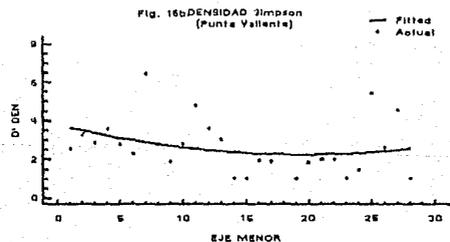
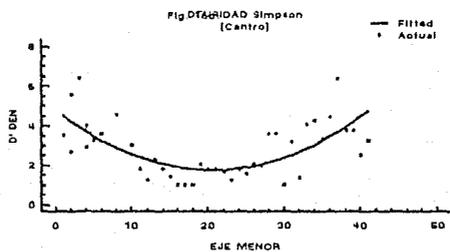
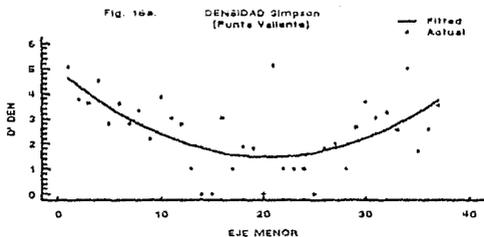


Fig. 16. PATRON DE DIVERSIDAD EN EL EJE MENOR PARA EL INDICE DE SIMPSON (DENSIDAD)

Se muestra en el eje de las ordenadas el valor del índice de diversidad de Simpson (con el no. de colonias como variable de respuesta) a lo largo del eje menor (eje x). Cada punto representa la diversidad calculada para cada transecto. Los transectos están orientados a lo largo del eje menor de Barilovento hacia Sotavento. La curva representa el ajuste del modelo $ax^2 + bx + c$.

Fig. 16a) Punta Valiente

Fig. 16b) Centro

Fig. 16c) Punta del Aguila

CUADRO No. 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PATRON DE DIVERSIDAD A LO LARGO DEL EJE MENOR

Se muestran los resultados del análisis de varianza para el ajuste del modelo $ax^2 + bx + c$ (parábola cóncava), para:

Cuadro No. 5a. Indices de diversidad con el no. de colonias como variable de respuesta

Cuadro No. 5b. Indices de diversidad con el no. de eslabones como variable de respuesta.

Cuadro No. 5c. Valores de los parámetros a, b y c para cada caso.

CUADRO No. 5a. - Por Densidad.

| | SHANNON-WIENER | | | | SIMPSON | |
|----------|----------------|-------|----------------|----------|----------------|----------|
| | g. l. | F esp | r ² | F observ | r ² | F observ |
| PTA. VAL | 3/34 | 2.92 | 0.41 | 48.74 | 0.39 | 62.42 |
| CENTRO | 3/38 | 2.84 | 0.52 | 102.90 | 0.44 | 102.23 |
| PTA. AGU | 3/25 | 2.99 | 0.23 | 28.08 | 0.08 | 33.22 |

CUADRO No. 5b. - Por Cobertura

| | SHANNON-WIENER | | | | SIMPSON | |
|----------|----------------|-------|----------------|----------|----------------|----------|
| | g. l. | F esp | r ² | F observ | r ² | F observ |
| PTA. VAL | 3/34 | 2.92 | 0.41 | 43.22 | 0.33 | 47.05 |
| CENTRO | 3/38 | 2.84 | 0.51 | 108.65 | 0.44 | 118.43 |
| PTA. AGU | 3/25 | 2.99 | 0.32 | 35.39 | 0.28 | 64.32 |

CUADRO No. 5c. - Constantes de los parámetros a, b y c por sección.

| parámetros por sección | | DENSIDAD | | COBERTURA | |
|------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | SHANNON | SIMPSON | SHANNON | SIMPSON |
| PTA | a | 0.003 ± 0.00 | 0.008 ± 0.00 | 0.003 ± 0.00 | 0.006 ± 0.00 |
| | b | -0.150 ± 0.03 | -0.342 ± 0.07 | -0.135 ± 0.02 | -0.278 ± 0.07 |
| | c | 1.948 ± 0.25 | 4.990 ± 0.60 | 1.795 ± 0.22 | 4.367 ± 0.58 |
| CEN | a | 0.003 ± 0.00 | 0.007 ± 0.00 | 0.002 ± 0.00 | 0.005 ± 0.00 |
| | b | -0.120 ± 0.02 | -0.295 ± 0.05 | -0.106 ± 0.01 | -0.234 ± 0.04 |
| | c | 1.772 ± 0.17 | 4.795 ± 0.48 | 1.607 ± 0.15 | 4.038 ± 0.38 |
| PTA | a | 0.002 ± 0.00 | 0.004 ± 0.00 | 0.002 ± 0.00 | 0.005 ± 0.00 |
| | b | -0.110 ± 0.05 | -0.157 ± 0.13 | -0.112 ± 0.04 | -0.198 ± 0.08 |
| | c | 1.698 ± 0.32 | 3.781 ± 0.85 | 1.657 ± 0.26 | 3.682 ± 0.52 |

CUADRO No. 6. LIMITE DE CONFIANZA Y ERROR STANDAR PARA LA DIVERSIDAD POR SUBZONAS

Se muestran los valores de Varianza (Var.), Desviación Standard (D. S.), Error Standard (E. S.) y Limite de Confianza (L. C.) para el indice de Shannon-Wiener. Además se da el valor del indice de Simpson.

PUNTA VALIENTE

| SUBZONA | SIMPSON | SHANNON | VARIANZA | D. S. | E. S. | L. C. |
|---------|---------|---------|----------|-------|-------|-------|
| AFE | 8.440 | 2.050 | 0.011 | 0.108 | 0.002 | 0.003 |
| AFI | 7.718 | 2.272 | 0.009 | 0.099 | 0.001 | 0.002 |
| T. B | 3.789 | 1.352 | 0.006 | 0.092 | 0.003 | 0.008 |
| ROM | 4.000 | 1.398 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| A. P | 1.980 | 0.883 | 0.001 | 0.038 | 0.000 | 0.001 |
| PAR | 4.588 | 1.664 | 0.018 | 0.140 | 0.004 | 0.009 |
| T. S | 3.930 | 1.479 | 0.018 | 0.137 | 0.005 | 0.010 |
| CEH | 4.457 | 1.804 | 0.041 | 0.202 | 0.009 | 0.018 |
| PLA | 4.348 | 1.644 | 0.012 | 0.110 | 0.001 | 0.003 |

CENTRO

| SUBZONA | SIMPSON | SHANNON | VARIANZA | D. S. | E. S. | L. C. |
|---------|---------|---------|----------|-------|-------|-------|
| AFE | 9.043 | 2.288 | 0.007 | 0.083 | 0.001 | 0.002 |
| AFI | 9.258 | 2.373 | 0.007 | 0.084 | 0.001 | 0.002 |
| T. B | 1.938 | 0.943 | 0.034 | 0.184 | 0.007 | 0.014 |
| ROM | 2.061 | 0.992 | 0.033 | 0.181 | 0.008 | 0.013 |
| A. P | 1.814 | 0.743 | 0.025 | 0.158 | 0.004 | 0.008 |
| PAR | 3.713 | 1.477 | 0.008 | 0.097 | 0.001 | 0.003 |
| T. S | 3.500 | 1.400 | 0.028 | 0.180 | 0.007 | 0.013 |
| CEH | 6.007 | 2.175 | 0.012 | 0.108 | 0.001 | 0.003 |
| PLA | 3.531 | 1.883 | 0.015 | 0.121 | 0.002 | 0.003 |

