



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGÍA

"ASPECTOS GEOLOGICOS Y ECOLOGI-
COS DE LA DISTRIBUCION DE LOS
ESCLERACTINIOS EN LOS ARRECIFES
CORALINOS DE ANTON LIZARDO Y EL
PUERTO DE VERACRUZ, GOLFO DE
MEXICO"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

JUAN JOSE ESPEJEL MONTES

MEXICO, D. F.

1991

I

" ASPECTOS GEOLOGICOS y ECOLOGICOS de la DISTRIBUCION de los ESCLERACTINIOS en los ARRECIFES CORALINOS de ANTON LIZARDO y el PUERTO de VERACRUZ, GOLFO de MEXICO "

CONTENIDO

	Página:
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	9
2.1) Comunidades de escleractinios y formación de los arrecifes	12
- Fase inicial de colonización	12
- Diferenciación de las principales zonas de escleractinios en las regiones arrecifales	14
AREA DE ESTUDIO	16
3.1) Revisión taxonómica de las especies de escleractinios de la localidad	16
3.2) Localización, fisiografía y sedimentos del declive costero	18
MATERIAL Y METODOS	20
4.1) Aspectos taxonómicos	20
4.2) Aspectos ecológicos	20
4.3) Aspectos geológicos	22
RESULTADOS	26
5.1) Distribución de los escleractinios en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento de los arrecifes Rizo, Isla de Enmedio, Santiaguillo y Anegadilla	26
5.1.1) Representatividad del muestreo	26
- Tamaños de muestra por regiones	27

II

CONTENIDO

	Página:
5.1.2) Proporciones de los índices de <u>diversi</u> <u>dad</u> específica y de los valores de <u>den</u> <u>sidad</u> , cobertura y tamaño de las colo- nias en las regiones arrecifales . . .	31
5.1.3) Valores de importancia relativa de las especies	35
5.1.4) Formas y tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia	38
- Barlovento	41
- Cresta	42
- Laguna	43
- Sotavento	43
5.1.5) Zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz . . .	44
5.2) Caracterización geológica de los arreci- fes coralinos en el <u>declive</u> costero de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz . . .	49
5.2.1) Estimaciones cartográficas de las áreas y de las profundidades de <u>implanta</u> <u>ción</u> y observaciones de la riqueza espe- cífica y los números de zonas de 20 arreci- fifes de la localidad	49
- Cálculos del área de las llanuras arreci- fales	50
- Tipos de perfiles arrecifales	50
5.2.2) Análisis comparativo de los arrecifes de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz . . .	51
- Comparaciones del desarrollo coralino por secciones costeras y por niveles de profundidad	54

III

CONTENIDO

Página:

5.2.3) Relaciones de la riqueza específica de los escleractinios con las áreas, profundidades de implantación y los números de zonas arrecifales	57
- Relación de la riqueza específica con las áreas arrecifales	57
- Relación de la riqueza específica con la profundidad de implantación de los arrecifes	58
- Relación de la riqueza específica con los números de zonas por arrecife	58
DISCUSION	61
6.1) Aspectos taxonómicos	61
6.2) Aspectos ecológicos	61
- Composiciones específicas y estructura de las comunidades por regiones y entre arrecifes	63
- Zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y del Puerto de Veracruz	65
6.3) Aspectos geológicos	67
- Determinación de los intervalos de profundidad del desarrollo arrecifal coralino en el declive costero	68
- Riqueza específica de los escleractinios	69
CONCLUSIONES	70
LITERATURA CITADA	74
APENDICE	80
AGRADECIMIENTOS	
.	

IV

CONTENIDO

Página:

INDICE de FIGURAS, TABLAS y de ANEXOS.	
Figura 1) Distribución de los arrecifes cora- linos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz en los niveles de profundidad del declive costero	24
Figura 2) Fisiograma de los arrecifes Santiaguillo y la Anegadilla	25
Figura 3) Tipos de perfiles arrecifales a 4 profundidades de implantación y zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz	46
Tabla 1) Tamaños de muestra por regiones de barlovento , cresta, laguna y sotavento de 4 arrecifes	29
Tabla 2) De los valores de los índices de di- versidad, de equitabilidad y de las medidas de densidad, coberturas y tamaño de las colonias observadas en las regiones de barlovento, cresa, laguna y sotavento	32
Tabla 3) Valores de frecuencia relativa de las formas coloniales de las especies abundantes y de abundancia intermedia por regiones de 4 arrecifes	39
Tabla 3a) Valores de frecuencia relativa de los tamaños coloniales de las especies abundantes y de abundancia intermedia por regiones de 4 arrecifes	40
Tabla 4) Datos cualitativos y valores de las variables cartográficas y observadas para la caracterización geológica de 20 arrecifes coralinos emergidos	48

CONTENIDO

	Página:
APENDICE	80
Anexo 1) Listado taxonómico en orden sistemático de los escleractinios del Golfo de México, indicando a las especies observadas en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz	80
Anexo 2) Formato de la hoja de campo de registro de datos para escleractinios y definición de los intervalos de los tamaños y las formas de las colonias	82
Anexo 3) Tablas de los análisis de varianza de clasificación simple de las coberturas por colonia por transecto, para la totalidad de muestras entre las regiones semejantes de 4 arrecifes	83
Anexo 4) Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m, en las 15 regiones arrecifales en estudio	84
Anexo 5) Valores de importancia relativa de los escleractinios por regiones de los 4 arrecifes en estudio, considerando las proporciones de los tamaños y de las formas de las colonias	92
Anexo 6) Tablas de los análisis de varianza de las regresiones de las relaciones de las riquezas específicas de los arrecifes con respecto a las áreas de las llanuras arrecifales, las profundidades de implantación y los números de zonas	100

A mis padres OLGA y RAYMUNDO,

mis hermanos RAYMUNDO, JORGE, CARLOS y
GLORIA,

mis cuñadas MARCELA y DOLORES,

mis sobrinas ANDREA, PAULA y LAURA y

a AMAYA BERNARDEZ de la GRANJA.

RESUMEN



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

Considerando las conclusiones de los estudios relacionados con el papel de las comunidades coralinas de los escleractinios como estructuradores del sustrato calcáreo y su influencia en la topografía arrecifal, diversos autores han descrito la importancia de la acción diferencial de los agentes de perturbación física del ambiente, como el principal determinante de las distintas estructuras comunitarias que estos organismos presentan alrededor de un arrecife. Estas diferencias de estructura comunitaria, son reflejo de la acción combinada de estos agentes, y como resultado, las colonias de las especies más abundantes adquieren tamaños y formas particulares que determinan los rasgos topográficos de cada arrecife (Porter, 1974; -- Connell, 1977; Jordán, 1980; Glynn, 1982; Grigg, 1983 y Huston, 1985).

El presente estudio enfoca la distribución de los escleractinios en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento en cuatro arrecifes distintos interpretando los estimadores de la estructura comunitaria y aplicando un análisis comparativo de éstas para las regiones de un arrecife y para las regiones similares de los distintos arrecifes.

También se enfocó la distribución de los escleractinios en función de la riqueza específica, los números de zonas, el área de llanura y la profundidad de implantación correspondientes a veinte arrecifes asentados a distintas profundidades del declive costero. Se considera que cada forma arrecifal es asimismo, reflejo y resultado de la acción diferencial de los agentes físicos de perturbación del ambiente (energía del oleaje y corrientes, temperatura, incidencias de agua dulce, sedimentos y luz).

Los resultados de este estudio, en cuanto a la estructura comunitaria de los escleractinios, sugieren que estas comunidades se diferencian, principalmente, por la densidad, cobertura, tamaño y forma de las colonias correspondientes a un pequeño grupo de especies abundantes presentes en todas las regiones y representativas de un tercio del total de la riqueza específica por arrecife. En cuanto a las composiciones específicas no hay diferencias esenciales, las bajas variaciones en las representaciones de las especies raras entre los arrecifes se localizan en las pendientes y están posiblemente relacionadas con la extensión en la profundidad de éstas.

Con base en los tamaños y formas de las colonias y el modelo de zonación de los arrecifes coralinos de la región zoogeográfica del Caribe de Goreau et al. (1959, 1973), se proponen diez zonas distintivas de la estructura comunitaria de los escleractinios que componen a los arrecifes del lugar.

Respecto a la distribución de los escleractinios en lo particular de cada arrecife, independientemente de sus profundidades de implantación; se determinó que entre los 10 y los 20 metros de profundidad, se localizan las zonas de mayor densidad, cobertura, formas coloniales y de riqueza específica. Por lo general, en este intervalo, se desarrollan en los barloventos la zona de macizos del contacto de colonias de ramificación gruesa de Acropora palmata con las colonias esféricas de Montastrea annularis (Zona 8) y la zona de colonias esféricas e incrustantes de las especies abundantes (Zona 9). Asimismo, en los sotaventos, se desarrollan la zona de colonias de ramificación delgada de Acropora cervicornis (Zona 2) y la zona de colonias esféricas e incrustantes de las especies abundantes (Zona 3).

Interpretando la distribución de los escleractinios presentes en los arrecifes asentados en los distintos niveles de profundidad del declive costero, se determinó que entre los 10 y los 20 m de profundidad, se encuentran los arrecifes con las mayores riquezas específicas (hasta 24 sp) y extensiones de sustrato calcáreo (63% del área arrecifal total).

INTRODUCCION

Los arrecifes coralinos se definen considerando los distintos niveles de integración de las disciplinas científicas avocadas a su estudio de las maneras siguientes:

Como estructuras geológicas son de interés debido al origen biológico de las rocas calcáreas que los conforman. De este modo, las masas calcáreas arrecifales permanecen durante largos períodos y en consecuencia, son afectadas por otros procesos geológicos de mayores dimensiones tales como el vulcanismo, la subsidencia y los cambios en el nivel del mar. En relación con estos procesos, los corales escleractinios han presentado distintas tasas de formación y de depósito de los sustratos calcáreos en que habitan, o la terminación del desarrollo arrecifal por extinción de las comunidades coralinas (Ladd, 1977; Orme, 1977; Rezak et al. 1985).

Biológicamente las masas calcáreas son producto de muy bajas proporciones de materia viva correspondientes principalmente a las algas y a los escleractinios. Los ciclos de vida de estos organismos son fenómenos de corta duración que pueden permanecer durante milenios, contribuyendo así con la forma y el depósito de enormes arrecifes (Stoddart, 1969; Connell, 1977).

Ecológicamente Wells (1954) los ha descrito como ambientes marinos aislados en estado estacionario de productividad orgánica, caracterizado por densidades poblacionales altas, un intenso metabolismo del calcio y con redes tróficas complejas. Generalmente las aguas alledañas a estos ambientes contienen bajas concentraciones de nutrientes minerales y de plancton (Rosen, 1983; Odum, 1955).

El presente trabajo, enfoca el papel de los corales constructores arrecifales pertenecientes al Orden Escleractinios y los hidrocoralarios pétreos del Género Millepora, desde los puntos de vista de su distribución local en las regiones de los arrecifes, y de su distribución global, en los arrecifes asentados en los distintos niveles de profundidad del declive costero de Antón Lizardo y el Pto. Veracruz.

Las comunidades coralinas de escleractinios que contribuyen activamente con el depósito de sus esqueletos calcáreos como estructuradores de los sustratos bentónicos e influyen en la topografía de los arrecifes, son descritas desde el punto de vista ecológico de las estructuras comunitarias en las pendientes arrecifales o regiones de barlovento y sotavento, y en las llanuras arrecifales constituidas por las regiones de cresta y laguna, correspondientes a cuatro arrecifes de distinto tamaño y profundidad de implantación de la sección costera de Antón Lizardo.

Con referencia en estas muestras se pretende obtener interpretaciones representativas de todos los arrecifes al respecto de las causas, preponderantemente los agentes físicos del ambiente (energía del oleaje y corrientes, temperatura, aportes de agua dulce y sedimentos e incidencia de la luz), cuya acción diferencial en las regiones de un arrecife y en las regiones similares de distintos arrecifes determinan las particulares formas de estructura comunitaria de los escleractinios en las regiones y la totalidad de estos arrecifes.

Al igual que Jordán (1980) y Grigg (1983) el estudio de algunas secciones arrecifales representativas y un amplio trabajo de observación permiten proponer un patrón general de la distribución de los escleractinios para todos los arrecifes, y asimismo, relacionar los distintos estadios de la comunidad coralina con los procesos de estructuración de los sustratos calcáreos y la topografía arrecifal.

Los agentes físicos del ambiente actúan sobre el conjunto de arrecifes en una amplia incidencia regional, se ha interpretado que las comunidades coralinas reflejan en su estructura a estas variaciones (Huston, 1985), en este caso, se determinó que las variaciones del ambiente no influyen en las composiciones específicas de los escleractinios presentes en todo el sistema arrecifal, pero sí actúan sobre las proporciones de representación de las especies, las densidades, las coberturas, los tamaños y las formas de las colonias en cada región y la totalidad de cada arrecife.

Analizando comparativamente las caracterizaciones de las estructuras comunitarias de escleractinios por regiones de un arrecife y entre los arrecifes, se sugiere que los barloventos, las crestas, los sotaventos y las lagunas en este orden, determinan la forma y la extensión de los sustratos calcáreos y la morfología total del arrecife,

en primer término por las formas y tamaños de las lonias pertenecientes a siete especies abundantes según las variaciones de su representación, y en segundo término, por las densidades y las coberturas por colonia de éstas.

Considerando los aspectos morfológicos de las colonias y una clasificación de las especies a partir de su cobertura por colonia, frecuencia relativa y su presencia en las regiones arrecifales se describen para la localidad:

6.5 ± 1.3 especies abundantes que constituyen el 84.65 ± 6.9% de la cobertura total de cada arrecife, presentes en todas las regiones.

5.25 ± 1.5 especies de abundancia intermedia que constituyen el 10.9 ± 4.6% de la cobertura total de cada arrecife, presentes en todas las regiones.

7.8 ± 1.7 especies de abundancia muy baja que constituyen el 4.4 ± 2.8% de la cobertura total de cada arrecife, presentes casi exclusivamente en las pendientes.

Se explican las anteriores proporciones específicas y respectivas abundancias en términos del modelo de series logarítmicas (May, 1975) y se sugiere probar estos resultados de acuerdo con el modelo dinámico de Hughes (1986).

Analizando las representaciones proporcionales de las formas y tamaños de las colonias correspondientes a doce especies consideradas abundantes y de abundancia intermedia, se propone una diferenciación de las comunidades coralinas o un modelo de zonación por regiones y el total de los arrecifes de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

Una vez sugerida la uniformidad de las composiciones específicas entre los arrecifes, se plantea determinar la distribución de los escleractinios considerando la riqueza específica, las zonas y las áreas de cada uno de éstos, en función de sus profundidades de asentamiento en los distintos niveles del declive costero.