PUNTA DEL AGUILA

| SUBZONA | SIMPSON | SHANNON | VARIANZA | D. S. | E. S. | L. C. |
|---------|---------|---------|----------|-------|-------|-------|
| AFE | 7.827 | 2.236 | 0.008 | 0.078 | 0.001 | 0.001 |
| AFI | 5.785 | 1.939 | 0.018 | 0.128 | 0.003 | 0.008 |
| T. B | 1.800 | 0.582 | 0.008 | 0.097 | 0.002 | 0.004 |
| ROM | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| A. P | 2.133 | 0.900 | 0.044 | 0.208 | 0.015 | 0.030 |
| PAR | 1.248 | 0.348 | 0.047 | 0.218 | 0.018 | 0.031 |
| T. S | 5.224 | 1.883 | 0.017 | 0.131 | 0.003 | 0.008 |
| CEH | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| PLA | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Los valores del coeficiente de diferenciación (r^2) (Cuadro no. 5) muestran que aproximadamente el 50 por ciento de la varianza total en los datos es explicada por la regresión, y es en la sección del Centro, en donde éste valor es más alto

(52 % para Shannon y 44% para Simpson), es decir, el modelo propuesto se ajusta mejor a los datos de ésta sección. En contraste en Punta del Aguila se obtienen valores muy bajos (23% y 8% respectivamente). Por otro lado, se observa que dentro de cada sección el índice de Shannon-Wiener tiene coeficientes de diferenciación (r^2) más altos que los de Simpson en los 3 casos.

En todos los casos se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%. Los valores críticos de F observados y esperados se dan en el cuadro 5a.

Por lo tanto, el patrón de diversidad muestra una tendencia de alta diversidad hacia las zonas de pendiente y profundas, que gradualmente va disminuyendo hacia las zonas someras y planas.

5.3.1.2 Patrón de diversidad para densidad por subzonas

Para caracterizar el patrón de diversidad para cada subzona en las 3 secciones, se agruparon los datos de *número de colonias* de los transectos que correspondían a una misma subzona, y se calcularon nuevamente los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson para cada una (Fig. 17a y 17b).

Se calculó el límite de confianza y el Error standar para cada valor, los datos se muestran en el Cuadro 6.

Es de esperarse que el patrón de diversidad por subzonas sea similar al modelo propuesto para el análisis por transecto, pero al obtener un valor de diversidad para cada subzona, éste análisis nos permite además de observar el patrón general, especificar la diversidad en cada subzona y hacer comparaciones entre ellas (Fig. 17).

En las secciones de Punta Valiente y el Centro, las subzonas con mayor diversidad son las del Barlovento (Fig. 17), y la subzona con menor diversidad es el Arrecife Posterior. Punta del Aguila presenta un patrón que difiere al de éstas secciones, ya que la Transición Sotavento, es una subzona de alta diversidad junto con las del Barlovento.

La Rompiente y las subzonas del Sotavento en ésta sección son sitios donde la diversidad es cero, ya que no tienen representantes de corales escleractinios.

Fig. 17a. Shannon-Wiener (DENSIDAD)

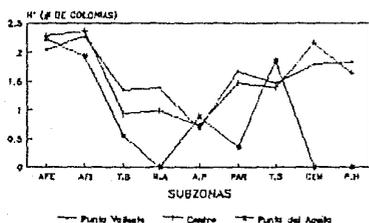


Fig. 17b. Simpson (DENSIDAD)

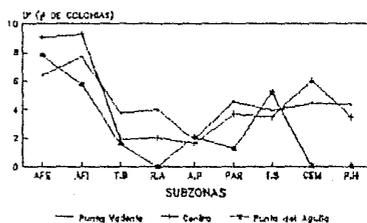


Fig. 17c. Shannon-Wiener (COBERTURA)

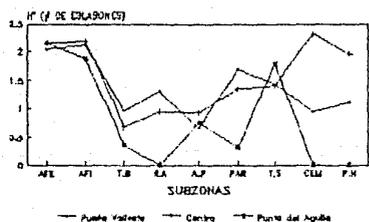


Fig. 17d. Simpson (COBERTURA)

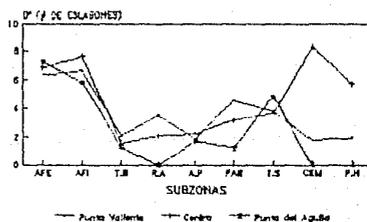


Fig. 17. INDICES DE DIVERSIDAD POR SUBZONAS

Se muestra el patrón de diversidad por subzonas. La diversidad se calcula de 4 formas:

- 17a) Índice de Shannon-Wiener con el núm. de colonias como variable de respuesta.
- 17b) Índice de Simpson con el núm. de colonias como variable de respuesta.
- 17c) Índice de Shannon-Wiener con el núm. de eslabones como variable de respuesta.

Por otro lado, se esperaba que las subzonas de mayor profundidad de ambas pendientes (AFE y PLATOS) fueran las de diversidad más elevada según el modelo propuesto para el análisis por transecto. Sin embargo las subzonas de AFI y CEMENTERIO, que son sitios de profundidad media, presentan valores mayores de diversidad. Esto se observa en las secciones de Punta Valiente y en el Centro.

El patrón de diversidad es similar para el índice de Shannon-Wiener y el de Simpson, sin embargo este último, muestra una disminución en los valores de diversidad del Sotavento.

5.3.1.3 Equitabilidad

Se obtuvieron las equitabilidades para cada sección comparando la diversidad observada (H' para Shannon y D' para Simpson) con la diversidad máxima esperada (H máx. y D máx. respectivamente) (Fig. 18).

El patrón de equitabilidad es diferente para cada sección. En Punta Valiente, las partes profundas tienen equitabilidades menores que las regiones someras, lo que significa que existe dominancia de alguna especie (Fig. 18a).

El Centro presenta equitabilidad cercana a 1 en la subzona del Arrecife Frontal Exterior y disminuye en la zona de la Cresta y del Sotavento donde hay dominancia de alguna especie.

En Punta del Aguila, se obtienen equitabilidades altas para el índice de Simpson en todas las subzonas donde se encontraron escleractinios, excepto en la subzona de Parches. Para las equitabilidades de Shannon se tiene el mayor valor en la Transición Barlovento (Fig. 18c)

5.3.2 Patrón de Diversidad para Cobertura

5.3.2.1 Patrón de diversidad para cobertura por transectos.

Para analizar el patrón de diversidad a lo largo del eje menor del arrecife en lo que a cobertura respecta, se calcularon los índices de diversidad para cada transecto, considerando en éste caso el número de eslabones por especie.

Fig. 18a. Punta Valiente

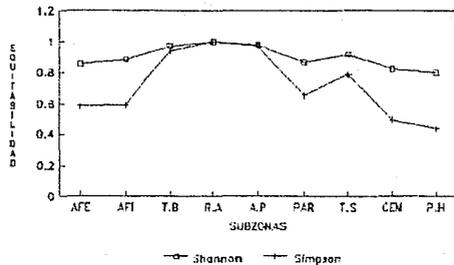


Fig. 18b. Centro

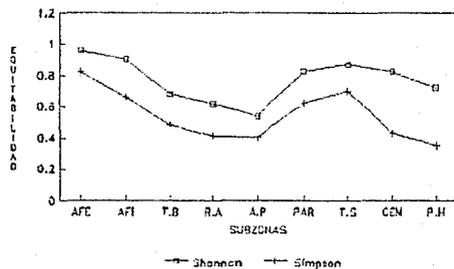


Fig. 18c. Punta del Aguila

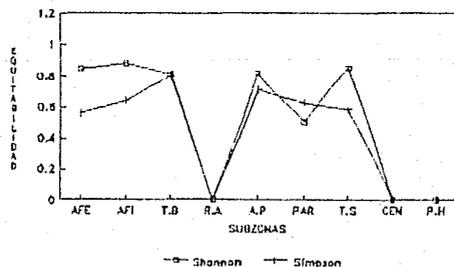


Fig. 18. EQUITABILIDAD (DENSIDAD)

En cada sección (a) Pta. Valiente, b) Centro, c) Pta. Aguila se compara la Equitabilidad para el índice de Shannon-Wiener y para el índice de Simpson empleando el número de colonias como variable de respuesta (eje y), como función de las subzonas (eje x).

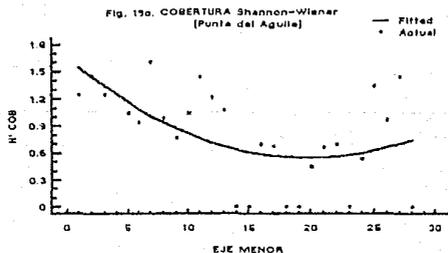
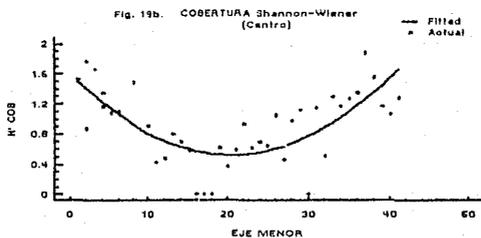
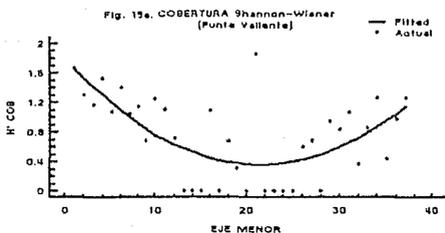


Fig. 19. PATRON DE DIVERSIDAD EN EL EJE MENOR PARA EL INDICE DE SHANNON-WIENER (COBERTURA)

Se muestra en el eje de las ordenadas el valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener (con el no. de eslabones como variable de respuesta) a lo largo del eje menor (eje x). Cada punto representa la diversidad calculada para cada transecto. Los transectos están orientados a lo largo del eje menor de Barlovento hacia Sotavento. La curva representa el ajuste del modelo $ax^2 + bx + c$.

Fig. 19a) Punta Valiente

Fig. 19b) Centro

Fig. 19c) Punta del Aguila

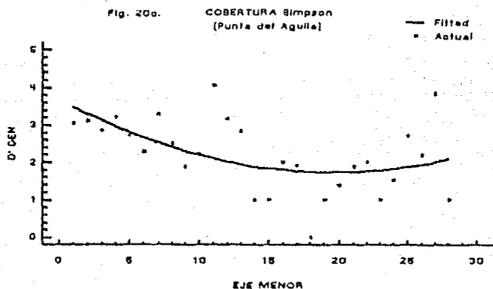
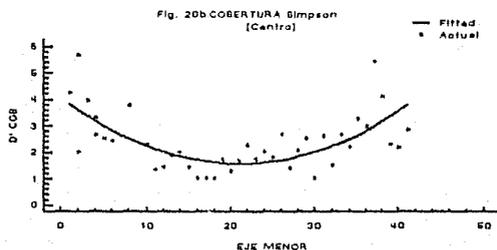
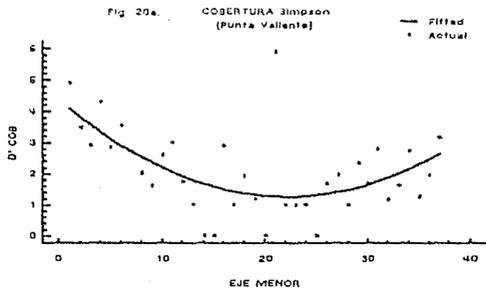


Fig. 20 PATRON DE DIVERSIDAD EN EL EJE MENOR PARA EL INDICE DE SIMPSON (COBERTURA)

Se muestra en el eje de las ordenadas el valor del índice de diversidad de Simpson (con el no. de eslabones como variable de respuesta) a lo largo del eje menor (eje x). Cada punto representa la diversidad calculada para cada transecto. Los transectos están orientados a lo largo del eje menor de Baricvento hacia Sotavento. La curva representa el ajuste del modelo $ax^2 + bx + c$.

Fig. 20a) Punta Vallente.

Fig. 20b) Centro.

Fig. 20c) Punta del Aguila

El análisis es similar al de Densidad, las suposiciones acerca del modelo y las hipótesis son las mismas, y los resultados son muy parecidos (Cuadro 5), de manera que se concluye que para éste tipo de análisis no existe diferencia entre la DENSIDAD y la COBERTURA de los corales escleractinios, y la diversidad muestra un patrón similar para ambos casos. Las gráficas de los patrones de diversidad por cobertura se muestran en las Figs. 19 y 20.

5.3.2.2 Patrón de diversidad para cobertura por subzonas

Para el patrón de diversidad por subzonas, se agruparon los datos de *número de eslabones* de los transectos que corresponden a una misma subzona, y se calcularon nuevamente los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson para cada una (Fig. 17c y 17d).

De la misma manera que para la densidad, se calcula el límite de confianza y el Error standar para cada valor, y los datos se muestran en el Cuadro 3.

En general, los patrones de diversidad por cobertura son similares a los de densidad (Fig. 17). Sin embargo se observa que existe un decremento en la diversidad del Sotavento de Punta Valiente. El Arrecife Posterior del Centro presenta un valor mayor de diversidad que por densidad, mientras la Transición Barlovento es la subzona con menor diversidad en ésta sección. Y para Punta del Aguila se mantiene el mismo patrón que tenía para la diversidad por densidad (Fig. 17).

5.3.2.3 Equitabilidad

A pesar de que los patrones de equitabilidad por cobertura y densidad son similares, existen ciertas diferencias. Comparando las gráficas de equitabilidad por densidad y por cobertura (Figs. 18 y 21 respectivamente), se observa que ésta disminuye en las subzonas del Sotavento y en la de Transición Barlovento de Punta Valiente (Fig. 21a). En el Centro, decrece la equitabilidad de las zonas de la Laguna y Barlovento, y aumenta la de las subzonas del Sotavento (Fig. 21b). Y en Punta del Aguila, solo se observa un decremento en la subzona de Transición Barlovento (Fig. 21c).

Fig. 21a. Punta Valiente

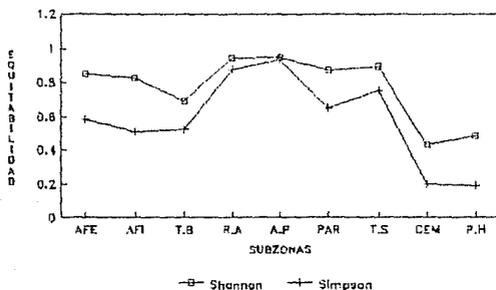


Fig. 21b. Centro

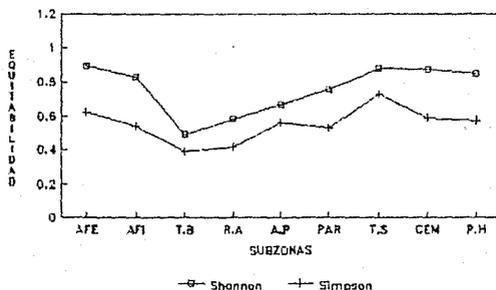


Fig. 21c. Punta del Aguila

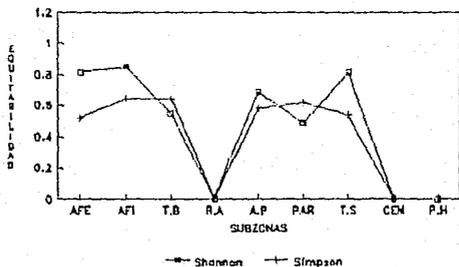


Fig. 21. EQUITABILIDAD (COBERTURA)

En cada sección (a)Pta. Valiente, b)Centro, c) Pta. Aguila) se compara la Equitabilidad para el índice de Shannon-Wiener y para el índice de Simpson empleando el número de eslabones como variable de respuesta (eje y), como función de las subzonas (eje x).