Este nivel de integración denominado geológico, sugiere en principio, una tipificación plausible de la morfogénesis de cada arrecife, según los números de zonas que presentan y su ubicación en los niveles de profundidad del actual declive costero (Pichon, 1981).

Se propone un mapa de la distribución de los arrecifes en el declive costero y se les caracteriza comparativamente a partir de las correspondientes estimaciones, cartográficas de profundidad de implantación, área arrecifal y las observaciones de riqueza específica y números de zonas.

La primera caracterización clasifica a veinte arrecifes por sus tamaños como grandes, medianos, pequeños y puntas y describe a cada uno de acuerdo con una explicación de las regiones y zonas coralinas más evidentes, es decir, se describen las formas arrecifales como reflejo de su posición en el declive costero y la incidencia de los agentes de perturbación física del ambiente que determinan el desarrollo de las comunidades coralinas.

La segunda caracterización determina los intervalos de profundidad del crecimiento coralino, en lo particular de cada arrecife, y los porcentajes de área arrecifal observada en el declive costero. Como resultado se establece que entre los diez y veinte metros de profundidad se encuentran los sitios de mayor crecimiento coralino.

En lo particular de cada arrecife, es en este intervalo donde frecuentemente se hallan las comunidades de colonias del contacto entre Acropora palmata y Montastrea annularis y las de las colonias esféricas e incrustantes del barlovento. En las pendientes de sotavento, se encuentran las colonias de ramificación delgada de Acropora cervicornis.

De acuerdo con el declive y las líneas de profundidad del perfil costero, en la planicie comprendida entre los diez y veinte metros de profundidad, se observó el 63.3% del área arrecifal total.

Analizando las relaciones de la riqueza específica observada en los veinte arrecifes con respecto a las profundi-

dades de implantación, las áreas y los números de zonas de éstos, se sugiere que la mayor riqueza específica de los escleractinios de la localidad está influida por el intervalo de profundidad óptimo del desarrollo coralino correspondiente a los diez y veinte metros.

Por último, se sugiere que las diferencias entre arrecifes, en cuanto a las variaciones en la representación de las especies de abundancia muy baja o raras, están relacionadas con las extensiones en la profundidad de las pendientes y con ciertos aspectos morfológicos de sus colonias, generalmente pequeñas y de pólipos grandes.

La hipótesis sobre la que se elaboraron los objetivos del presente estudio surge de la consideración de varios autores como Porter (1974), Connell (1977), Jordán (1980), Glynn (1982), Grigg (1983) y Huston (1985), acerca de que las estructuras comunitarias de los escleractinios, están principalmente influenciadas por la acción diferencial de los agentes de perturbación física del ambiente tales como la energía del oleaje, las corrientes, la temperatura, la sedimentación y la luz. Luego entonces, las distintas estructuras comunitarias pueden ser consideradas el resultado y un reflejo de la acción combinada de éstos.

Dado lo anterior y enfatizando que existen factores biológicos inherentes a los ciclos de vida e interacciones poblacionales de estos organismos, asimismo determinantes de las estructuras comunitarias de los escleractinios (Lang, 1970; Loya, 1972; Connell, 1977; Huston, 1985 y Hughes, 1986), se interpretaron como enfoque ecológico de la distribución de los escleractinios, los estimadores de la estructura comunitaria aplicados a las regiones de un arrecife y a las regiones similares de cuatro arrecifes de distinto tamaño y profundidad de implantación.

Como enfoque geológico de la distribución de los escleractinios en el conjunto de arrecifes asentados en el declive costero; se interpreta también que la acción diferencial de los agentes físicos del ambiente, según la posición

de cada arrecife, es determinante de las extensión del sustrato, el número de zonas y la riqueza específica presente en cada uno de éstos.

Los objetivos son los siguientes:

1) Describir la estructura de las comunidades de escleractinios en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento de los arrecifes Rizo, Isla de Enmedio, Santiago y Anegadilla, con base en el muestreo de las composiciones y la diversidad específicas y las densidades, coberturas, tamaños y formas de las colonias.

2) Utilizando las estimaciones cartográficas área de las llanuras y profundidades de implantación, y las observaciones de número de zonas y de riqueza específica en veinte arrecifes coralinos de la localidad, determinar en el declive costero las distintas proporciones del desarrollo de las comunidades coralinas por intervalos de profundidad.

La realización de este estudio ha empleado ocho años repartidos de la siguiente manera: cinco años de observaciones subacuáticas, aéreas y toma de datos realizadas por varios grupos de trabajo capacitados y organizados en el contexto de los cursos de "Biología de campo en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz", proyectados e impartidos por el autor en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M.; y tres años de análisis de la información expresados en los reportes semestrales de los cursos, cinco tesis de licenciatura y la elaboración del presente trabajo.

ANTECEDENTES

El Puerto de Veracruz fue fundado en una llanura costera baja y arenosa por Hernán Cortés en 1519 como puerto de aprovisionamiento. Sobre el arrecife Gallega se construyó el Fuerte de San Juan de Ulúa. Los primeros sondeos de la profundidad del declive costero fueron realizados por Alf Panzoni en 1806. Heilprin (1890) describió los rasgos de las regiones someras y algunos taludes arrecifales en relación con los vientos dominantes y los depósitos de sedimentos; también describió las fragmentaciones y el derribamiento de los escleractinios por efecto de un huracán (septiembre, 1888), realizó una colecta de estos organismos y clasificó a los arrecifes según su forma (Emery, 1963).

Smith (1954) publicó un listado taxonómico de los escleractinios colectados en varios arrecifes del Puerto de Veracruz, describiendo el área de estudio con base en la carta de navegación número 2760 de la oficina hidrográfica de la Marina Norteamericana (1946), (Emery, 1963).

Moore (1958) realizó un estudio pionero sobre las composiciones específicas de los escleractinios en relación con las regiones del arrecife Blanquilla. En este mismo contexto cabe destacar los trabajos de Kornicker et al. (1959) quienes realizaron una descripción de las composiciones específicas y las proporciones de la abundancia de los escleractinios que componen las comunidades coralinas del arrecife Alacranes, localizado a 120 km al norte de la costa de Yucatán.

Emery (1963) expuso un análisis de la composición y la distribución de los sedimentos en torno a los arrecifes del Puerto de Veracruz. Arenas (1966) describió la hidrografía y el plancton en el arrecife Blanquilla. Green (1968) realizó el estudio taxonómico de las esponjas del arrecife Blanquilla. Jaims (1968) estudió la distribución de dos familias de copépodos en las aguas costeras del Puerto de Veracruz.

Lot (1968) describió la zonación de la vegetación marina de los arrecifes Blanquilla, Isla Verde, Isla Sacrificios, Hornos e Isla de Enmedio y discutió sobre la distribución de las fanerógamas marinas de acuerdo con las regiones del sistema litoral según la terminología de Perés. Las comunidades fanerogámicas circunscritas a los arrecifes corresponden a los "ceibadales" o pastos de *Thalassia*, éstos caracterizan a las llanuras arrecifales según su asociación con ciertas algas y escleractinios describiendo seis zonas:

- | | |
|---|---|
| 1) <i>Acropora palmata</i> . | 4) <i>Thalassia</i> - Porites. |
| 2) <i>Diploria</i> sp. | 5) <i>Thalassia testudinum</i> . |
| 3) <i>Thalassia</i> - <i>Diploria</i> . | 6) <i>Psamófila Halimeda</i> -
<i>Rhipocephalus</i> - ---
<i>Caulerpa</i> . |

Villalobos (1971) realizó un estudio complementario al de Moore (1958). Rannefeld (1972) colectó y describió a los escleractinios de las regiones arrecifales de Isla de Enmedio. Kuhulmann (1975) reportó 17 especies de escleractinios colectados en los arrecifes Blanquilla y Pájaros.

Santiago (1977) contribuyó con el trabajo de colecta y determinaciones taxonómicas más completo acerca de 26 especies de escleractinios del arrecife Blanquilla.

Castañares (1978) realizó la revisión taxonómica de los escleractinios de la sección norte de la Península de Yucatán correspondiente al Caribe mexicano, sobre esta base taxonómica formalmente establecida, Jordán (1980) describió la zonación y la estructura comunitaria de los escleractinios de esta sección costera. La importancia de este trabajo consiste en el establecimiento de los materiales y métodos y la interpretación de las estructuras comunitarias de los escleractinios en los arrecifes de México.

Los trabajos de vanguardia a nivel mundial sobre metodologías y análisis de las estructuras comunitarias de los escleractinios corresponden a Loya (1972) en los arrecifes de Eilat, Mar Rojo; Porter (1972) en los arrecifes de Panamá; Goreau et al. (1959, 1973) en Jamaica; Glynn (1982) en los arrecifes de la costa del Pacífico de Panamá; Grigg (1983) en el conjunto de arrecifes e islas de Hawaii y

Rezak et al.(1985) en los arrecifes Flower Garden de Florida.

Durante los últimos once años diversas instituciones como Corpus Christi State University, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (U.N.A.M.), Facultad de Ciencias (U.N.A.M.), Petróleos Mexicanos, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y el Departamento de Oceanografía de la Secretaría de Marina han incidido en la localidad con diversos objetos de estudio, no obstante, aún no hay aportaciones relevantes en el contexto de las comunidades de escleractinios.

Lara (1989) describió las composiciones específicas e índices de diversidad de los escleractinios del arrecife Anegada de Afuera y propone una zonación de las comunidades coralinas compuesta de nueve zonas.

Padilla (1989) aplicó la metodología y zonación expuestas por Lara (1989) regionalizando el arrecife Cabezo en tres secciones: extremas y central del arrecife.

Pizaña (1990) describió las composiciones específicas e índices de diversidad de los moluscos (Gasterópodos y Bivalvos) en varios arrecifes de la sección de Antón Lizardo.

Rosado (1990) describió las composiciones específicas e índices de diversidad de los actinarios y zoantarios en las zonas arrecifales descritas por Lara (1989) en el arrecife Chopas.

Bernárdez (1991, en preparación) utiliza análisis multivariados para los estimadores de estructura comunitaria de escleractinios basados en las composiciones específicas e índices de diversidad, complementando con otros estimadores como los tamaños, las coberturas y las formas de las colonias presentes en tres secciones del arrecife Chopas.

2.1) Comunidades de escleractinios y formación de los arrecifes.

- Fase inicial de colonización.

Hubbard (1974) demostró para los escleractinios de la región zoogeográfica del Caribe, que las colonias de Montastrea annularis, Siderastrea siderea, Porites astreoides y Diploria clivosa son capaces de proliferar en fondos arenosos no calcáreos graníticos y basálticos; ésta fase inicial de colonización depende de una cierta incidencia de corrientes mínima necesaria que evita el cubrimiento de las larvas por los sedimentos. Posteriormente, los depósitos calcáreos de estos esqueletos deben al menos permanecer y servir de refugio para otros organismos arrecifales colonizadores. Al principio de este proceso, la diversidad y cobertura coralina es baja y tienden a incrementarse con el tiempo, a esta fase se le denomina "comunidad poli específica inmadura".

Las proporciones de cobertura observadas al final de los procesos de colonización dependen de los grados de exposición a las corrientes, son altas cuando la incidencia es directa y bajas en condiciones protegidas; esta situación es constante independientemente de los tamaños de los sustratos en colonización. También se ha observado una relación inversa entre la cobertura y la diversidad (Porter, 1974). En este estado de desarrollo, el sustrato está ahora cubierto casi exclusivamente por colonias de escleractinios que crecen sobre un basamento calcáreo. Estos basamentos se elevan y se extienden sobre los fondos arenosos o los sustratos originales no calcáreos, por la acción estructuradora de los esqueletos de los escleractinios y el relleno, compactación y depósito de carbonatos y otros materiales provenientes de las algas calcáreas, moluscos, equinodermos y el entrampe de los sedimentos; a esta fase se denomina "comunidades coralinas sobre formaciones calcáreas" (Pichon, 1981).

La sobreposición y la expansión de los basamentos calcáreos depende de los agentes físicos del ambiente, típicamente descritos al respecto de los rangos que permiten la proliferación de los escleractinios (Stoddart, 1969).

Cuando los escleractinios desempeñan un papel evidente en la estructuración de los sustratos calcáreos y éste se refleja en la topografía resultante de la masa calcárea son descritos como corales constructores arrecifales. Esta diferencia es importante porque existen localidades con comunidades coralinas que recubren antiguos arrecifes o sustratos rocosos de cualquier origen sin jugar un papel significativo en cuanto al depósito de carbonatos, por lo tanto, tampoco equivalente al de los escleractinios que elevan y ensanchan a los arrecifes (Wainwright, 1965, citado por Stoddart, 1969 y por Pichon, 1981).

Generalmente las comunidades coralinas que estructuran arrecifes se levantan hasta el nivel del mar, en este estadio, existe una diferenciación de los escleractinios de las regiones de barlovento como activos constructores que emergen al arrecife, respecto de los escleractinios del sotavento. Dependiendo del asentamiento de cada arrecife en el perfil costero y en la medida que ambas pendientes se extienden en la profundidad, y las crestas se extienden en la superficie, los escleractinios comienzan a diferenciarse presentando colonias más o menos esparcidas y con distintos tamaños, coberturas y formas, desarrollando diversos procesos de estructuración de los sustratos calcáreos denominados zonas (Loya, 1972; Porter, 1972, 1974; Goreau et al. 1973).

Pichon (1981) ha descrito dos posibilidades del crecimiento arrecifal a partir de una comunidad coralina desarrollada dependientes de la topografía del fondo marino. Estas son: arrecifes desarrollándose sobre las pendientes de las costas y arrecifes desarrollándose sobre plataformas horizontales sumergidas.

- Diferenciación de las principales zonas de escleractinios en las regiones arrecifales.

Una vez alcanzada la superficie, el crecimiento vertical se detiene, dando lugar a un desarrollo en extensión horizontal por parte de los escleractinios característicos de la cresta arrecifal. En la medida que ésta se sustenta en las colonias esféricas e incrustantes del barlovento, se extiende en la misma dirección de las corrientes y el oleaje dominantes formando tras de sí a los sustratos calcáreos del plano elevado de la cresta y del arrecife posterior.

El impacto del oleaje produce el fracturamiento de las colonias y de las rocas, el acarreo de fragmentos y sedimentos a lo ancho del arrecife forma sitios de depósito que con el tiempo pueden consolidarse y formar rocas o islas arenosas sobre la llanura arrecifal.

Los fragmentos que por efecto de la resaca se deslizan por la pendiente de barlovento, forman canales de erosión intercalados entre los grandes bloques verticales contruidos por las colonias esféricas de Montastrea annularis en contacto con las colonias de ramificación gruesa de Acropora palmata características de la cresta. Esta particularidad fisiográfica de los barloventos arrecifales fue denominada por Goreau et al. (1973) como sistemas de macizos y canales.