VI DISCUSION

6.1 Distribución y abundancia

Los factores que tradicionalmente han sido usados para explicar la distribución y abundancia de las especies tales como la temperatura, la cantidad de oxígeno, salinidad, pH, etc, en el caso de los corales escleractinios no varían suficientemente en un solo arrecife como para ser ecológicamente significativos (Dana, 1976; Ohlhorst, 1980; Ott, 1975), y solo limitan su distribución de manera mundial, restringiéndolos a la parte circumtropical del planeta. (Rosen, 1983; Glynn, 1973, 1977).

Diversos estudios (Loya, 1972; 1976; Dana, 1976; Glynn, 1976; Rutzler, 1982; Huston, 1985) han mostrado que los principales factores que afectan la distribución y abundancia de los corales escleractinios en el arrecife son: La profundidad relacionada con la intensidad luminosa, el movimiento del agua, y el sedimento como factores abióticos; y como bióticos, la competencia por el sustrato y el efecto de los herbívoros y coralívoros.

Estos factores ambientales cambian de manera significativa de una zona a otra del arrecife, presentándose una composición específica y asociaciones de especies coralinas diferentes en cada una de ellas a lo largo del eje menor, resultando en la evidente zonación de la estructura (Loya, 1972; Rutzler, 1982; Lara, 1989).

Sin embargo, en el arrecife, el efecto de este tipo de factores físicos a lo largo del eje mayor, no es uniforme. Aunque los estratos del eje menor se mantienen, se aprecian diferencias en la cantidad y variedad de las especies de coral entre las tres secciones analizadas. La razón de esta modificación, esta relacionada con las corrientes marinas influenciadas por los patrones de vientos anuales y la descarga de sedimentos terrígenos acarreada por los ríos cercanos a la estructura.

6.1.1 Composición específica

» Eje menor

Las asociaciones de especies encontradas a lo largo del eje menor del arrecife en estudio, se pueden caracterizar de manera general en tres regiones: Las regiones profundas y de pendiente, que incluyen las zonas de Barlovento y Sotavento. Las

regiones someras y planas, refiriéndose a las zonas de la Laguna (subzona de Parches) y la Cresta (subzonas Posterior y Rompiente). Y las regiones de transición, correspondientes a las subzonas de transición barlovento y la transición sotavento.

Caracterizando las regiones profundas, se encuentran los géneros *Montastrea* y *Cölpophyllia*. Estas especies presentan ciertas características morfológicas comunes. Son especies de pólipos grandes, característica que según Lang (1973) les confiere una mayor agresividad en la competencia intra e interespecífica, y según Porter (1976) una preferencia conductual hacia la heterotrofia, hecho que compensa la limitación de luz a profundidad. El tamaño del pólipo que presentan, también está relacionado con una tasa de reproducción y crecimiento bajos (Buddemeier, 1974). Se observan altas densidades y cobertura en esta región. La especie dominante *Montastrea annularis*, presenta altas densidades y por el tamaño de sus colonias, alcanza los mayores porcentajes de tejido vivo.

Por estas características, se les puede considerar como especies altamente competitivas (del tipo Competidoras según la clasificación de Grime sobre las estrategias de vida, 1979). Esto hace suponer que la zona presenta pocas alteraciones físicas, siendo un medio estable donde la competencia es intensa (Huston, 1985).

La diferencia en la abundancia de especies entre el Barlovento y el Sotavento, se debe principalmente a la sedimentación que marca algunas diferencias en sus tasas de crecimiento (Dodge, 1974). Estas dos zonas se ven distintamente afectadas por esta perturbación, de modo que en el Sotavento existe una alta cantidad de sedimento que produce turbidez en el agua, por lo que se reduce la disponibilidad de luz, además de cubrir a los corales y al sustrato libre para la fijación de nuevos reclutas (Huston, 1985).

En el Barlovento se encuentran áreas de sedimentación localizadas en los llamados canales, siendo así una zona de mayor claridad. Por lo tanto, el Sotavento presenta una marcada dominancia de *Montastrea annularis*, puesto que esta especie posee características en sus pólipos que la hacen eficiente en la remoción del sedimento (Hubbard y Pocock, 1972). El Barlovento al no verse fuertemente afectado por ésta perturbación, no presenta dominancia marcada de alguna especie.

Existen especies que se encuentran a lo largo de toda la estructura, como las de los géneros *Porites* y *Siderastrea*. Estas especies tienen pólipos pequeños, hecho que favorece altas tasas de reproducción y crecimiento (Dodge, 1974), y alta

capacidad para colonizar sustrato libre, por lo que Pichon (1981) las ha considerado como especies pioneras. Por ello, se les considera del tipo ruderales según la escala de Grime, (1979) y poseen la capacidad de ocupar todas las zonas del arrecife.

Sin embargo, estas especies al no ser fuertes competidoras, solo son abundantes donde la competencia específica no es muy fuerte, es decir, en medios inestables con altas perturbaciones físicas (ver inciso 2.4.1).

Por ello, la densidad y cobertura de estos géneros es mayor en aguas someras, donde incluso, caracterizan a éstas regiones, alternando su dominancia con el género *Diploria*. Su abundancia es reducida en las zonas profundas, donde además de la competencia interespecífica, la limitante lumínica es una fuerte perturbación para especies de pólipos pequeños, puesto que presentan una preferencia conductual hacia la autotrofia (Porter, 1976).

Dentro de las regiones someras y planas existe variación en la distribución y abundancia. La baja riqueza específica, cobertura y densidad de escleractinios en la zona de la Cresta, se relaciona con perturbaciones físicas extremas (Loya, 1972; Pichon, 1981). Por el contrario, en la subzona de Parches, estos parámetros, son los más elevados. La razón es que ésta región presenta una gran variedad de hábitat, y las perturbaciones abióticas son menores que en la Cresta.

Las especies características de las zonas de Transición, son las de los géneros *Acropora* y *Diploria*. Estas especies, por sus altas tasas de crecimiento y reproducción (Buddemeier, 1974), además de los mecanismos de escape a las perturbaciones que presentan, son consideradas como especies del tipo tolerantes a las perturbaciones (Grime, 1979), que en éstas zonas son principalmente la energía del oleaje y la sedimentación.

Hacia el Barlovento, el patrón de crecimiento ramificado masivo y ramificado arborecente de *Acropora*, le sirve como estrategia para disminuir la competencia por el sustrato, ya que utiliza un solo punto basal y reducido para la fijación de la colonia, además, su forma de crecimiento le ayuda a evadir las corrientes al ser más hidrodinámica (Hubbard, 1974). Hacia el Sotavento, el género *Diploria* con la compleja arquitectura de sus pólipos, es eficiente para remover el sedimento (Hubbard & Pocock, 1972).

» Eje mayor

A lo largo del eje mayor, las condiciones ambientales que modifican el patrón de distribución y abundancia entre las tres secciones, se dan a un nivel de observación a mayor escala que las que determinan la zonación del arrecife. Por ello, el detectar y evaluar su influencia sobre la estructura comunitaria de corales, es mucho más difícil. Los puntos que en esta parte se discuten, son hipótesis que requieren de un trabajo diferente para comprobarlas.

Las similitudes encontradas en el Barlovento de las 3 secciones en cuanto a composición y riqueza específica, densidad y cobertura, señalan que la zona está sometida a condiciones ambientales similares a lo largo del arrecife.

Las diferencias en la zona del Sotavento a lo largo del eje mayor, implican que esta parte de la estructura está siendo afectada de manera distinta en cada una de las secciones.

La diferencia muy notoria en el Sotavento de Punta del Águila por no presentar sustrato duro, hace suponer que se encuentra altamente afectada por la sedimentación. Esta sedimentación proviene de la descarga del río Papaloapan en Alvarado y de la costa en general. El arrecife el Cabezo, por su localización al sureste de toda la zona arrecifal veracruzana, es la primera estructura que recibe la descarga del mencionado río; y por la orientación del arrecife, es Punta del Águila la parte que en primera instancia es afectada directamente por los sedimentos. Además se debe sumar a este hecho, la contribución de los desechos y sedimentación provenientes de la costa y del arrecife mismo.

La región del Sotavento más protegida de la sedimentación es Punta Valiente. Aquí, se localizan grandes crecimientos planos de *Montastrea annularis* en forma de platos ordenados como repisas, alcanzando los porcentajes de tejido vivo más altos en toda la estructura. Este hecho, le confiere una gran extensión en área a la zona (Mapa 2), formándose canales paralelos a la cresta, debido a la forma de crecimiento que exhibe *Montastrea annularis*. Además de ser la parte más protegida de la sedimentación en el Sotavento, estos canales, pueden ser considerados como áreas localizadas de sedimentación que evitan la depositación sobre los macizos de coral, no afectando su crecimiento.

En el Centro, la extensión en área del Sotavento es más reducida que en Punta Valiente, porque la pendiente es más abrupta. Existe también una alta cobertura de *Montastrea annularis*, pero su alta densidad indica que son colonias de poco tamaño, hecho que hace suponer que la zona es más perturbada que en Punta Valiente.

Comparando la densidad y cobertura en las regiones someras, se observa que en Punta Valiente las colonias son pocas y de tamaños pequeño, esto sugiere que la zona es afectada por algún otro factor que aumenta la perturbación, y que impide el crecimiento de las colonias. Este factor puede estar asociado con los llamados vientos "Norte", puesto que esta parte del arrecife resulta ser la más afectada debido a su orientación.

Punta del Aguila también tiene valores bajos de densidad y cobertura, pero en este lado del arrecife, la disminución puede deberse al efecto del mismo sedimento proveniente de ríos y de la costa, que también afecta las partes someras.

El Centro tiene mayor densidad y porcentaje de tejido vivo, hecho que hace suponer que su posición central le confiere resguardo de los Nortes y de la sedimentación.

Las zonas de transición son muy diferentes en las tres secciones. La riqueza específica es la misma para Punta Valiente y el Centro, pero en la primera sección, la densidad y cobertura son bajas, esto puede ocurrir debido a que también son afectadas por los "Nortes". En el Centro, existe una mayor cobertura, sobre todo de *Acropora palmata*, lo que indica que estas zonas tienen una mayor protección.

En Punta del Aguila, en las transiciones hay cambios notorios: hacia el barlovento, solo se reportan 2 especies, donde *Acropora palmata* tiene una amplia cobertura, lo que implica que excluye competitivamente a las demás de esta zona. Hacia el Sotavento, la riqueza específica incrementa notoriamente, esto se debe a que se encuentran las 3 especies del género *Diploria*, e incluso el género *Montastrea* (característica de zonas profundas). Esto hace suponer, que son los indicios de un pobre desarrollo de la pendiente de Sotavento.

6.2 Patrones de diversidad

6.2.1 Patrones de diversidad en el gradiente de profundidad

El patrón de diversidad encontrado para "El Cabezo" es de baja diversidad cerca de la superficie, que incrementa hasta un máximo entre los 12-16 mts, y después decrece gradualmente hacia las partes más profundas; es similar al descrito para otros arrecifes del mundo (Liddell, 1984; Huston, 1985b en Jamaica; Loya, 1972 en el Mar Rojo; Sheppard, 1980 en el Océano Indico; Lara, 1989 en Veracruz).

Las zonas someras sufren de fuertes perturbaciones físicas, como son la energía del oleaje, las exposiciones a baja mar, la mezcla de agua dulce por lluvias y ríos así como del aporte de sedimentos, etc. Este medio físico inestable, solo permite el establecimiento de pocas especies que toleran condiciones adversas y que pueden superar rápidamente los daños causados por el medio físico. Estas especies presentan bajas densidades y poca cantidad de tejido vivo, por lo que la diversidad es baja. Esto es consecuente con la hipótesis de perturbación media, que predice baja diversidad en una situación de alta perturbación en intensidad y frecuencia (Connell, 1978)

Los factores abióticos, disminuyen su efecto con la profundidad (Huston, 1985), por lo que es de esperarse un incremento en la diversidad y un cambio en la composición específica. El medio físico en zonas profundas, es más estable, pero existen interacciones biológicas (por ejemplo: Competencia intra e interespecífica Huston, 1985), que son causa de exclusión para algunas especies (exclusión competitiva). De modo que las especies están siendo afectadas por gradientes de perturbaciones físicas e interacciones específicas que varían en intensidad y frecuencia con la profundidad, que según Connell (1978) son la causa de que se mantenga una alta diversidad.

La baja de diversidad hacia las zonas más profundas del arrecife, se puede explicar por una disminución en la intensidad luminosa que se hace más severa con la profundidad. Por lo que la diversidad tiende a bajar gradualmente conforme disminuye la intensidad luminosa, ya que los arrecifes han sido descritos como comunidades dependientes de la luz (Huston, 1985).

El punto de inflexión en la curva entre los 12- 16 mts de profundidad (figuras del inciso 5.2 del capítulo de resultados), no se refiere a una saturación propiamente dicha, que biológicamente significaría el máximo valor de diversidad que el ecosistema

puede mantener. Más bien, se refiere a la profundidad a la que las perturbaciones ambientales y las interacciones biológicas actúan sinérgicamente, permitiendo el desarrollo de varias especies de corales, con alta densidad y cobertura, al evitarse la exclusión competitiva por parte de alguna especie. Todo esto hace posible que se observe una alta diversidad.

6.2.2 Patrón de diversidad por subzonas

La zonación del arrecife, es consecuencia de una serie de gradientes ambientales físicos y biológicos que difieren en cada uno de los estratos.

El evaluar la diversidad para cada zona y subzona del arrecife, permite estimar y proponer un patrón en el que se consideran un juego de interacciones físicas y biológicas que influyen en la comunidad de escleractinios característica de cada estrato. Esto hace más completo el análisis de la diversidad, ya que se puede considerar el conjunto de factores que la afectan y determinan.

A lo largo del eje menor, el patrón de diversidad es similar para las tres secciones. Sin embargo, existen algunas variantes a lo largo del eje mayor, mismas que se discutirán más adelante.

» Eje menor

En esta sección se pretende discutir como los factores ambientales afectan la diversidad específica y en general la estructura comunitaria de escleractinios en cada una de las zonas.

Las regiones someras del arrecife, presentan valores de diversidad bajos. Ya se ha mencionado que las zonas someras son consideradas como inestables por las fuertes perturbaciones físicas a las que están sometidas. Estas son la alta energía del oleaje, las exposiciones a baja mar, y la sedimentación como las principales. Además la competencia por el sustrato, es factor limitante en todas las zonas del arrecife (ver capítulo II).

La región más fuertemente afectada por estos factores es la subzona de la Cresta, por ser la más somera de toda la estructura. El bajo número de especies que pueden colonizar y poblar estas regiones, trae como consecuencia que los valores de diversidad sean los menores de todo el arrecife.

Por otro lado, en las subzonas de la cresta, y principalmente en el Posterior, el crecimiento algal es favorecido por la alta disponibilidad lumínica. Las elevadas tasas de reproducción y crecimiento que éstas tienen, les confiere alta capacidad para acaparar el sustrato, con la consecuente baja diversidad de escleractinios.

En las zonas de la laguna, se disminuye la dureza de las perturbaciones físicas, debido a que la profundidad es mayor que en la Cresta. Esto se refleja en una mayor riqueza específica, por lo que la diversidad es un poco más elevada.