En la pendiente protegida o sotavento la colonización inicial característica esta determinada por colonias esféricas e incrustantes; cuando estas pendientes se extienden en la profundidad, entre los 5 y 10 metros, proliferan colonias de ramificación delgada de Acropora cervicornis que en principio se intercalan con las colonias iniciales y posteriormente las recubren formando amplios basamentos calcáreos (Knowlton et al. 1981).

Los límites de profundidad máximos para el desarrollo de las comunidades de escleractinios en ambas pendientes de los arrecifes fueron determinados por Porter (1976) en función de la penetración de la luz. Estas profundidades son esas donde la intensidad luminosa es aproximadamente igual

a la mitad de la penetración total de la luz, misma que varía entre los arrecifes dependiendo de las condiciones de sedimentación que les rodean. En estos sitios las colonias presentan formas aplanadas como una estrategia que les permite una mayor captación de la luz, así las colonias se extienden continuamente sobre los fondos arenosos o rocosos aledaños al arrecife, conformando nuevas comunidades coralinas sobre formaciones calcáreas o parches coralinos de ante y post arrecife, que pueden promover el ensanchamiento de la masa calcárea en la profundidad.

Adey (1978) sugiere al respecto de la morfogénesis de los arrecifes actuales, que la forma de los crecimientos arrecifales del barlovento es un proceso directamente controlado por el crecimiento potencial de los corales dominantes y las algas coralinas en relación con la energía del oleaje y con las elevaciones del nivel del mar. Explica que cuando la energía del oleaje incidente en el arrecife es moderada, se favorecen los crecimientos rápidos en vertical que son porosos y no cementados, cuando ésta es alta, se favorecen los crecimientos lentos muy compactos.

López (1983) considera que los actuales niveles de profundidad del declive costero de la Cuenca de Veracruz representan antiguas líneas de costa resultantes de una serie de eventos regresivos y transgresivos del nivel del mar en la localidad. Estos cambios pueden ser explicados de acuerdo con los levantamientos epirogénicos y el vulcanismo como fenómenos geológicos de gran escala característicos de esta cuenca. Considerando los actuales niveles de profundidad del perfil costero, puede sugerirse que los arrecifes más antiguos son aquellos implantados a mayor profundidad.

Por su forma Emery (1963) y Milliman (1973) han clasificado a los arrecifes de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz, como arrecifes bordeantes representados por pequeñas plataformas aisladas que crecen sobre el declive costero.

AREA DE ESTUDIO

3.1) Revisión taxonómica de las especies de escleractinios de la localidad.

El Golfo de México es un cuerpo de agua circunscrito a una línea costera arqueada de 4000 km desde la Bahía de Florida hasta Cabo Catoche, Yucatán. Desde el punto de vista de la biota costera, para una misma latitud, existe un alto grado de homogeneidad de las comunidades de organismos habitantes de los extremos occidental y oriental del Golfo.

En el gradiente latitudinal no es así, debido a que las costas del norte tienen clima templado y están fuertemente sometidas a aportes de sedimento terrígeno, mientras que las costas del sur, presentan clima tropical y una gran influencia de carbonatos biogénicos (Britton y Morton, 1989).

Sobre el zócalo continental por arriba del nivel de profundidad de los 200 m existen innumerables afloramientos rocosos coralinos de distintas proporciones que se elevan desde los fondos arenosos con alturas variables.

Debido al intercambio de corrientes en los extremos del Golfo con el mar Caribe, los arrecifes coralinos más orientales como Middle Grounds, Florida y Alacranes (120 km al norte de Yucatán) presentan una mayor semejanza de especies de escleractinios con respecto a los del Caribe. Milliman (1973) y Britton y Morton (1989) sugieren que los escleractinios de las comunidades coralinas y los arrecifes del Golfo se han derivado de los ambientes arrecifales bordeantes de la cuenca del Caribe. En términos generales, la diversidad específica de los escleractinios del Golfo de México decrece de este a oeste y de sur a norte.

Considerando las localidades arrecifales coralinas del Golfo de México, los estudios de taxonomía de escleractinios de Santiago (1977) y Castañares (1978) y las riquezas específicas reportadas en varios arrecifes se exponen en el siguiente cuadro:

LOCALIDAD ARRECIFAL (latitud aproximada)	AUTORES (Fecha)	RIQUEZA ESPECIFICA
Bancos Flower Garden (27° 53' N)	Tresslar (1974)	21
Banco Steston (24° N, sumergido)	Britton y Morton, (1989)	--
Middle Grounds (28° N)	Grimm y Hopkins, (1977)	16
Isla Lobos (21° N)	Chávez (1973)	15
Arrecife Blanquilla (19° N)	Moore (1958)	10
Arrecifes Blanquilla y Pájaros	Villalobos (1971)	20
Arrecifes Blanquilla y Pájaros	Kuhulmann (1975)	17
Arrecife Blanquilla (19° 13' N)	Santiago (1977)	26
Isla de Enmedio (19° 05' N)	Rannefeld (1972)	21
Anegada de Afuera (19° 05' N)	Lara (1989)	20
Arrecife Cabezo (19° 00' N)	Padilla (1989)	22
Arrecife Chopas (19° 05' N)	Bernárdez (1991)	24
Cayos Arenas, Nuevo y Arcas	---	--
Arrecife Alacranes (23° N)	Kornicker (1959)	17



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

Dado que no existe una colecta completa de los escleractinios del Golfo de México, la representación faunística de estos organismos debe ser integrada con base en la revisión y análisis de los trabajos antecedentes. En el Anexo 1 se expone en orden sistemático la lista taxonómica de los escleractinios del Golfo de México indicando a las especies observadas en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

Se reporta un total de 29 especies de escleractinios en esta localidad. A éstos se añaden las especies del Orden Milleporina, Género Millepora, especies alcicornis y

complanata, dada su importancia como corales constructores conspicuos de las llanuras arrecifales.

La riqueza específica en las regiones componentes de los arrecifes es naturalmente distinta. En este estudio cabe señalar algunas subestimaciones como consecuencia del error humano durante la toma de muestras respecto a especies de muy baja abundancia, éstas son: Madracis decactis, Acropora prolifera, Helioseris cucullata, Porites furcata, Colpophyllia amaranthus, Solenastrea bournoni, Oculina -- valenciennesi e Isophyllia multiflora. (Wells, 1971; 1973).

3.2) Localización, fisiografía y sedimentos del declive costero.

Emery (1963) describió que en la mitad interior de la plataforma continental frente al Puerto de Veracruz, se elevan arrecifes coralinos asentados sobre declives compuestos por residuos calcáreos arrecifales. Indicó respecto a la composición de sedimentos del lugar, que el principal productor de detritos son los corales escleractinios, como productores secundarios identificó a las conchas de moluscos y a las algas rojas coralinas Halimeda. Las playas de tierra firme tienen arena fina compuesta por casi el 50% de vidrios volcánicos y feldespatos. El declive costero entre los arrecifes está cubierto por lodos y arenas grises ricos en materia orgánica.

Los arrecifes se alargan paralelamente a las curvas de nivel del fondo y en dirección de los oleajes dominantes; respecto al actual nivel del mar el declive costero presenta a aproximadamente 1.7 km de la costa la línea de profundidad de los 10 m; las líneas de profundidad de 20, 30 y 40 m, se hallan a 3.5 km, 6.5 km y 9.3 km respectivamente, de distancias promedio a la costa.

Geográficamente, la sección de arrecifes de Antón Lizardo está ubicada en el área del cuadrante definido por las posiciones 19°15' y los 19°05' de latitud norte, y de los 96°00' a los 95°50' de longitud oeste.

La sección de los arrecifes del Puerto de Veracruz, en el área del cuadrante definido por los 19°15' a los 19°10' de latitud norte, y de los 96°10' a los 96°02' de lon

gitud oeste.

Ambas secciones están claramente separadas por los aportes de agua dulce y de sedimentos provenientes del río Jamapa.

El tipo de clima según Köepen modificado por García es AW2"(w)(i') tropical húmedo, o cálido subhúmedo, con lluvias en verano. De mayo a agosto hay un período cálido mayor de los 28°C, altas precipitaciones provenientes de los vientos Alisios de la zona ecuatorial y vientos débiles del sureste (hasta 35 km/h). De septiembre a abril las precipitaciones son escasas, temperaturas ambiente templadas y frecuentes invasiones de masas de aire frío provenientes del centro y oriente de los Estados Unidos con vientos fuertes de más de 60 km/h y rachas violentas.

Los ríos Jamapa y Atoyac que fluyen al mar en Boca del Río, tienen un escurrimiento anual de 1670 millones de metros cúbicos. La descarga del río Antigua ha registrado volúmenes de 2400 millones de metros cúbicos y el río Alvarado de 20000 millones de metros cúbicos; durante la temporada de lluvias el agua en torno a los arrecifes es muy turbia y la visibilidad se reduce a 1 m (Padilla, 1989).

MATERIAL Y METODOS

4.1) Aspectos taxonómicos.

Se realizaron en el laboratorio las determinaciones taxonómicas de las especies de difícil reconocimiento en el campo con base en los trabajos de Smith (1948; 1954), Wells (1973), Santiago (1977) y Castañares (1978); se ~~co-~~tejaron estas determinaciones y las observaciones de la riqueza específica de los arrecifes del lugar con otros autores avocados al estudio de éstos, Lara (1989), Padilla (1989) y Bernárdez (1991, en preparación) y se propone una revisión taxonómica de los escleractinios del Golfo de México y de la localidad, apoyada en los trabajos de Santiago (1977), Castañares (1978) y Britton et al. (1989) y en las observaciones del autor.

4.2) Aspectos ecológicos.

El diseño de estudio y la representatividad de las muestras se realizaron y analizaron respectivamente, basados en las metodologías tradicionalmente establecidas para la cuantificación de los estimadores de la estructura comunitaria de los escleractinios. Las variables consideradas son: composición de especies e índices de diversidad y equitabilidad específicas (Shannon y Simpson), la densidad de colonias por transecto y las coberturas, los tamaños y las formas de las colonias de cada especie (Loya, 1972, 1978; Porter, 1972; Müller et al., 1974; Scheer, 1978; Jordán, 1980; Lara, 1989 y Padilla, 1989).

Todas las metodologías de estos autores han sugerido la definición de universos de muestreo o estratos, donde se ejecuta aleatoriamente la toma de muestras. En este estudio cada región del arrecife, las pendientes de barlovento y sotavento y la cresta y la laguna de las llanuras arrecifales, constituyeron cada estrato donde se tendieron transectos de cadena de 20 m de largo, ubicados perpendicularmente al eje longitudinal de los arrecifes con una orientación de 30° NE.

La localización de los sitios de muestreo por región, se determinó por la cuadriculación y enumeración de los sitios y la selección aleatoria de éstos; bajo este procedimiento se dirigió el envío de los grupos de personas que participaron en la toma de datos durante las cinco campañas de trabajo de campo.

La toma de datos consistió en registrar para cada metro del transecto las especies, los números de colonias, la estimación de cobertura por colonia en función del número de eslabones de 4 cm de largo en contacto con la parte viva de éstas, y los tamaños y las formas de cada colonia. Los tamaños y formas coloniales se evaluaron de acuerdo con dos clasificaciones arbitrarias de estas variables, las escalas de estas clasificaciones se componen de 8 intervalos respectivamente y se exponen en la hoja de registro de datos de campo del Anexo 2.

Scheer (1978) propone que las escalas de tamaños de las colonias pueden considerarse a partir de su elevación vertical en centímetros desde la fijación de cada colonia en el sustrato. También sugiere que las dimensiones de esta elevación, pueden clasificar los tamaños de las colonias en intervalos decimales. Este estudio utiliza las elevaciones verticales en centímetros pero con intervalos en escala geométrica de los tamaños, porque reflejan con más precisión las diferencias de dimensión de las colonias y los desniveles del sustrato.

Respecto a la tipificación de las formas de las colonias, las 8 categorías sugeridas son una aproximación general a la alta variedad de formas coloniales de los escleractinios.

Los valores de importancia relativa de los escleractinios comunmente se calculan a partir de los respectivos valores de frecuencia relativa y cobertura (Jordán, 1980).

En este estudio se complementa este valor con las frecuencias relativas y los números de colonias correspondientes a cada especie, según sus proporciones en los intervalos descritos para los tamaños y formas de las colonias.

Los valores de importancia relativa así obtenidos contienen una estimación de la variedad de tamaños y formas coloniales que una especie puede adquirir. Y reflejan con más exactitud el papel de los escleractinios como estructuradores de los sustratos calcáreos.

Se utilizó la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974), que relaciona la cobertura total observada de cada especie con su frecuencia relativa; esta técnica clasifica a las especies por su abundancia relativa y las describe de acuerdo con las categorías siguientes: especies abundantes, de abundancia intermedia o indicadoras, de baja abundancia o constantes y de abundancia muy baja o raras. Esta clasificación es de utilidad en la interpretación de las estructuras comunitarias coralinas para las regiones de un arrecife y entre las regiones semejantes de distintos arrecifes.

Se utilizaron los índices de diversidad y de equitabilidad de Shannon - Wiener y el índice de diversidad de Simpson como estimadores de las estructuras comunitarias coralinas por regiones (Loya, 1972). Se plantean las bases para futuros estudios acerca de las proporciones de las abundancias de los escleractinios respecto a los modelos de Series logarítmicas (May, 1975) y el dinámico de Hughes (1986).

Por último, se analizaron las representaciones proporcionales de las formas y los tamaños de las colonias pertenecientes a las especies abundantes y de abundancia intermedia en cada región de los 4 arrecifes en estudio. Este procedimiento aportó la diferenciación de las comunidades coralinas en las regiones arrecifales según los tamaños y las formas de las colonias; esta caracterización describió las zonas coralinas de escleractinios de cada región y la totalidad del arrecife.

4.3) Aspectos geológicos.

Para la caracterización comparativa de los arrecifes, se analizaron las cartas de navegación de la Secretaría de Marina números 822, 823 y 824, escalas 1:60000, 1:25000 y

1:7500 respectivamente. Se determinaron los números de arrecifes emergidos para cada sección costera, las áreas de las llanuras arrecifales de éstos y las líneas de profundidad del declive costero actual donde están asentados los arrecifes. Con esta información se elaboró un mapa de la distribución de los 10 arrecifes de la sección costera de Antón Lizardo y los 10 arrecifes de la sección costera del Puerto de Veracruz. (Fig. 1).

A partir de las observaciones realizadas con buceo y con jornadas de vuelo, se determinaron las riquezas específicas y los números de zonas presentes en los 20 arrecifes en estudio, como resultado se delinearon los perfiles arrecifales según los números de zonas que componen a los arrecifes implantados en las distintas profundidades, y se elaboró una interpretación fisiográfica de los arrecifes Santiagouillo y Anegadilla (Fig. 2).

Considerando los grados de contribución de cada arrecife al área arrecifal total, sus respectivas profundidades de implantación, las riquezas específicas y los números de zonas que les componen, se les clasificó por sus tamaños y se interpreta su forma de acuerdo con su posición en el perfil costero y la incidencia de los agentes físicos del ambiente.