La principal perturbación física que se da en la subzona de parches, es la gran cantidad de sedimento acumulado en el sustrato por la acción del pasto marino *Thalassia*, que sirve de trampa para los sedimentos. Como la sedimentación es una limitante para el establecimiento coralino, estos organismos quedan restringidos a las pequeñas porciones de roca que en esta región se encuentran, presentando bajas densidades y coberturas.

En las transiciones, la subzona de transición barlovento tiene bajo valor de diversidad, esto se debe a la dominancia de *Acropora palmata*. Aunque esta región tiene grandes densidades y coberturas, la fuerte dominancia de esta especie, provoca un descenso en la diversidad. Esta especie presenta un crecimiento característico de zonas donde la energía del oleaje no es tan intensa, puesto que su forma ramificada le confiere ventaja para soportar las corrientes, a la vez que gana en cobertura.

La transición de sotavento tiene una diversidad más elevada, debido a que las especies del género *Diploria* se hacen más abundantes en esta región, y *A. palmata* no lo es tanto. Esto se debe a que el género *Diploria*, es eficiente en la remoción de sedimentos que es la principal perturbación en este lugar.

La zona del Barlovento es la que presenta los valores más elevados de diversidad.

La estabilidad de la zona, permite que un mayor número de especies puedan crecer en esta región, aunque existe una fuerte competencia por el sustrato. Esta competencia por el sustrato que los escleractinios mantienen, se da principalmente con organismos del mismo taxón o con las esponjas, ya que las algas, al aumentar la profundidad, se limita su rápido crecimiento, haciéndolas competidoras menos eficientes (Huston, 1985).

Aunque la sedimentación es un factor importante en cualquier región del arrecife, probablemente sea esta la zona menos afectada por ella. Esto se debe a que el Barlovento es la región más protegida de los sedimentos provenientes de la costa, y de la descarga de los ríos cercanos. Por otro lado, la corriente en el arrecife va de Barlovento a Sotavento, lo que implica que los sedimentos producidos dentro del mismo, son acarreados desde el Barlovento por acción de las mismas corrientes.

Otra característica importante, es la formación de canales en esta zona, lo que viene a formar áreas específicas para la acumulación del sedimento y escurrimiento de agua, por lo que ésta es la zona que presenta menos turbiedad de todo el arrecife.

Al disminuir la energía del oleaje, las formas de crecimiento de las especies en esta región, son en general planos y masivos, esta forma de crecimiento esta asociada a lugares donde las corrientes no son intensas.

A pesar de que las dos subzonas del Barlovento, son similares en cuanto a condiciones ambientales, se observa una mayor dominancia de la especie *Montastrea annularis* en las subzonas del Arrecife frontal Exterior. La dominancia de esta especie a profundidades mayores, se debe a que por su crecimiento en forma de platos, esta especie puede compensar la escasez de luz (Horn, 1971 citado en Porter, 1976). Esto trae como consecuencia, que la diversidad en esta subzona sea menor que para el Arrecife Frontal Interior.

Se ha mencionado que la composición y la riqueza específica es similar entre el Sotavento y el Barlovento, sin embargo, la alta sedimentación en esta región, provoca que la limitación lumínica se presente a profundidades menores que en el Barlovento. En estas condiciones, *Montastrea annularis* puede dominar fuertemente, ya que posee la capacidad de crecer en forma de platos, y extender su área de exposición a la luz y a la captación de plancton, además de que el tamaño de su pólipo le confiere una tasa de crecimiento no tan baja como especies de pólipo mayor (Porter, 1976; Buddemeier, 1974, 1976; Barnes, 1973). Esta dominancia, reduce la diversidad en esta zona.

Por otro lado, la competencia por el sustrato se incrementa con las esponjas, ya que estas presentan amplias coberturas en sitios de alta sedimentación.

Estos dos factores se ven incrementados en la subzona de platos de hexacorales, por lo que ésta región está caracterizada por grandes crecimientos de *Montastrea annularis* en forma de platos o repisas, hecho que disminuye la diversidad de la subzona.

» Eje mayor

Las zonas del Barlovento de las tres secciones presentan diversidades similares, y ya se ha mencionado que se supone que se encuentran en condiciones ambientales similares.

De manera general, el patrón de diversidad similar entre el Centro y Punta Valiente, sugiere que estas dos secciones son las más parecidas en cuanto a condiciones medioambientales.

Sin embargo, Punta del Aguila, tiene la mayor diversidad en la Transición Sotavento, debido a que hay un incremento en el número de especies que se encontró en esta subzona.

En la subzona de transición Barlovento, se observa que la más alta diversidad se da en Punta Valiente a pesar que sus densidades y coberturas son bajas. Esto se debe a que no domina *Acropora palmata*.

VII CONCLUSIONES

El arrecife Cabezo es el de mayor área y longitud de todo el sistema arrecifal de el Puerto de Veracruz-Antón Lizardo. En él se registraron 13 géneros y 22 especies de escleractinios.

La estructura comunitaria de escleractinios a lo largo del eje menor en el arrecife "El Cabezo", es consecuencia de la influencia del ambiente físico y biológico que prevalece en cada zona. Sin embargo, existen factores que modifican la intensidad y frecuencia de las perturbaciones físicas e interacciones biológicas, que hacen que dentro de cada estrato (zonas y subzonas), la estructura comunitaria de los escleractinios no sea homogénea y varíe a lo largo del eje mayor del arrecife.

» Eje menor

En el arrecife el "Cabezo", se comprobó la zonación propuesta por Lara (1989) para los arrecifes de Veracruz, de 4 zonas y 9 subzonas.

Las regiones profundas y con pendiente de éste arrecife, presentan similar composición específica, siendo *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans* los principales constructores de ambas pendientes. Las formas de crecimiento característica observada son crecimientos planos masivos y planos en forma de platos ordenados como repisas de grandes tamaños.

En las regiones de transición entre las zonas de pendiente y las someras, la asociación de especies característica la constituyen el género *Acropora* y las especies *D. clavosa* y *D. strigosa*. Siendo dominante *A. palmata* hacia la pendiente de barlovento, presentando crecimientos incrustantes así como ramificados masivos. Hacia la de sotavento, las especies conspicuas son del género *Diploria* y *A. cervicornis*, las primeras presentan crecimientos planos masivos, y la segunda ramificados arborescentes, formando colonias de dimensiones regulares (no mayores a 1 mt. de longitud)

En las someras y planas las especies características pertenecen a los géneros *Siderastrea* y *Portia* y en menor abundancia se encuentra el género *Diploria*. Las formas de crecimiento observadas para ésta región son de pequeñas colonias incrustantes.

La mayor influencia para la estructuración de las comunidades de escleractinios en las partes someras, está determinado por el ambiente físico, la interacción de las algas con los herbívoros y con los corales mismos.

Debido a ésto, la diversidad y abundancia de los corales en éstas zonas del Cabezo, son bajas.

Conforme aumenta la profundidad, las interacciones de competencia por el sustrato con organismos coloniales y la depredación de algunos peces, tienen mayor importancia que los factores físicos para estructurar la comunidad de escleractinios. El equilibrio alcanzado entre las interacciones físicas y biológicas, determinan que para este arrecife, el rango de profundidad en donde se encontraron los máximos valores de diversidad este entre los 12 y 16 mts.

» Eje mayor

El principal factor que afecta a las comunidades coralinas características de cada estrato en el arrecife Cabezo es el patrón de vientos dominantes: los "nortes" de septiembre a abril y los Alisios del sureste de mayo a agosto.

Los "nortes" generan un gradiente de energía del oleaje, que debido a la situación geográfica de la estructura arrecifal, tiene mayor intensidad en Punta Vallente y disminuye hacia Punta del Aguila. Sus efectos son mayores hacia la Cresta Arrecifal, haciéndola variable en cobertura y densidad de escleractinios. Hacia las zonas profundas se atenúa su influencia, lo cual es evidente por la homogeneidad de este estrato en las tres secciones.