Con esta información se proponen los intervalos de profundidad del desarrollo coralino en el perfil costero.

Finalmente, se plantearon algunas hipótesis acerca de la relación de las riquezas específicas de los arrecifes con respecto a las áreas, las profundidades de implantación y los números de zonas. Las variables de estas relaciones se sometieron a los análisis de varianza de las regresiones correspondientes (Zar, 1974), se discuten e interpretan los niveles de significancia de las hipótesis explicando sobre los factores que determinan la riqueza específica.

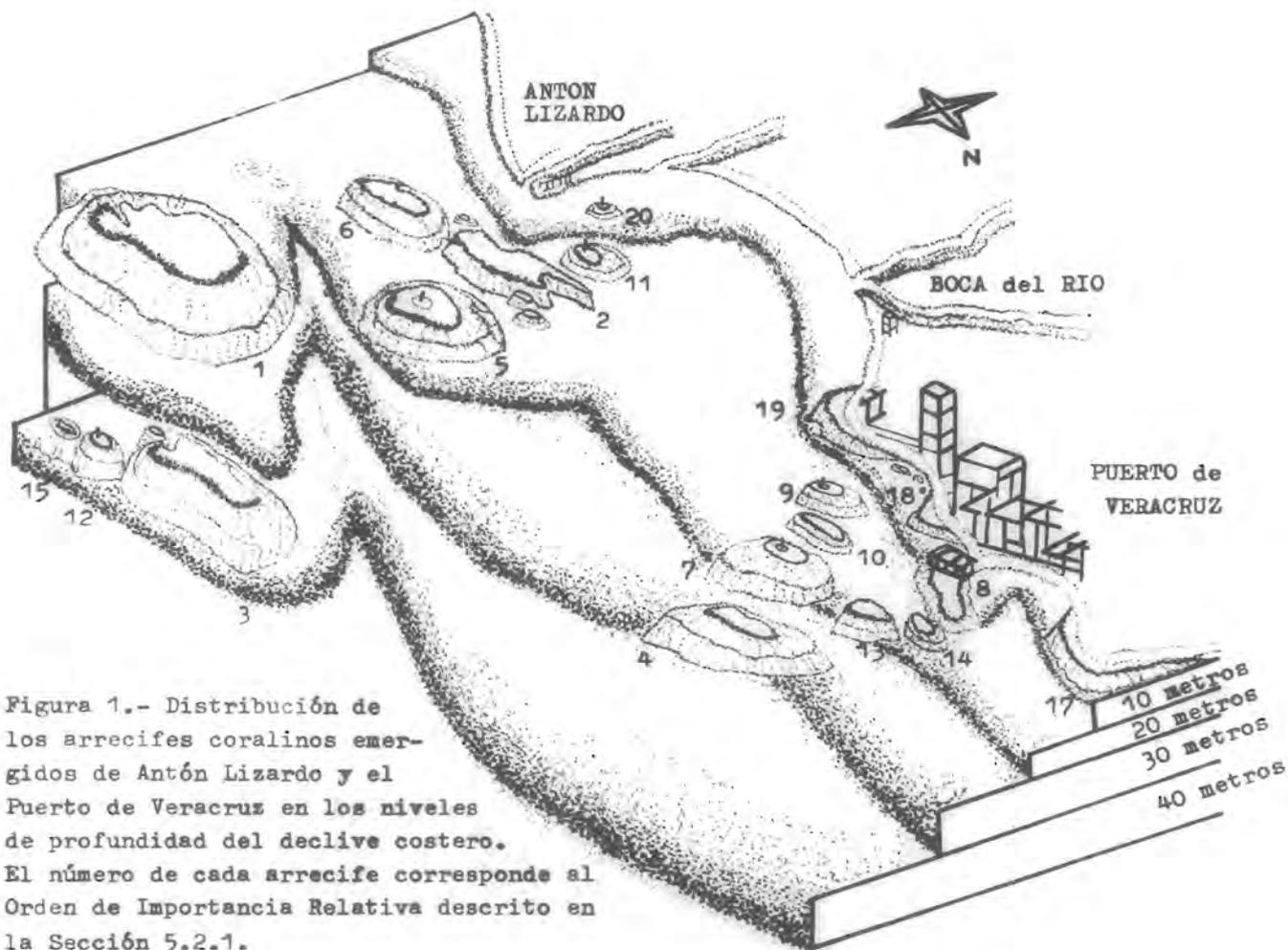


Figura 1.- Distribución de los arrecifes coralinos emergidos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz en los niveles de profundidad del declive costero. El número de cada arrecife corresponde al Orden de Importancia Relativa descrito en la Sección 5.2.1.

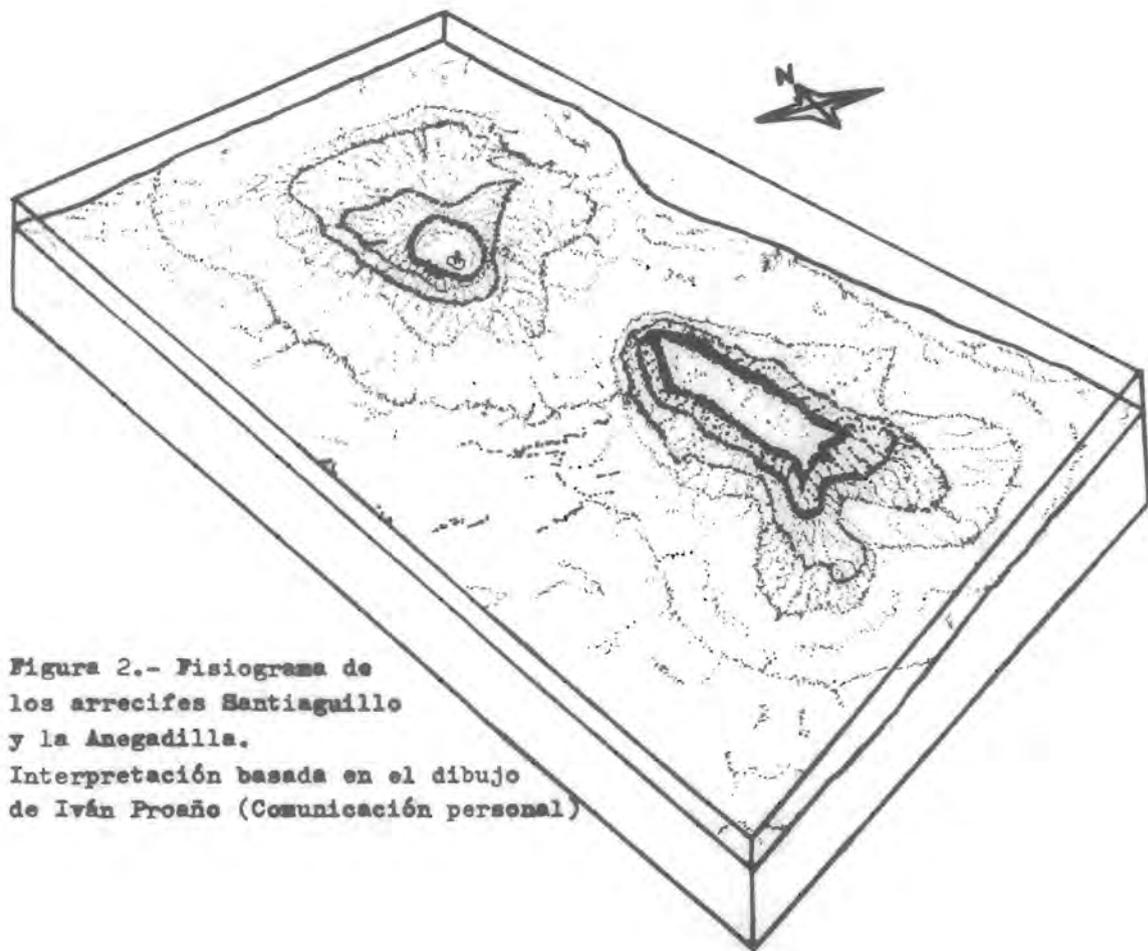


Figura 2.- Fisiograma de los arrecifes Santiaguillo y la Anegadilla. Interpretación basada en el dibujo de Iván Proaño (Comunicación personal)

RESULTADOS

5.1) Distribución de los escleractinios en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento de los arrecifes Rizo, Isla de Enmedio, Santiago y Anegadilla.

5.1.1) Representatividad del muestreo.

Considerando a cada región de los arrecifes como un estrato donde se aplicó aleatoriamente la toma de muestras (15 regiones), es importante probar la homogeneidad de los datos correspondientes al total de transectos ejecutados en cada región arrecifal. En primer lugar, se cuantifican las variaciones de los transectos para cada región de un mismo arrecife, y en segundo lugar, las variaciones de los transectos en las regiones semejantes de los distintos arrecifes (Loya, 1972).

La variable sometida al Análisis de Varianza de clasificación simple de los transectos de las regiones arrecifales, fue la cobertura por colonia (en centímetros lineales) observada en cada transecto (Zar, 1974).

Los propósitos de este análisis son:

Primero, describir la variabilidad de los transectos correspondientes a cada región de un mismo arrecife, con objeto de considerarla en la determinación de los tamaños de muestra por región, obtenidos de la relación del promedio acumulativo de especies versus metros lineales (Loya, 1972). Segundo, describir hasta que punto las regiones semejantes de los distintos arrecifes, comparten valores similares de cobertura por colonia para extrapolarlos en las estructuras comunitarias.

Las hipótesis en que se basaron estos análisis son:

H₀: Las coberturas promedio por colonia (cm) del total de transectos por región son iguales.

H_A: Las coberturas promedio por colonia (cm) del total de transectos por región son diferentes.

Los resultados de estos análisis se exponen en el Anexo 3. Respecto al análisis de la cobertura por colonia entre las regiones de un mismo arrecife, se rechazó H_0 con valores de F menores a 0.05 y se acepta H_A . Los barloventos presentaron coberturas por colonia de 56.06 cm, los sota ventos de 47.75 cm, las crestas de 44.98 cm y las lagunas de 22.09.

Respecto al análisis de cobertura por colonia entre las regiones semejantes de los distintos arrecifes, se aceptó H_0 con valores de F mayores de 0.05.

Estos resultados establecen las diferencias en cobertura por colonia entre las regiones de un arrecife y que las regiones semejantes de los distintos arrecifes pueden ser interpretadas bajo los mismos criterios.

- Tamaños de muestra por regiones.

Considerando el total de transectos correspondiente a cada región de los 4 arrecifes en estudio; se enumeraron los metros lineales muestreados por región y se obtuvieron aleatoriamente 10 agrupaciones de éstos. Cada grupo representa un metro lineal del transecto y se obtuvieron los valores promedio y las desviaciones estándar de los números de nuevas especies que aparecieron al incremento de los metros lineales muestreados. Loya (1972) ha utilizado esta técnica para estimar en cuántos metros de un transecto, no se encuentra un aumento significativo en cuanto a la aparición de nuevas especies. El Anexo 4 presenta los valores acumulativos promedio del número de especies registradas a lo largo de un transecto de 10 m; las curvas especies - metro correspondientes; las ecuaciones de cada curva; los valores de pendiente; número teórico de especies; tamaño mínimo de muestra y los metros lineales totales muestreados para las 15 regiones arrecifales en estudio.

Las estimaciones de los tamaños de muestra considerando esta técnica, consisten en determinar en que momento de la relación del número acumulativo de especies como función

del número de metros del transecto, la curva descrita se allana, es decir, se encuentra el número de metros donde las especies comienzan a acumularse en una razón logarítmica decreciente (Loya, 1972).

Porter (1972), Loya (1972,1978), Glynn (1982) y Huston (1985) han discutido y demostrado que un transecto lineal de 10 m , proporciona estimaciones representativas de la diversidad específica de los escleractinios en los estratos de muestreo definidos en los arrecifes, sin embargo, la distribución en parche de estas comunidades y los arreglos en el espacio entre las colonias son fenómenos particulares de cada sustrato calcáreo, por lo cual es relevante in dagar sobre las dimensiones de esta relación en cada localidad coralina.

Las curvas obtenidas del número acumulativo de especies versus metros lineales están descritas por la siguiente ecuación de una hipérbola rectangular (Glynn, 1982):

$$y = \frac{a x}{x + b}$$

donde: a = número máximo de especies.
 b = número de metros donde se obtiene un medio del máximo de especies.
 a/b = la pendiente.

El allanamiento de la curva corresponde a la constante a , que es el valor teórico máximo de especies.

El tamaño mínimo de muestra en metros lineales del transecto esta determinado por el doble de la constante b .

La pendiente indica la razón de aparición de nuevas especies con el incremento de metros lineales muestreados, por consiguiente, puede sugerirse que a altos valores de la pendiente se refleja una mayor cercanía entre las colonias y las especies componentes del sustrato calcáreo de una comunidad coralina.

Para calcular los valores de las constantes a y b, se utilizó el recíproco de la ecuación anterior, éste describe una recta con la cual se aproximan los valores de las constantes 1/a y 1/b por regresión lineal.

La ecuación de esta recta es:

$$1/y = 1/a + b/ax$$

La Tabla 1 agrupa los valores promedio de las constantes a, b, a/b de las regiones semejantes de los 4 arrecifes en estudio reportados en el Anexo 4.

REGION		PENDIENTE a/b	No. MAX. SP a	Tem. MUESTRA b
BARLOVENTO	x	0.587	14.05	46.28
	s.d	0.117	5.96	14.44
	c.v	19.93%	14.44%	31.2 %
CRESTA	x	0.351	6.49	37.37
	s.d	0.117	2.34	5.92
	c.v	33.3%	37.44%	14.15%
LAGUNA	x	0.305	9.24	59.59
	s.d	0.107	4.87	15.93
	c.v	35.08%	52.7 %	26.73%
SOTAVENTO	x	0.558	14.78	55.53
	s.d	0.14	2.08	14.51
	c.v	25.08%	14.07%	26.22%

Tabla 1.- Tamaños de muestra por regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento de 4 arrecifes. Presenta los valores promedio, desviaciones estándar y coeficientes de variación de las pendientes, números teóricos de especies y tamaños de muestra mínimos en metros lineales de transecto.

Analizando los valores de la Tabla 1, se interpreta para todas las regiones que el tamaño mínimo de muestra debe ser al menos de 60 m de transecto, es decir, haber ejecutado al menos 3 transectos de 20 m por región en el caso de este estudio. Los coeficientes de variación de los tamaños de muestra, presentaron en todas las regiones valores aproximados a un tercio del tamaño mínimo de muestra; esto significa que la disposición de las especies en los sustratos calcáreos es muy esparcida y la riqueza específica es baja.

En las regiones de barlovento y sotavento los valores del número máximo de especies y de las pendientes son muy semejantes, esto sugiere que los arreglos de las especies en los sustratos calcáreos de ambas regiones son similares.