El efecto de las corrientes generadas por los Alisios establece un gradiente de sedimentación que tiene su mayor efecto hacia el Sotavento. La descarga de sedimentos terrígenos del Río Papaloapan, son transportados por estas corrientes hacia el Cabezo afectando en primer lugar la sección sureste (Pta. del Aguila), y disminuyendo hacia la sección noroeste (Pta. Vallente).

La influencia del gradiente de sedimentación sobre las comunidades de escleractinios genera diferentes ambientes de depósito según las características del crecimiento de los corales que se establecen sobre el mismo. Debido a esto, se observan diferencias en la zonas de la Laguna arrecifal y sobre todo en la Pendiente de Sotavento en las tres secciones del arrecife.

De tal modo, que se puede observar en esta última zona dos terrazas de arena en Punta del Aguila (a los 10 y 20 mts de profundidad), una matriz calcárea formada por los restos del crecimiento de *A. cervicornis* (Cementerio) bien desarrollada hacia el Centro del arrecife, y hacia Punta Valiente la formación de macizos y canales similares a los encontrados en el barlovento, pero paralelos al eje mayor de la estructura arrecifal.

Por último es importante señalar que la metodología aplicada en este trabajo, permite hacer un análisis sistemático de la estructura, donde se pueden apreciar las diferencias en la comunidad de escleractinios dentro de los estratos a lo largo del eje mayor de la estructura, teniendo así una descripción más completa del arrecife.

BIBLIOGRAFIA:

» ARTICULOS

- Barnes, D. J. (1973). Growth in colonial scleractinians. *Bull. Mar. Sc.* 23(2):279-297.
- Birkeland, C. (1977). The importance of rate of biomass accumulation in early successional stages of benthic communities to the survival of coral recruits. *Proc. Third Int. Coral Reef Symp.* 1:15-21.
- Brock, R. E. (1979). An experimental study on the effects of grazing by parrotfishes and role of refuges in benthic community structure. *Mar. Biol.* 51:381-88.
- Buddemeier, R. W., Kinzie, R. A. (1976). Coral growth. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 14:183-225.
- Buddemeier, R. W., J. E. Maragos. (1974). Radiographic studies of reef coral exoskeletons: Rates and patterns of coral growth. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 14:179-200.
- Bull, G. D. (1982). Scleractinian coral communities of two inshore island fringing reefs at Magnetic Island, North Queensland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 7:267-72.
- Buss, L. W. y J. B. C. Jackson (1979). Competitive networks non transitive competitive relationships in cryptic coral reef environment. *Am. Nat.* 133(2): 223-234.
- Caswell, H. (1976). Community structure: A neutral Model Analysis. *Ecological Monographs* 46: pp. 327-354.
- 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.* 41:351-89.
- Dodge, R. E., Allen, R. C., Thompson, J. (1974). Coral growth related to resuspension fo bottom sediments. *Nature.* 247:574-77.

- Emery, J. (1963). *Geofísica Internacional*. Vol. 3. Estudios regionales arrecifes coralinos de Veracruz.
- Fishelson, L. (1973). Ecological and Biological phenomena influencing coral species composition on the reef tables at Eliat (Gulf of Eliat, Red Sea). *Mar. Biol.* 19: 183-96.
- Fitzhardinge, R. C. and J. H. Bailey-Brock. (1989). Colonization of Artificial reef materials by corals and other sessile organisms. *Bull. Mar. Sc.* 44(2): 567-579.
- Geister, J. (1977). The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reef. *Proc. Third Int. Coral Reef Symp.* 1:23-29.
- Glynn, P. W., Stewart, R. H. (1973). Distribution of coral reefs in the Pearl Islands (Gulf of Panama) in relation to thermal conditions. *Limnol. Ocean* 18:367-79.
- Glynn, P. W. (1976). Some Physical and Biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. *Ecol. Monogr.* 46:431-56.
- Glynn, P. W. (1977). Coral growth in upwelling and nonupwelling areas off the Pacific coast of Panama. *J. Mar. Res.* 35:567-85.
- Goreau, T. F. (1959). The ecology of Jamaican reefs. I. Species composition and zonation. *Ecology* 40:67-90.
- Goreau, T. F. (1959). The physiology of skeleton formation in corals. I. A method for measuring the rate of calcium deposition by corals under different conditions. *Biol. Bull.* 116: 59-75.
- Goreau, T. F. (1967). The shallow-water Scleractinian of Jamaica: Revised list species and their vertical range. *Bull. Mar. Sci.* 17:442-453.
- Goreau, T. F., Goreau, N. I. (1973). The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation, and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23: 399-464.
- Goreau, T. F. (1979). Corals and Coral reefs. *Sci. Am.* Vol. 241-2:110-120.
- Grigg, R. W. (1983). Community structure, succession, and development of coral reefs in Hawaii. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11:1-14.
- Hubbard, J. A. E. B. (1974). Scleractinian coral behavior in calibrated current experiment: an index to their distribution patterns. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* 2:107-26.

- Hubbard, J. A. E. B., Pocock, Y. P. (1972). Sediment rejection by recent Scleractinian corals: a key to paleoenvironmental reconstruction. *Geol. Rundschau*, 61:598-626.
- Hughes, R. G. (1984). Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. *Am. Nat.* 123(6): 779-795.
- Hughes, R. G. (1984). A hypothesis concerning the influence of competition and stress on the structure of marine benthic communities. In: P. E. Gibbs, (ed). *Proc. 19th European Mar. Biol. Symp.* Plymouth, Denon, U.K. September, 1984. Cambridge University press. Cambridge.
- Hughes, R. G. (1986). Theories and Models of species abundance. *Am. Nat.* 128(6):879-99.
- Huston, M. A. (1979). A general hypothesis of species diversity on coral reefs. *Am. Nat.* 113: 81-101.
- Huston, M. A. (1985). Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16:146-77.
- Huston, M. A. (1985b). Patterns of species diversity in relation to depth at Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 37(3):928-935.
- Huston, M. A. (1985). Changes in coral growth rates with depth at Discovery Bay, Jamaica. *Coral Reefs*, 4:19-25.
- Jackson, J. B. C. (1977). Competition on marine hard substrate: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* 111(998): 743-767.
- Jokiel, P. L. (1978). Effects of water motion on reef corals. *J. Exp. Mar. Biol.* 35:87-97.
- Lang, J. C. (1973). Interspecific aggression by Scleractinian corals. II. Why the race in not only to the swift. *Bull. Mar. Sci.* 23:260-79.
- Lang, J. C. y N. Knowlton (1981). Evidence for delayed mortality in hurricane-damaged Jamaica staghorn corals. *Nature*. 294(5838): 251-252.
- Lewis, J. B. (1974). Settlement and growth factors influencing the conagious distribution of some Atlantic reef corals. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* 2:201-206.
- Liddell, E. D., Ohlhorst, S. L., Boss, S. K. (1984). Community patterns on the Jamaican fore reef. *Paleo. Americana*. 54:385-89.

- Loya, Y. and L. B. Slobodkin. (1971). The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). *Symp. zool. Soc. Lond.* 28:117-139
- Loya, Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-23.
- Loya, Y. (1976). Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican corals. *Bull. Mar. Sci.* 26:450-66.
- Loya, Y. (1978). Plotless and transect methods. In *Coral reefs: Research methods*. UNESCO.
- Lubchenko, J. (1978). Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *Am. nat.* 112:23-39.
- Macintyre, I. G. (1974). X-radiographic studies of skeletal development in coral colonies. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* 2:277-87.
- Menge, B. A. (1976). Organization of the New England rocky intertidal community: Role of predation, competition, and environmental heterogeneity. *Écol. monogr.* 46:355-93.
- Ohlhorst, S. L. (1980). Jamaican coral reefs: important biological and physical parameters. PhD thesis, Yale Univ., New Haven, Conn.
- Ott, B. (1975). Community patterns on a submerged barrier reef at Barbados, West Indies. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 60:719-36.
- 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.* 1:581-94.
- Porter, J. W. (1972). Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. *Ecology*, vol. 53:745-48.
- Porter, J. W. (1972a) Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panama. In: M.L. Jones, (ed.). *The Panama Biota-A symposium prior to the sea level canal.* *Bull. Biol. Soc. Wash.*, vol. 2:89-116
- Porter, J. W. (1976). Autotrophy, heterotrophy, and resource partitioning in Caribbean Reef-Building Corals. *Am. Nat.* 110(975):731-752.