La diferencia entre estas regiones consiste en los mayores valores de cobertura por colonia y del coeficiente de variación del número máximo de especies obtenidos en los barloventos respecto a los sotaventos.

En las regiones de cresta y laguna de la llanura arrecifal, los valores de los números máximos de especies y de las pendientes son aproximadamente semejantes, pero menores que en las regiones de barlovento y sotavento.

Las crestas presentan el menor valor del número máximo de especies, valores intermedios de cobertura por colonia (2 veces mayores que las lagunas y 1.2 veces menores que los barloventos y los sotaventos) y el menor tamaño de muestra.

Las lagunas presentan valores intermedios del número máximo de especies con un alto coeficiente de variación, los menores valores de cobertura por colonia y el mayor tamaño de muestra. Estos valores reflejan una disposición de baja frecuencia y dispersa entre las especies que habitan estas regiones.

5.1.2) Proporciones de los índices de diversidad específica y de los valores de densidad, cobertura, y tamaño de las colonias en las regiones arrecifales.

Los índices de diversidad específica y los valores observados de las colonias fungen como estimadores de la estructura de las comunidades coralinas en las regiones arrecifales (Loya, 1972; Jordán, 1980).

El objeto de analizar las proporciones de estos estimadores en las regiones arrecifales, consiste en determinar las semejanzas entre las estructuras comunitarias de las regiones arrecifales similares de los distintos arrecifes.

La Tabla 2 expone los valores de los índices de diversidad y las medidas de densidad, cobertura y tamaño de las colonias observados en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento de los arrecifes Rizo, Isla de Enmedio, Santiaguillo y Anegadilla.

Interpretando esta tabla desde un punto de vista comparativo entre las regiones similares de estos arrecifes, se observa que la mayor diversidad y equitabilidad específica se halla en los sotaventos, asimismo, existe una mayor densidad de colonias, una alta cobertura por colonia y un mayor tamaño de las colonias con respecto a los barloventos. Los barloventos presentan mayor variación en las composiciones específicas y mayores valores de cobertura por colonia respecto a los sotaventos.

Según las densidades de colonias por metro, estas regiones están 1.5 veces más pobladas que las de laguna y cresta; la cobertura por colonia es 1.7 veces mayor y los tamaños de las colonias 1.9 veces mayores.

Con respecto a las lagunas, las crestas presentan 2.1 veces más densidad de colonias por metro, 2 veces más cobertura y colonias 3.2 veces mayores.

REGIONES/TOTAL	.R I Z O					Isla ENMEDIO					SANTIAGUILLO					ANEGADILLA				
	B	C	L	S	T	B	C	L	S	T	B	C	L	S	T	B	C	L	S	T
TRANSECTOS No.	10	4	6	8	28	4	5	4	4	17	6	5	5	5	21	5	6	-	6	17
ESPECIES No.	17	8	12	16	22	12	3	7	14	21	13	5	7	13	20	8	8	-	13	16
DIVERSIDAD D'c.	.24	.55	.23	.15	.14	.25	.83	.30	.23	.16	.20	.90	.38	.38	.17	.58	.77	-	.22	.33
DIVERSIDAD H'c.	.78	.42	.71	.89	.86	.72	.14	.61	.77	.89	.81	.10	.57	.59	.87	.37	.24	-	.75	.67
EQUITABILIDAD J = H/H max.	.63	.47	.66	.74	.64	.67	.29	.72	.67	.68	.72	.19	.67	.53	.67	.41	.27	-	.68	.56
COLONIAS No.	147	39	65	97	348	41	29	22	50	142	89	49	23	56	217	37	53	-	64	154
\bar{x} cols / m	.73	.48	.54	.60	.59	.51	.29	.27	.62	.42	.74	.49	.23	.56	.50	.37	.44	-	.53	.44
\bar{x} tam / col (cm)	23. 4	9. 13	11. 57	26. 06	17. 54	23. 5	17. 65	2. 04	20. 04	15. 8	42. 32	41. 51	10. 1	27. 54	30. 35	35. 55	33. 21	-	66. 6	45. 13
COBERTURA TOTAL (cm)	67 20	914	18 42	47 50	142 26	30 62	12 74	302	24 66	71 04	55 84	24 92	664	27 40	114 80	19 08	23 54	-	50 56	93 18
\bar{x} cob / m (cm)	33. 6	11. 44	15. 32	29. 68	25. 4	38. 24	12. 72	3. 77	30. 8	20. 88	46. 52	24. 92	6. 64	27. 4	27. 32	19. 08	19. 6	-	42. 12	27. 4
\bar{x} cob / col (cm)	45. 7	23. 44	28. 32	48. 96	50. 02	74. 7	43. 9	13. 72	49. 32	50	62. 72	62. 28	28. 8	48. 92	55. 16	51. 6	44. 4	-	77. 84	60. 48

Tabla 2.- De los valores de los índices de diversidad (Simpson, D'c y Shannon, H'c), de equitabilidad (Shannon, J) y de las medidas de densidad, coberturas y tamaño de las colonias observados en las regiones de barlovento, cresta, laguna y sotavento.

En lo referente a la localización y los tamaños de estos arrecifes como ambientes donde se desarrollan las comunidades coralinas con respecto a los estimadores de la Tabla 2, cabe mencionar lo siguiente:

Los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio están a 5.7 y a 6.8 km de distancia de la costa; están implantados a los 20 m de profundidad y presentan respectivamente áreas arrcifales de 4.28 y 6.47 km^2 .

Los arrecifes Santiaguillo y Anegadilla están a 20 y a 21 km de distancia de la costa; están implantados a los 40 m de profundidad y presentan respectivamente áreas arrcifales de 1.015 y 0.74 km^2 , según los datos obtenidos en la sección 5.2.1. de este estudio.

Comparativamente, los arrecifes Isla de Enmedio y Santiaguillo presentan los mayores índices de diversidad y de equitabilidad de especies, luego Rizo y Anegadilla; ésto sugiere que la diversidad específica de escleractinios, no tiene relación con la cercanía a la costa ni con las áreas arrecifales.

Los valores más altos de densidad de colonias por metro corresponden a Rizo y Santiaguillo, luego Anegadilla e Isla de Enmedio; ésto sugiere que las densidades de las colonias son independientes de las áreas arrecifales, la distancia de la costa y la profundidad de implantación arrecifal.

Los tamaños y la cobertura de las colonias son dependientes de las densidades de éstas; se observó que los tamaños y las coberturas pertenecientes a las colonias de los arrecifes Santiaguillo y Anegadilla, son en todas las regiones, valores doblemente mayores respecto a sus correspondientes observados en los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio. Esta relación sugiere que los mayores tamaños de las colonias y respectivas proporciones de tejido vivo, son resultado de una mayor exposición a la energía del oleaje, menor incidencia de sedimentación terrígena y mayor penetración lumínica como consecuencias de una mayor distancia de la costa.

Ponderando comparativamente los estimadores de la estructura comunitaria de escleractinios en las 15 regiones arrecifales en estudio (Tabla 2); se describen como estructuras comunitarias de escleractinios desarrolladas, a aquellas que presentan los más altos valores de diversidad y equitabilidad específicas y los más altos valores de densidad, cobertura y tamaños de las colonias. Estas corresponden en orden decreciente a las regiones siguientes:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1) Barlovento Santiaguillo. | 5) Sotavento Is. Enmedio. |
| 2) Sotavento Anegadilla. | 6) Barlovento Is. Enmedio. |
| 3) Sotavento Rizo. | 7) Sotavento Santiaguillo. |
| 4) Barlovento Rizo. | 8) Barlovento Anegadilla. |

Se corrobora que los mayores desarrollos de las comunidades de escleractinios, están en las pendientes y que sus grados de desarrollo dependen principalmente de una mayor exposición a la energía del oleaje, la penetración de la luz y la menor incidencia de sedimentos. Esto se evidencia de acuerdo con las dos primeras regiones que corresponden a arrecifes alejados de la costa. Los lugares 7 y 8 del sotavento de Santiaguillo y el barlovento de Anegadilla, pueden ser explicados considerando el menor tamaño de estos arrecifes con respecto a las extensas pendientes de los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio.

Como estructuras comunitarias de escleractinios con un desarrollo intermedio, se agrupan a las crestas de los arrecifes alejados de la costa y a las extensas lagunas del Rizo y de la Isla de Enmedio. Estas corresponden en orden decreciente a las regiones siguientes:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 9) Cresta Santiaguillo. | 11) Laguna Rizo. |
| 10) Cresta Anegadilla. | 12) Laguna Is. Enmedio. |

Como estructuras comunitarias de escleractinios con un desarrollo bajo, se agrupan a las crestas de los arrecifes cercanos a la costa y al incipiente estadio lagunar del arrecife Santiaguillo. Los arrecifes pequeños alejados de la costa, presentan llanuras arrecifales pequeñas de modo que en Anegadilla, no existe propiamente laguna arrecifal.

Estas corresponden en orden decreciente a las regiones siguientes:

- 13) Cresta Rizo.
- 14) Cresta Is. Enmedio.
- 15) Laguna Santiaguillo.

Las estructuras comunitarias de los escleractinios son equivalentes en las regiones arrecifales semejantes de los distintos arrecifes.

Las antes mencionadas analogías acerca de los grados de desarrollo de las estructuras comunitarias en las distintas regiones, no sugiere que sean equivalentes, sino que pueden ser coincidentes en grado de desarrollo dependiendo de la diversidad específica, como resultado de la posición de cada arrecife respecto a la costa y de las extensiones de los sustratos calcáreos.

5.1.3) Valores de importancia relativa de las especies.

Considerando la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974), se graficó la frecuencia relativa (eje x) versus la cobertura de las colonias de las especies de escleractinios presentes en la totalidad de los 4 arrecifes en estudio.

Los porcentajes considerados para el trazo del cuadrante que determina la clasificación de las especies por su valor de importancia relativa fueron: el 50% de la especie con más colonias (eje x) y el 50% de la especie con mayor cobertura. El cuadrante obtenido permite clasificar a las especies abundantes (a veces alguna dominante) cuando quedan ubicadas en la sección superior derecha del mismo; a las especies de abundancia intermedia o indicadoras en la sección superior izquierda; a las especies de baja abundancia o constantes en la sección inferior derecha y a las especies de muy baja abundancia o raras en la sección inferior izquierda. Estas gráficas se exponen en el Anexo 5.

Interpretando estas gráficas se establece que en los arrecifes Santiaguillo y Anegadilla existe una especie dominante y en promedios 5 especies abundantes, 4 especies de

abundancia intermedia y 7 especies de abundancia muy baja.

En los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio existen en promedios 7 especies abundantes, 6 especies de abundancia intermedia y 9 especies de abundancia muy baja.

En el Anexo 5 también se presentan los listados por arrecifes y por regiones de los valores de importancia relativa de los escleractinios; estos valores se obtuvieron considerando las proporciones de los tamaños y las formas de las colonias.

Integrando ambos métodos para la obtención de los valores de importancia relativa de las especies, se sugiere que no existen diferencias significativas en las composiciones específicas de los escleractinios entre arrecifes y entre las regiones de un mismo arrecife.

Extrapolando acerca de las composiciones específicas de los arrecifes coralinos de la localidad, se propone para la totalidad de cada arrecife la composición siguiente: 6.5 ± 1.29 especies abundantes correspondientes al 33% del total de especies y al $84.65 \pm 6.9\%$ de la cobertura total; 5.25 ± 1.25 especies de abundancia intermedia correspondientes al 27% del total de especies y al $10.9 \pm 4.6\%$ de la cobertura total y 7.8 ± 1.7 especies de abundancia muy baja correspondientes al 40% del total de especies y al $4.4 \pm 2.8\%$ de la cobertura total.

Analizando estos resultados se sugiere que las diferencias en las estructuras comunitarias de los escleractinios, entre las regiones de un mismo arrecife y entre los arrecifes, están determinadas en primera instancia por las proporciones de representación y por las densidades, las coberturas y los tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia, y en segunda instancia, por las mínimas diferencias en las composiciones específicas determinadas por las posibilidades adaptativas de las especies de abundancia muy baja en las regiones arrecifales, preponderantemente en las pendientes.

El siguiente cuadro expone la clasificación de los escleractinios por su valor de importancia relativa,

indicando las regiones arrecifales donde se encuentran comúnmente.

V.I.R.	ESPECIES ABUNDANTES	REGIONES			
		B	C	L	S
1)	<u>Montastrea annularis</u>	X	X		X
2)	<u>Acropora palmata</u>	X	X	X	
3)	<u>Diploria clivosa</u>	X	X	X	
4)	<u>Colpophyllia natans</u>	X			X
5)	<u>Siderastrea siderea</u>	X	X	X	X
6)	<u>Montastrea cavernosa</u>	X			X
7)	<u>Diploria strigosa</u>	X	X	X	X
ESPECIES ABUNDANCIA INTERMEDIA					
8)	<u>Sidreastrea radians</u>			X	X
9)	<u>Porites astreoides</u>	X	X	X	X
10)	<u>Porites porites</u>	X	X	X	X
11)	<u>Acropora cervicornis</u>	X			X
12)	<u>Agaricia agaricites</u>	X		X	X
ESPECIES ABUNDANCIA MUY BAJA					
13)	<u>Diploria labyrinthiformis</u>	X		X	X
14)	<u>Scolymia cubensis</u>	X			X
15)	<u>Oculina diffusa</u>	X			X
16)	<u>Mycetophyllia lamarckiana</u>	X		X	X
17)	<u>Agaricia fragilis</u>	X			X
18)	<u>Mussa angulosa</u>				X
19)	<u>Agaricia lamacki</u>	X			X

Analizando este listado se obtiene con respecto a las especies abundantes que dos están presentes en todas las regiones, 3 en 3 regiones y 2 exclusivamente en las pendientes. Considerando que estas especies representan el $84.65 \pm 6.9\%$ de la cobertura total de los arrecifes, significa que

mientras exista sustrato rocoso apto para la colonización y el crecimiento colonial de los escleractinios en cualquier profundidad, las especies se implantan.

Respecto a las especies de abundancia intermedia, dos existen en todas las regiones, una en tres y dos en dos. A. cervicornis es una especie característica de las profundidades intermedias de las pendientes de sotavento y en algunas ocasiones, de las pendientes de barlovento muy expuestas al aporte de sedimentos.

La alta proporción de las especies de abundancia muy baja, parece estar relacionada con las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de las regiones, principalmente, con las extensiones en la profundidad de las pendientes arrecifales y de algunas lagunas muy extensas. Por ejemplo, D. labyrinthiformis, M. lamarckiana y A. lamarcki, pueden encontrarse en los bordes de las lagunas adyacentes a los sotaventos.

5.1.4) Formas y tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia.