- Potts, D. C. (1977). Suppression of coral populations by filamentous algae within damselfish territories. *J. Exp. mar. Biol.* 28:207-16.
- Randall, J. E. (1974). The effect of fishes on coral reefs. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* 1:159-66.
- Rosen, D. (1983). The tropical high diversity enigma of the corals eye view. In: *The evolving Biosphere*. Chap. 9.
- Rutzler, K. and I. G. Macintyre (1982). The habitat distribution and community structure of the barrier reef complex at Carrie Bow Cay, Belice. *Smithsonian Institute to the Marine Science.* 12:9-45.
- Sammarco, P. W., Levinton, J. S., Ogden, J. C. (1973). Grazing and control of coral reef community structure by *Diadema antillarum Philippi*. (Echinodermata: Echinoidea); a preliminary study. *J. Mar. Res.* 32:47-53.
- Sammarco, P. W. (1980). *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition, and biological disturbance. *J. Exp. Mar. Biol.* 45:245-72.
- Sebens, K. P. (1982). Competition for space: Growth rate, reproductive out put and escape in size. *Am. Nat.* 120: 189-197.
- Sheppard, C. R. C. (1980). Coral cover, zonation and diversity on reef slopes of Chagos Atolls, and population structures of the major species. *Mar. Écol. Prog. Ser.* 2:193-205.
- Stoddart, D. R. (1969). Ecology and morphology of recent oral reefs coral. *Biol. Rev.* 44: 433-498
- Tunnicliffe, V. J. (1983). Caribbean staghorn coral populations: pre-hurricane Allen conditions in Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 33:132-51.
- Vaughan, T. H. and J. W. Wells. (1943). Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia., *Spec. Pap. geol. Soc. Am.* 44.
- Villalobos, A. (1971). Estudios ecológicos en un arrecife de Veracruz. *Inst. de Biología, UNAM. México.*
- Wainwright, S. A. (1965). Reef communities visited by the Israel South Red Sea Expedition, 1962. *Bull. Sea Fish. Res. Stn. Israel.* 38: 40-53.

- Washington, H. G. (1983). Diversity, Biotic and Similarity Indices. A review with special relevance to Aquatic Ecosystems. Water Res. Vol. 18. No. 6. pp 663-694.
- Wells, J. W. (1957). Coral reefs. *Memoirs Geol. Soc. Am.* 67:609-31
- Wittaker, R. H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, N. Y. 147: 250-260.
- Woodley, J. D. (1980). Hurricane Allen destroys Jamaican coral reefs. *Nature*. 287:5781.

» LIBROS

- Begon, M. Harper, J. Townsend, C. (1986). *Ecology. Individuals, populations, and communities.* Blackwell Publishers, Oxford.
- Greig-Smith, P. (1964). *Quantitative plant ecology*, 242 pp. 2nd ed. Washington, D.C.:Butterworth Inc.
- IUCN, (1988). *Coral Reefs of the World. Vol. 1: Atlantic and Eastern Pacific.* United Nations Environment Programme. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Editor Susan M. Wells.
- Kaplan, E. H. (1982). *A field Guide to Coral Reef of the Caribbean and Florida.* Houghton Mifflin Co., Boston.
- Krebs, Ch. (1985). *Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia.* Ed. Harla. México. 753 pp.
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. (1982). *Métodos Estadísticos.* Cía. Editorial Continental. México. 703 pp.
- Stoddart, D. R. and Johannes, R. E. (1978). *Coral reefs: Research methods.* UNESCO. United Kingdom. pp. 560.
- Zar, J. H. (1974). *Bioestatistical Analysis.*

6. PUBLICACIONES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS.

- Biología de Campo (1971). "Estudio preliminar del arrecife de Isla Verde, Veracruz, Ver." Biol. de Campo. Asesor: M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus. Fac. de Ciencias, UNAM.

- Biología de Campo (1979). "Buceo en el estudio de la distribución del bentos profundo en Isla Sacrificios Veracruz, Ver." Biol. de campo. Asesores: M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus y Comisión Académica del Equipo de Buceo, Fac. de Ciencias, UNAM.

- Biología de Campo (1981) "Distribución y abundancia de los moluscos del arrecife de Isla Sacrificios Veracruz, Ver." Biol. de Campo. Asesores: M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus y Comisión Académica del Equipo de Buceo, Fac. de Ciencias, UNAM.

- Biología de Campo (1984) "Estimación de la diversidad, dominancia y equitabilidad de Hexacorales y Octocorales del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo." Biol. de Campo. Asesores: Biol. Carlos García Saez y Biol. Juan José Espejel M.

- Biología de Campo (1986) "Estudio descriptivo y colecta preliminar de cinco taxa de invertebrados bentónicos en regiones arrecifales del Puerto de Veracruz". Biol. de Campo. Asesores: Biol. Juan José Espejel M., Biol. Gerardo Campos Pólito y Pas Biol. Mario Lara Pérez Soto.

- Biología de Campo (1987) "Caracterización de las asociaciones de especies de corales Escleractinios y Gorgonáceos y estructura comunitaria de cinco taxa de invertebrados bentónicos conspicuos en regiones arrecifales de Puerto de Veracruz, Méx". Biol. de Campo. Asesores: Biol. Juan José Espejel M., Biol. Gerardo Campos Pólito, Biol. Gerardo Berges P. y Pas Biol. Mario Lara Pérez Soto.

- Biología de Campo (1988) "Estudios básicos para el establecimiento de recomendaciones de conservación en sustratos bentónicos arrecifales del Puerto de Veracruz, Méx" Biol. de Campo. Asesores: Biol. Juan José Espejel M., Pas Biol. Mario Lara Pérez Soto y Pas Biol. A. Claudia Padilla Souza.

- Biología de Campo (1989) "Caracterización de los arrecifes coralinos de la sección del Puerto de Veracruz, Ver" Biol. de Campo. Asesores: Dr. Carlos García Saez, Biol. Mario Lara Pérez Soto, Pas. Biol. A. Claudia Padilla S. y Pas. Biol. Longino Jácome P.

- Tesis Profesional (1983) "Análisis de la distribución y abundancia del género *Cyphoma* (gasteropoda: Ovulidae), en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo." Tesis Profesional. Juan José Espejel Montes. Fac. Ciencias, UNAM.

- Tesis Profesional (1989). "Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México". Tesis Profesional. Mario Lara Pérez Soto. Fac. Ciencias, UNAM.

- Lara, M., C. Padilla, J. Espejel. (1988). "Ecología comunitaria de los corales hermatípicos de Veracruz, Méx" I. Ciclo de Conferencias: La ciencia y el buceo. Fac. de Ciencias, UNAM.

- Lara, M. y C. Padilla (1988). "Análisis de la estructura comunitaria de corales escleractinios en arrecifes de Antón Lizardo, Veracruz". Memorias del VI Simposium Ciencias en Sistemas Biológicos, Fac. de Ciencias, UNAM.

- Lara, M., C. Padilla y C. García (1989). "Los arrecifes coralinos de Antón Lizardo, Veracruz". I. Zonación y Fases sedimentarias. Artículo en preparación.

- Padilla, C., M. Lara, C. García (1989). "Los arrecifes coralinos de Antón Lizardo, Veracruz". II. Estructura comunitaria y diversidad. Artículo en preparación.