Considerando que la estructura de las comunidades de los escleractinios de estos arrecifes, no se basa en las distintas composiciones específicas entre las regiones de un arrecife, sino en las variaciones de la representación de un conjunto de especies abundantes y en las variaciones de las densidades y las coberturas de las colonias de éstas, resulta interesante demarcar con mayor precisión las estructuras de estas comunidades en las regiones arrecifales, partiendo del análisis de las formas y los tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia.

La Tabla 3 presenta la frecuencia relativa de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia de las formas coloniales, por regiones arrecifales de los 4 arrecifes en estudio.

Formas de sp/ región	Valores de la frecuencia relativa de las FORMAS coloniales de las especies abundantes y de abundancia in- termedia por regiones de 4 arrecifes.												No. col.	%		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
L A G U N A	RG								1					1	1	
	RD	3								1		1		5	5	
	Rb															
	CE	1		19		12		16	13	13				1	75	76
	CI			7		2			2	1	4			1	17	17
	CA													1	1	1
C R E S T A	RG													1	34	23
	RD													1	11	7
	Rb															
	CE			3	18		3			2	2	1			29	20
	CI	1	23	32		8			1	2	4	2			73	50
	CA															
S O T A V E N T O	RG														2	.85
	RD					1								36	37	16
	Rb															
	CE	18		1	7	13	7	6	3	3	5				63	26
	CI	28	1		3	16	10	9	8	7	5		2		88	37
	CA	10			16	9	3			4	1		3		48	21
B A R L O V E N T O	RG															
	RD															
	Rb															
	CE	25	1	8	25	18	10	10	5	1					102	37
	CI	37	13		14	13	15	1	11	10			3		117	42
	CA	8			7	3		1		6	6		4		36	13

E S P E C I E S	
1	Montastrea annularis
2	Acropora palmata
3	Diploria clivosa
4	Colpophyllia natans
5	Siderastrea siderea
6	Montastrea cavernosa
7	Diploria strigosa
8	Siderastrea radians
9	Porites astreoides
10	Porites porites
11	Acropora cervicornis
12	Agaricia agaricites

F O R M A S	
R.G	Ramificación gruesa
R,D	Ramificación delgada
RAb	Ramificación arborescente
C.E	Colonia esférica
C.I	Colonia incrustante
C.A	Colonia aplanada
R.	ramillete
S.	Colonia solitaria

Tamaños de sp/ región	TABLA 3a.- Valores de la frecuencia relativa de los TAMAÑOS coloniales de las especies abundantes y de abundancia intermedia por regiones de 4 arrecifes.												No. col.	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
LAGUNA	B		2		3			8	2	1	1		17	17	
	C		1			5		7	3	2		2	20	20	
	D	1		6		5		4	7	2		1	26	26	
	E		2	11		1		4					18	18	
	F			7				10	2				19	19	
	G														
	H														
	I														
CRESTA	B			1		3			2		1		7	5	
	C	1	8	3		4			1		2		19	12	
	D		14	16		4		1	1	4		2	42	27	
	E		13	18		6				2			39	25	
	F		8	9									17	11	
	G		15	3									18	11	
	H		5										5	3	
	I		5										5	3	
SOFAVENTO	B					2			1	1	1		5	2	
	C	5			3	9	4		2	1	17	1	42	18	
	D	11	1		5	5	3	1	2	5	2	7	3	45	19
	E	11			12	9	2	2	3	2	1			42	18
	F	7	1		7	4	5	6	4	2		2		38	16
	G	12		1	2	4	3	5	1	1				29	12
	H	7			1	4	4	1	1					18	8
	I	2				1					1	10	1	15	7
BARLOVENTO	B	1	2								3	6	2		
	C	9	3		3	3	2			6	2	4	1	33	12
	D	10	4	3	7	11	3	5	2	6	3	2	3	57	20
	E	16	4	3	14	6	7	3	3	3				59	21
	F	6	8	1	10	2	10	3	6	1	1			41	15
	G	15	8		10	6	2		5	1				44	16
	H	9	4	1	2	5	1	1				1		24	7
	I	4	2		1	1						4		11	4

ESPECIES	
1	Montastrea annularis
2	Acropora palmata
3	Diploria clivosa
4	Colpophyllia natans
5	Siderastrea siderea
6	Montastrea cavernosa
7	Diploria strigosa
8	Siderastrea radians
9	Porites astreoides
10	Porites porites
11	Acropora cervicornis
12	Agaricia agaricites

TAMAÑOS	
B	2 a 4
C	4 a 8
D	8 a 16
E	16 a 32
F	32 a 64
G	64 a 128
H	128 a 256
I	256 a x

Tabla 3a.- Valores de la frecuencia relativa de los TAMAÑOS coloniales de las especies abundantes y de abundancia intermedia por regiones de 4 arrecifes.

centímetros en vertical perpendicular al sustrato

La Tabla 3a presenta la frecuencia relativa de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia de los tamaños coloniales, por regiones arrecifales de los 4 arrecifes en estudio.

Analizando ambas tablas se determina por región arrecifal, las diferencias en las estructuras comunitarias de los escleractinios, observando las agrupaciones de las colonias de estas especies, en función de una caracterización distintiva de las formas y tamaños coloniales que estructuran a los sustratos calcáreos.

- BARLOVENTO.

En las regiones de barlovento se registraron 5 formas de las colonias y todas las categorías de los tamaños; no obstante, existen dos intervalos característicos de los tamaños: 53% de las colonias entre los 4 y los 32 cm y el 42% de las colonias entre los 64 y los 256 cm.

M. annularis, C. natans, S. siderea, S. radians, --- M. cavernosa y P. astreoides en este orden, aportaron el 42% de las colonias incrustantes y el 37% de las esféricas. La semejanza aproximada de estas proporciones, puede ser reflejo de la incidencia del oleaje y su consecuencia en cuanto a los menores depósitos y remociones del sedimento con respecto a los sotaventos.

M. annularis, C. natans, P. astreoides, A. agaricites, D. strigosa y M. cavernosa en este orden, aportaron el 13% de las colonias aplanadas en contacto con los fondos arenosos.

A. cervicornis, característica del barlovento del arrecife Rizo, contribuyó con el 4% de las colonias ramificadas delgadas; A. palmata, aportó el restante 4% con colonias de ramificación gruesa.

Interpretando estas proporciones se reconocen en los barloventos tres zonas características: una común y extendida que comprende casi toda la pendiente compuesta por colonias esféricas e incrustantes; la segunda hacia el extremo somero de esta región, caracterizada por grandes macizos coralinos de M. annularis principalmente; la tercera hasta la máxima profundidad de esta pendiente,

caracterizada por las colonias de forma aplanada.

- CRESTA.

En las regiones de cresta se registraron 4 formas de las colonias y todas las categorías de los tamaños, sin embargo, existen dos intervalos característicos de los tamaños 54% entre los 4 y los 32 cm y un 28% entre los 64 y los 256 cm .

D. clivosa, A. palmata, S. siderea y P. astreoides en este orden, aportaron el 50% de las colonias incrustantes; D. clivosa contribuyó con el 20% de las formas esféricas; todas estas especies son características del plano elevado de la cresta arrecifal, la zona más somera del arrecife, y constituyen el mencionado 54% de las colonias pequeñas.

A. palmata aporta el restante 30% correspondiente a colonias de ramificación gruesa y delgada. A esta especie pertenecen las colonias grandes que determinan el crecimiento del arrecife en la parte cercana al nivel del mar, como respuesta a la acción directa del oleaje según los vientos dominantes incidentes.

Interpretando estas proporciones las crestas pueden caracterizarse en 3 zonas: la zona de A. palmata, cuyo límite inferior está en contacto con las colonias esféricas e incrustantes que forman grandes macizos coralinos en el barlovento. En la medida que esta zona se extiende hacia el barlovento, queda hacia atrás de ésta el plano elevado de la cresta arrecifal, caracterizado por pequeñas colonias de D. clivosa, P. astreoides y S. siderea. Por detrás del plano elevado, quedan zonas característicamente rocosas, muy intemperizadas y de pendiente suave hasta hacer contacto con los depósitos arenosos de la laguna arrecifal; en estas zonas de amplitud variable, generalmente la riqueza específica, las coberturas y las densidades de las colonias son mayores que las de los planos elevados. Goreau et al. (1973) ha denominado a esta zona como posterior.

- LAGUNA.

En las regiones de laguna se registraron 5 formas de las colonias y 5 categorías de los tamaños. El 63% de éstas están entre los 2 y los 16 cm y el restante 37% entre los 32 y los 64 cm .

D. clivosa, D. strigosa, S. radians y P. astreoides en este orden, con colonias incrustantes o aproximadamente esféricas representan el 75% del total de las colonias.

Las colonias grandes generalmente son del Género Diploria, las pequeñas de los Géneros Siderastrea y Porites quienes aparecen como pequeños fragmentos muy esparcidos.

Las formas aproximadamente esféricas de las colonias de esta región, pueden ser una respuesta a la alta remoción de los sedimentos, la alta disponibilidad de luz y a una fuerte competencia por el sustrato con los pastos marinos y con las algas.

Una diferenciación plausible en zonas de las lagunas arrecifales debe considerar los distintos ambientes de depósito, considerando las características de los sustratos rocosos disponibles y los tamaños de los sedimentos alledaños. En algunas lagunas llega a formarse tierra emergida a partir de grandes bancos arenosos.

Los parches coralinos de las lagunas, no constituyen un papel importante en la estructuración de los sustratos calcáreos coralinos como sucede en las demás regiones arrecifales.

- SOTAVENTO.

En las regiones de sotavento se registraron 5 formas de las colonias y todas las categorías de los tamaños, sin embargo, el intervalo dominante de los tamaños va de los 8 a los 64 cm (73%), el resto corresponde a colonias grandes mayores de los 128 cm .

M. annularis, M. cavernosa, S. siderea y C. natans en este orden, aportaron el 38% de las colonias incrustantes y el 25% de las colonias esféricas.

C. natans, M. annularis, S. siderea y M. cavernosa en este orden, aportaron el 21% de las colonias de forma aplanada en contacto con los fondos arenosos.

A. cervicornis aportó el 16% de las colonias de forma ramificada delgada, esta especie construye enormes basamentos en las profundidades intermedias de estas pendientes, es decir, entre la caída de la llanura y los fondos arenosos.

Interpretando estas proporciones se reconocen en los sotaventos tres zonas características: una común y extendida que comprende casi toda la pendiente compuesta por colonias incrustantes y esféricas, muy bien representada hacia la parte somera en contacto con la llanura arrecifal; la segunda corresponde a la de los basamentos de A. cervicornis y la tercera, a las colonias de forma aplanada en contacto con los fondos arenosos.

5.1.5) Zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

Según las condiciones del oleaje, los sedimentos y la penetración de la luz alrededor de un arrecife, las asociaciones de escleractinios que se distinguen en cada región se diferencian principalmente por aspectos morfológicos de las colonias. Estas asociaciones o zonas coralinas se presentan en intervalos de profundidad similares entre los arrecifes; las magnitudes de cada zona varían de acuerdo con las extensiones de los sustratos calcáreos y la posición de cada arrecife en el declive costero. Por ejemplo, en arrecifes de implantación somera donde la pendiente de sotavento es poco inclinada como Chopas, apenas existe una colonización de escleractinios de forma incrustante, sin diferenciarse en otras zonas.

Ejemplificando con los arrecifes de Jamaica, Goreau, et al. (1959, 1973) ha descrito 11 zonas que constituyen un modelo de zonación para los arrecifes coralinos de la región zoogeográfica del Caribe.

Considerando la terminología de este modelo, el cuadro siguiente caracteriza por las formas coloniales 10 zonas o asociaciones coralinas de escleractinios, en función de los intervalos de profundidad y las regiones correspondientes componentes de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz (Fig 3).

REGIONES / ZONAS	INTERVALO de PROFUNDIDAD
S O T A V E N T O	(m e t r o s)
1) Colonias de forma aplanada	Generalmente mayor de 8 m hasta el contacto con los fondos arenosos
2) Colonias de ramificación delgada de <u>A. cervicornis</u>	Entre los 5 y los 10 m
3) Colonias incrustantes y esféricas	Entre los 1.5 y los 7 m
L A G U N A	
4) Colonias esféricas e incrustantes	Entre los 1 y los 2.5 m
C R E S T A	
5) Colonias incrustantes de la parte posterior al plano elevado	Entre los 0.5 y los 1.5m
6) Colonias incrustantes del plano elevado	Entre el nivel del mar y 1 m
7) Colonias de ramificación gruesa de <u>A. palmata</u>	Entre los 1 y los 7 m
B A R L O V E N T O	
8) Macizos coralinos del contacto de colonias de ramificación gruesa de <u>A. palmata</u> , con colonias esféricas e incrustantes de <u>M. annularis</u>	Entre los 5 y los 15 m
9) Colonias esféricas e incrustantes	Entre los 10 y los 20 m
10) Colonias de forma aplanada	Generalmente mayor de 17 m , hasta el contacto con los fondos arenosos

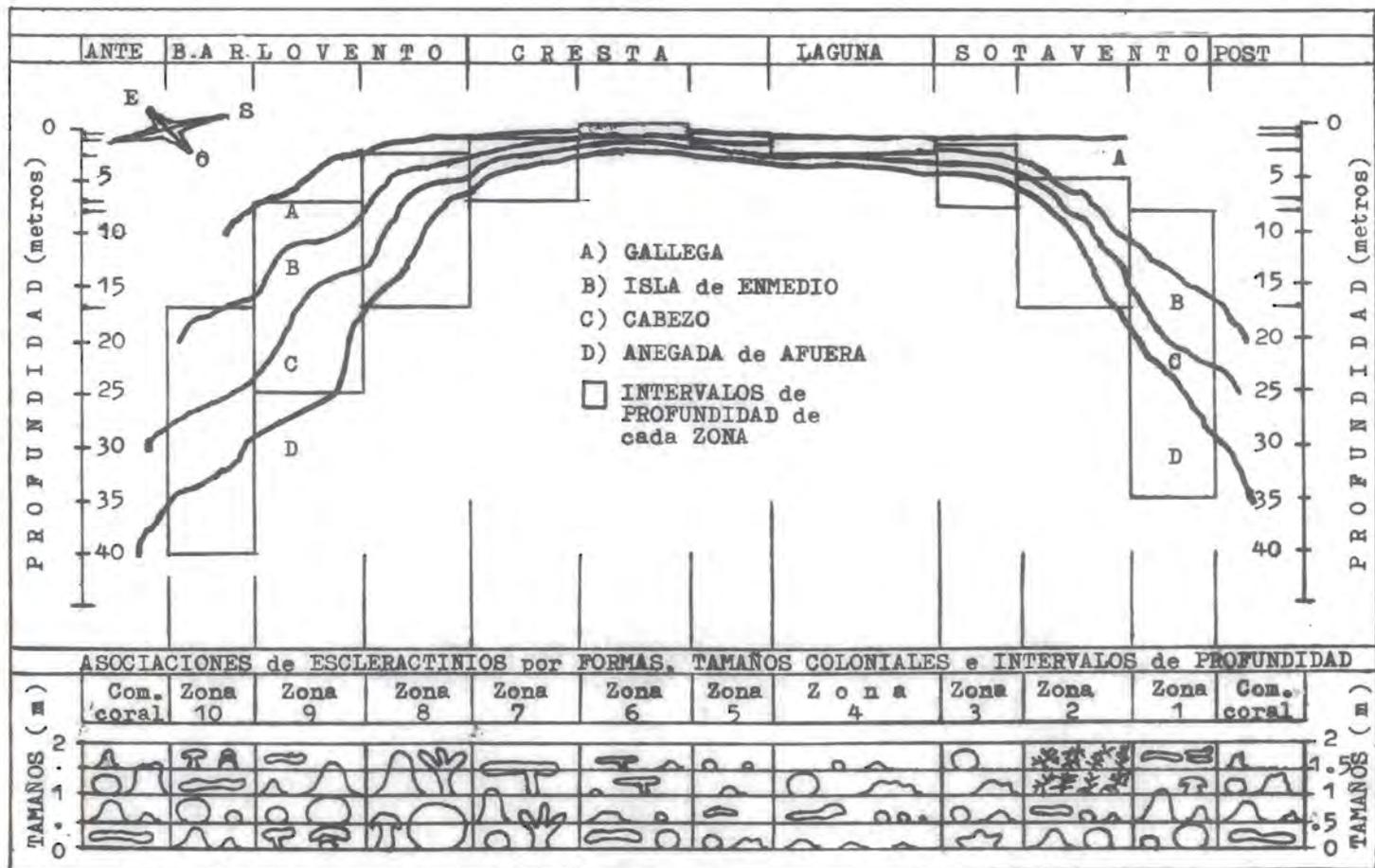


Figura 3.- Tipos de perfiles arrecifales a 4 profundidades de implantación y zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

Considerando la numeración de las zonas de escleractinios expuesta en el cuadro anterior y los tamaños de las colonias por zonas expuestas en la Fig 3; se sugiere la siguiente extrapolación plausible sobre las tasas de estructuración de los sustratos calcáreos que componen a los arrecifes coralinos en estudio.

Las mayores tasas de estructuración de los sustratos coralinos se encuentran en las profundidades intermedias de ambas pendientes, sin embargo, son mayores en los barloventos, entonces:

La principal zona del crecimiento arrecifal coralino está constituida por la zona de los macizos coralinos del contacto de las colonias de ramificación gruesa de A. palmata, con las colonias esféricas e incrustantes de M. annularis; aproximadamente menor sigue la zona de colonias de ramificación gruesa de A. palmata de la cresta.

A continuación sigue la zona de las colonias esféricas e incrustantes del barlovento y aproximadamente menor, la zona de colonias de ramificación delgada de A. cervicornis de los sotaventos.

Las tasas intermedias de estructuración de los sustratos coralinos se encuentran en las profundidades máximas de ambas pendientes en contacto con los fondos arenosos, también son mayores en los barloventos, entonces: corresponde a las colonias de forma aplanada de los barloventos y posteriormente a las colonias de forma aplanada de los sotaventos.

A continuación siguen las colonias incrustantes del plano elevado de la cresta y aproximadamente igual, las colonias incrustantes de la parte posterior al plano elevado.

Las menores tasas de estructuración de los sustratos coralinos se encuentran en las partes planas de la llanura arrecifal, éstas corresponden a las colonias incrustantes y esféricas de los sotaventos y finalmente a los parches coralinos y colonias aisladas esféricas e incrustantes de las lagunas.

ARRECIFFES por secciones: ANTON LIZARDO = A.L. VERACRUZ = V.	TIPO	PROF. IMPLAN- TACION	DISTAN- CIA a COSTA	RIQUE- ZA de ESPECIES	AREA km ²	ZONAS No.	ZONACION según tamaños y formas coloniales													
							10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
PUNTA GORDA / V.	A	10	0	-	1.25	5		x	x	x	x	x								
PUNTA HORNOS / V.	A	10	0	4	0.13	5		x	x	x	x	x								
PUNTA MOCAMBO / V.	A	10	0	-	1.35	5			x	x	x	x	x							
GALLEGA / V.	B	10	0	7	2.65	5			x	x	x	x	x							
GIOTE / A. L.	B	10	0.2	-	0.01	1				x										
PAJAROS / V.	B	20	3.1	14	1.94	6		x	x	x	x	x			x					
ISLA SACRIFICIOS/ V.	B	20	1.9	18	0.87	7	x	x	x	x	x	x	x							
GALLEGUILLA / V.	A	20	1.9	14	1.21	7	x	x	x	x	x	x	x							
ISLA de ENMEDIO/A.L.	B	20	6.8	21	6.47	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RIZO / A. L.	B	20	5.7	22	4.28	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CHOPAS / A. L.	B	20	3.3	24	8.54	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
BLANCA / A. L.	A	20	3.0	19	1.83	5	x	x	x	x		x								
BLANQUILLA / V.	A	30	3.5	16	1.34	8	x	x	x	x	x	x	x	x						
ISLA VERDE / V.	A	30	6.3	18	2.25	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CABEZO / A. L.	A	30	14.2	22	18.9	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ANEGADA de ADENTRO/V.	A	40	8.3	18	2.4	9	x	x	x	x	x	x			x	x	x			
ANEGADA de AFUERA/AL	A	40	17.2	20	7.69	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SANTIAGUILLO / A.L.	A	40	20	20	1.02	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ANEGADILLA / A.L.	A	40	21	16	0.74	8	x	x	x	x	x	x					x	x		
TOPETILLO / A.L.	B	40	17	-	0.06	7	x	x	x	x	x	x			x					

Tabla 4.- Datos cualitativos y valores de las variables cartográficas y observadas para la caracterización geológica de 20 arrecifes coralinos emergidos.

5.2) Caracterización geológica de los arrecifes coralinos en el declive costero de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

5.2.1) Estimaciones cartográficas de las áreas y las profundidades de implantación y observaciones de la riqueza específica y los números de zonas de 20 arrecifes de la localidad.

Se elaboró un mapa del declive costero que contiene la localización de los arrecifes en estudio con una aproximación de los niveles de profundidad (Fig. 1).

Se clasificó a 10 arrecifes emergidos de la sección de Antón Lizardo y a 10 arrecifes emergidos de la sección del Puerto de Veracruz, en función de sus relaciones de distancia de los sitios de asentamiento respecto a los niveles de profundidad del declive costero.

Esta relación de distancia describe dos categorías: la primera corresponde a los arrecifes muy cercanos a cualquiera de los desniveles de profundidad (10, 20, 30, 40 y 50 m), denominados arrecifes Tipo A. La segunda categoría corresponde a los arrecifes alejados de los desniveles de profundidad, es decir, a arrecifes implantados en una determinada profundidad constante y claramente definida dentro de alguna planicie entre dos desniveles de profundidad. Estos arrecifes se denominaron Tipo B (Tabla 4).

De acuerdo con Pichon (1981) el objetivo de estas categorías consiste en la especulación acerca de los posibles procesos de génesis y desarrollo de estos arrecifes. Esto es interpretar a los arrecifes del Tipo A, a partir de un desarrollo cuya implantación original se localizó sobre las pendientes de anteriores líneas de costa, y a los arrecifes del Tipo B, a partir de un desarrollo cuya implantación original se localizó sobre plataformas horizontales sumergidas. La diferencia actual entre ambos procesos, puede estar reflejada en las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de las pendientes en los arrecifes del Tipo A

y en las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de la llanura arrecifal en los arrecifes del Tipo B.

- Cálculos de área de las llanuras arrecifales.

Considerando el alto error que surge de la transformación de las dimensiones cartográficas a estimaciones de distancia, se obtuvo del análisis de las cartas de navegación de diferente escala, un valor de distancia en km para los ejes mayores y menores de los arrecifes en estudio.

Las orientaciones promedio de los ejes mayores y menores de los arrecifes de Antón Lizardo son de 27°56' NO y de 48°66' NE respectivamente; asimismo, de 35°29' NO y de 48°81' NE para los del Puerto de Veracruz.

Los ejes son perpendiculares entre sí, esta intersección es el centro geométrico de las diagonales mayores y menores correspondientes al conjunto de cuadriláteros que circunscriben a las dimensiones cartográficas de las llanuras arrecifales. Las áreas de los cuadriláteros se calcularon de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Area} = 1/4 \sqrt{4(D_1 D_2)^2 + (a^2 - b^2 - c^2 - d^2)^2}$$

donde: D_1 = diagonal mayor
 D_2 = diagonal menor
 a, b, c, d = lados del cuadrilátero
 (Caballero, A. et al. 1987).

Los valores de área de las llanuras arrecifales de los 20 arrecifes en estudio se obtuvieron en km² y se exponen en la Tabla 4. Estos valores se cotejaron y corrigieron con respecto a las estimaciones de áreas de las llanuras arrecifales realizadas por Pizaña (1990) utilizando los contornos de las llanuras en escala 1: 60000 y un aparato para medir área foliar Delta T Area Meter.

- Tipos de perfiles arrecifales.

Según las profundidades de implantación de los arrecifes Gallega 10 m, Isla de Enmedio 20 m, Cabezo 30 m y la Anegada de Afuera 40 m, la Fig. 3 expone los tipos de los

perfiles arrecifales de éstos, en función de los números de zonas que presentan y los tamaños y las formas coloniales características de cada zona.

Con base en las estimaciones cartográficas área y profundidad de implantación y las observaciones de riqueza específica y las de números de zonas de cada arrecife (Tabla 4), se sugiere a partir del supuesto de que los arrecifes de mayores áreas y profundidades de asentamiento les corresponden mayores números de zonas y riqueza específica, un ordenamiento decreciente de las importancias relativas de los arrecifes de la localidad.

Este es el siguiente:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1) Cabezo | 11) Blanca |
| 2) Chopas | 12) Santiaguillo |
| 3) Anegada de Afuera | 13) Blanquilla |
| 4) Anegada de Adentro | 14) Galleguilla |
| 5) Isla de Enmedio | 15) Anegadilla |
| 6) Rizo | 16) Topetillo |
| 7) Isla Verde | 17) Punta Gorda |
| 8) Gallega | 18) Punta Hornos |
| 9) Isla Sacrificios | 19) Punta Mocambo |
| 10) Pájaros | 20) Giote |

5.2.2) Análisis comparativo de los arrecifes de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

De acuerdo con los grados de contribución de cada arrecife al área arrecifal total, se denominan arrecifes grandes a aquellos cuyo grado de contribución al área total está en el intervalo del 30 al 10%, arrecifes medianos a los del intervalo del 9 al 4% y arrecifes pequeños a los del intervalo del 3 al 0.5%.

Por su posición en los desniveles de profundidad del declive costero los arrecifes grandes están entre los 20 y los 40 m, los arrecifes medianos entre los 10 y los 30 m y los arrecifes pequeños en los extremos, a 40 m y en contacto con la costa.

Los arrecifes pequeños en contacto con la costa son definidos convencionalmente en este estudio como puntas.

El siguiente cuadro presenta los números de arrecifes pertenecientes a las mencionadas categorías de tamaños, un valor de área del grado de contribución promedio en porcentaje de cada tamaño arrecifal al área arrecifal total, los porcentajes de la riqueza específica y los números de zonas correspondientes a las mencionadas categorías y los valores totales observados de estos parámetros.

CATEGORIAS	NUMERO de ARRECIFES	AREA (x %)	ESPECIES (%)	ZONAS (No.)
=Grandes:	3	18	90	10
=Medianos:	7	4.6	80	8
=Pequeños:	7	2.0	60	7
=Puntas:	3	1.4	10	5
TOTALES OBSERVADOS:	20	65 km ²	24 sp.	10

Interpretando este cuadro se obtiene que los arrecifes Cabezo, Chopas y Anegada de Afuera de la sección de Antón Lizardo constituyen el 54.1% del área arrecifal total; éstos arrecifes presentan la totalidad de zonas y el 90% de los escleractinios hasta la fecha registrados en la localidad. En cuanto a los sustratos calcáreos por regiones presentan amplias extensiones de las zonas del contacto de los macizos coralinos de A. palmata y M. annularis, de las colonias esféricas e incrustantes del barlovento y de las 3 zonas de la cresta, de tal modo que han formado tras de sí lagunas muy extensas.

Los arrecifes Isla de Enmedio y Rizo de la sección de Antón Lizardo y los arrecifes Anegada de Adentro, Isla Verde, Gallega, Isla Sacrificios y Pájaros del Puerto de Vera cruz contribuyen con el 32.2% del área arrecifal total.

Estos arrecifes están compuestos en promedio por 8 zonas y presentan aproximadamente el 80% de los escleractinios registrados en la localidad.

Las diferencias con respecto a los arrecifes grandes, pueden ser explicadas por su posición en el declive costero y su asentamiento en fondos arenosos más someros (20 m), presentando escasos o nulos desarrollos de las zonas coralinas de la profundidad (colonias de forma aplanada) como consecuencia de una mayor influencia de las descargas de agua dulce y de sedimentación terrígena; en éstas circunstancias estos arrecifes se desarrollan principalmente por las zonas de las profundidades intermedias de ambas pendientes y las de la cresta arrecifal. En los arrecifes Ga llega, Isla Sacrificios y Pájaros no existen las zonas coralinas características de los sotaventos.

Los arrecifes pequeños de implantación profunda Santiaguillo, Anegadilla y Topetillo de Antón Lizardo y los arrecifes Blanquilla y Galleguilla del Puerto de Veracruz, y los arrecifes de implantación somera Blanca y Giote de Antón Lizardo, constituyen el 9.5% del área arrecifal total; están compuestos en promedio por 7 zonas y presentan aproximadamente el 60% de los escleractinios registrados en la localidad.

Los arrecifes pequeños alejados de la costa presentan en ambas pendientes la totalidad de las zonas coralinas de éstas y escasos desarrollos de las zonas de la llanura arrecifal, en los arrecifes pequeños de implantación somera las zonas de la llanura arrecifal no existen y presentan casi exclusivamente las zonas de la pendiente de barlovento.

Las puntas Gorda, Hornos y Mocambo o arrecifes en contacto con la costa, constituyen el 4.2% del área arrecifal total; están compuestos en promedio por 5 zonas y presentan aproximadamente el 10% de los escleractinios registrados en la localidad. El desarrollo de estos arrecifes proviene de las zonas coralinas someras de los barloventos y de incipientes zonas coralinas características de las crestas.

- Comparaciones del desarrollo coralino por secciones costeras y por niveles de profundidad.

A partir de los niveles de profundidad del declive costero de la Fig. 1, se obtuvieron las distancias promedio en km entre éstas a manera de una aproximación de las extensiones de cada planicie sumergida entre los desniveles de profundidad donde están asentados los arrecifes. De acuerdo con Emery (1963) la inclinación de estas planicies es ligera, aumenta gradualmente con la profundidad y presentan pendientes abruptas entre una profundidad y otra.

Considerando para cada sección costera las extensiones de las planicies entre los desniveles de profundidad y los arrecifes asentados en cada una de éstas, el cuadro siguiente expone con respecto a los valores totales observados de áreas de las llanuras arrecifales, riqueza específica y números de zonas (Tabla 4), las proporciones de los valores absolutos de estos parámetros y su equivalencia porcentual (números entre paréntesis), obtenidos para cada planicie entre los niveles de profundidad del declive costero en estudio.

		VERACRUZ			ANTON LIZARDO		
(m)	(km)	AREA (km ²)	ESPECIES (No.)	ZONAS (No.)	AREA (km ²)	ESPECIES (No.)	ZONAS (No.)
0 - 10	1.7	5.4 (8.3)	4 (17)	5 (56)	.0001 (-)	3 (13)	1 (11)
10 - 20	1.8	4.1 (6.3)	16 (67)	6 (67)	21.2 (33)	22 (92)	8 (89)
20 - 30	3.0	3.6 (5.5)	17 (71)	8 (89)	18.9 (29)	22 (92)	10 (100)
30 - 40	2.8	2.4 (3.7)	18 (75)	8 (89)	9.6 (15)	16 (67)	8 (89)
TOTALES:		15.4	14	7	49.6	16	8

Interpretando los desniveles de profundidad y la actual línea costera con respecto a la incidencia de los agentes físicos del ambiente que determinan el desarrollo de los arrecifes coralinos, se puede aseverar que en la sección costera de Antón Lizardo, existen condiciones más favorables para el crecimiento coralino que en la sección costera del Puerto de Veracruz; comparativamente la sección de arrecifes de Antón Lizardo consta de 3 arrecifes grandes, 2 medianos y 5 pequeños que contribuyen con el 76.4% del área arrecifal total. En cuanto a las zonas los arrecifes grandes y los medianos están constituidos por 10 zonas y los pequeños por 7; la riqueza específica promedio consta al menos de 16 especies.

La sección de arrecifes del Puerto de Veracruz consta de 5 arrecifes medianos, 2 pequeños y 3 puntas que contribuyen con el 23.6% del área arrecifal total. En cuanto a las zonas solamente Isla Verde presenta 10 zonas, los demás constan en promedio de 7 zonas; la riqueza específica promedio presenta al menos 14 especies.

Suponiendo que las variables del cuadro anterior, reflejan los sitios y las profundidades del declive costero donde se desarrollan más favorablemente las comunidades coralinas, se observa para ambas secciones, que entre los 10 y los 20 metros de profundidad las dos terceras partes de los arrecifes Cabezo e Isla Verde, Chopas, Isla de Enmedio, Rizo, Pájaros, Isla Sacrificios y Galleguilla constituyen el 60.3% del área arrecifal total.

Entre los 20 y los 30 metros de profundidad las restantes terceras partes de los arrecifes Cabezo e Isla Verde y la Blanquilla, constituyen el 13.2% del área arrecifal total.

Entre los 30 y los 40 metros de profundidad los arrecifes Anegada de Afuera, Anegada de Adentro, Santiaguillo, Anegadilla y Topetillo, constituyen el 18.7% del área arrecifal total.

Entre los 0 y los 10 metros de profundidad los arrecifes Gallega, las puntas Gorda, Hornos y Mocambo y el Giote

constituyen el 7.8% del área arrecifal total.

Correlacionando estas profundidades con el desarrollo de las zonas coralinas en lo particular de cada arrecife, en el intervalo de los 10 a los 20 m de profundidad, frecuentemente se hallan las comunidades de colonias del contacto entre A. palmata y M. annularis y las de las colonias esféricas e incrustantes del barlovento; en las pendientes de sotavento, se encuentran las colonias de ramificación delgada o basamentos calcáreos de A. cervicornis.

En el intervalo de los 30 a los 40 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife de implantación profunda, se desarrollan en ambas pendientes pero sobre todo en las de barlovento, las comunidades coralinas de colonias esféricas e incrustantes y las de colonias aplanadas que progresivamente invaden los fondos arenosos.

En el intervalo de los 20 a los 30 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife de implantación somera, se desarrollan en ambas pendientes pero sobre todo en las de barlovento, las comunidades coralinas de colonias esféricas e incrustantes y estadios intermedios de colonias de forma aplanada.

En el intervalo de los 0 a los 10 m de profundidad, en lo particular de los arrecifes en contacto con la costa, se desarrollan comunidades coralinas incipientes compuestas por colonias esféricas e incrustantes del barlovento, intergaladas con colonias masivas del contacto entre A. palmata y M. annularis. En las llanuras arrecifales se presentan las 3 zonas de la cresta y lagunas de amplitud variable y muy bajo desarrollo.

5.2.3) Relaciones de la riqueza específica de los escleractinios con las áreas, profundidades de implantación y los números de zonas arrecifales.

Respecto a las hipótesis nulas H_0 y alternativas H_A que a continuación se exponen como resultado de los análisis de varianza de las regresiones y las correlaciones de las variables área, profundidades de implantación y números de zonas arrecifales, se establece que al aceptar H_0 según los valores calculados de F , lo único a concluir es que no hay evidencias para que H_0 sea rechazada, por lo tanto, es probable que los fenómenos se describan de acuerdo con ésta (Zar, 1974).

- Relación de la riqueza específica con las áreas arrecifales.

H_0 : Los incrementos de área arrecifal, determinan incrementos en las riquezas específicas.

H_A : Los incrementos de área arrecifal, no determinan incrementos en las riquezas específicas.

El valor de correlación fue de 0.48 y se aceptó H_0 con un valor de F mayor a 0.05 (Anexo 6). Este valor de correlación tan bajo se explica porque existen arrecifes pequeños de implantación profunda como la Blanquilla (30 m , 16 sp), Anegadilla (40 m , 16 sp) y Santiaguillo (40 m , 20 sp) que presentan riquezas específicas altas con respecto a otros arrecifes de mayor área e implantación somera como la Gallega (10 m , 7 sp), y las puntas Gorda y Mocambo en contacto con la costa (3 sp).

La aceptación de H_0 puede ser explicada en términos de que a mayores extensiones de los sustratos calcáreos por regiones, existe una probabilidad mayor de ambientes distintos que permiten la presencia de especies de abundancia muy baja. Verbigracia, la mayor proporción de especies raras en las pendientes de los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio, respecto a las pendientes de Santiaguillo y la Anegadilla (Sección 5.1.3).

- Relación de la riqueza específica con la profundidad de implantación de los arrecifes.

Ho: Las mayores profundidades de implantación de los arrecifes, determinan incrementos en las riquezas específicas.

H_A: Las mayores profundidades de implantación de los arrecifes, no determinan incrementos en las riquezas específicas.

El valor de correlación fue de 0.76 y se aceptó Ho con un valor de F mayor a 0.05 (Anexo 6). Este valor de correlación intermedio se explica porque todos los arrecifes de implantación profunda, no presentan con respecto a los arrecifes de implantación intermedia los más altos valores de riqueza específica.

La aceptación de Ho se explica porque desde la línea de costa hasta los 30 m de profundidad, la relación del incremento de la riqueza específica con el aumento en la profundidad se cumple.

En los arrecifes implantados a 40 m respecto a los de 20 m, la disminución de las riquezas específicas es gradual y poco significativa. Verbigracia los arrecifes Chopas (20m, 24 sp), Cabezo (30 y 20 m , 22 sp) y Rizo (20 m , 22 sp) respecto a los arrecifes Anegada de Afuera (40 m , 20 sp), Anegada de Adentro (40 m , 18 sp) y Santiaguillo (40 m , 20 sp).

- Relación de la riqueza específica con los números de zonas por arrecife.

Ho: Las altas riquezas específicas determinan un mayor número de zonas.

H_A: Las altas riquezas específicas, no determinan un mayor número de zonas.

El valor de correlación fue de 0.59 y se rechazó Ho con un valor de F menor a 0.05 (Anexo 6). Este valor de correlación bajo es consecuente con el rechazo de Ho. Esta prueba corrobora las sugerencias antes exuestas acerca de

que no son las composiciones específicas y las proporciones de éstas, determinantes de las distintas zonas de crecimiento coralino, sino las variaciones de la densidad, de las coberturas por colonia y las formas y los tamaños de las colonias.

Existe cierta relación del aumento de las zonas de ambas pendientes arrecifales con las mayores profundidades de implantación. En los barloventos de los arrecifes de implantación somera, las zonas de las colonias de forma aplanada se reducen considerablemente; en los sotaventos de éstos arrecifes, no sólo se reducen sino que frecuentemente se eliminan al disminuir la profundidad, por ejemplo, los incipientes sotaventos de Chopas, Gallega y Pájaros y los no existentes en los arrecifes Isla Sacrificios y la Blanca.

Respecto a la distribución de los escleractinios en la perspectiva particular de los 4 arrecifes en estudio, se retoman las aseveraciones siguientes:

Primera, que las composiciones específicas de los escleractinios entre los arrecifes de ambas secciones costeras son similares y que las distinciones de éstas, entre los arrecifes y entre las regiones, consisten en las variaciones en la representación de las especies.

Segunda, que la diversidad específica entre los arrecifes, no guarda relación con los distintos tamaños y las profundidades de implantación de éstos.

Tercera, que las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de una determinada región, son el resultado de una mayor diferenciación de las zonas que les estructuran.

Respecto a la distribución de los escleractinios en la perspectiva global del perfil costero, se interpretan los resultados de los anteriores análisis de regresión, determinando en primer lugar, que existen relaciones del incremento de la riqueza específica con el aumento de las áreas arrecifales, siempre y cuando se asuma que las mayores extensiones de los sustratos calcáreos, presentan una

mayor cantidad de ambientes en los cuales incrementa la probabilidad de presencia de las especies de abundancia muy baja.

En segundo lugar se determinó que las mayores riquezas específicas corresponden a los arrecifes implantados a los 20 m de profundidad.

Integrando ambos resultados se sugiere que a los 20 m de profundidad en el ~~declive~~ costero, se tiene una profundidad óptima del desarrollo arrecifal coralino, representado por las más altas riquezas específicas y las mayores extensiones de los sustratos calcáreos.

DISCUSION

6.1) Aspectos taxonómicos.

Con base en una amplia revisión taxonómica de las especies de escleractinios en las principales localidades arrecifales coralinas del Golfo de México, se propone un listado en orden sistemático de los escleractinios del Golfo de México reportando un total de 33 especies (Santiago, 1977; Castañares, 1978 y Britton et al., 1989).

Respecto al declive costero de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz, se determinó la presencia de 29 especies de escleractinios y dos especies de hidrocoralarios pétreos del Orden Milleporina como los corales constructores arrecifales observados en todos los arrecifes del lugar.

6.2) Aspectos ecológicos.

Partiendo de la clasificación de estos arrecifes por su forma (Emery, 1963; Milliman, 1973), como arrecifes bordeantes a las líneas de costa representados por pequeñas plataformas aisladas que crecen sobre el declive costero. El enfoque inicial de este estudio consistió en determinar las variaciones de la riqueza específica y de las coberturas por colonia, en las 4 regiones arrecifales coralinas principales dada la topografía arrecifal; es decir, en las pendientes de barlovento y de sotavento y en las crestas y las lagunas de la llanura arrecifal.

La caracterización comparativa de estas regiones, en dos arrecifes pequeños implantados a 40 m de profundidad y dos arrecifes grandes implantados a 20 m de profundidad en la sección costera de Antón Lizardo, sugiere para las regiones de un mismo arrecife, que las pendientes comparten densidades de colonias y composiciones específicas semejantes, las diferencias estriban en que los barloventos presentan mayores coberturas por colonia y menores equitabilidades específicas respecto a los sotaventos. Esta diferencia puede explicarse por la presencia de grandes masas coralinas de M. annularis que construyen en los barloventos grandes

paredes verticales entre los sitios de retorno del oleaje que impacta a la cresta arrecifal, construyendo así en mayor o menor grado, los sistemas de macizos y canales descritos por Goreau et al. (1959; 1973).

La cresta presenta la menor composición específica (2.2 y 1.4 veces menor que las pendientes y la laguna) como consecuencia de la dominancia de A. palmata en el sitio más expuesto al oleaje y de D. clivosa en el plano elevado de ésta. Respecto a estas especies Porter (1974) ha indicado que soportan mejor que las demás la baja profundidad, que dominan sobre las otras especies del lugar en digestión extracelentérica y que por su rápido crecimiento, las colonias tienden a amontonarse unas sobre otras. Esto explica una cobertura por colonia 2 veces mayor que la de la laguna y 1.2 veces menor que la de las pendientes.

La laguna presenta una composición específica 1.4 veces mayor que la de la cresta y la más baja cobertura; como ambiente de depósito y de acarreo de sedimentos, esta región no constituye ningún proceso relevante de estructuración del sustrato coralino por acción de los escleractinios.

Integrando a las composiciones específicas y a las coberturas por colonia, los índices de diversidad y equitabilidad específica y los valores de densidad y de tamaños de las colonias para las regiones arrecifales similares de los 4 arrecifes en estudio; se sugiere con respecto a las profundidades de implantación de éstos, que la diversidad y la equitabilidad de especies y las densidades de las colonias, no están influenciadas ni por el tamaño, ni por las profundidades de asentamiento de cada arrecife y consecuentemente distancia de la costa.

Los tamaños y las coberturas de las colonias de los arrecifes alejados de la costa, presentaron en todas las regiones, valores doblemente mayores con respecto a sus correspondientes obtenidos en los arrecifes Rizo e Isla de Enmedio cercanos a la costa. Esto puede ser explicado desde

el punto de vista de una menor incidencia de sedimentos terrígenos aunada a una mayor exposición de la energía del oleaje.

- Composiciones específicas y estructura de las comunidades por regiones y entre arrecifes.

Clasificando a los escleractinios según su cobertura y su frecuencia relativa en la totalidad de los 4 arrecifes en estudio, se observó que no existen diferencias significativas en cuanto a las composiciones específicas entre las regiones arrecifales de un mismo arrecife, ni entre los arrecifes. De acuerdo con estos valores de importancia relativa de los escleractinios, la distribución de sus abundancias en la totalidad de cada arrecife es la siguiente: 6.5 ± 1.3 especies abundantes presentes en todas las regiones, constituyentes del $84.65 \pm 6.9\%$ de la cobertura total de cada arrecife.

5.25 ± 1.25 especies de abundancia intermedia presentes en todas las regiones, constituyentes del $10.9 \pm 4.6\%$ de la cobertura total de cada arrecife. Algunas de estas especies son características de ciertas regiones como A. cervicornis en los sotaventos y S. radians en las lagunas.

7.8 ± 1.7 especies de abundancia muy baja representan el $4.4 \pm 2.8\%$ de la cobertura total de cada arrecife. La mayoría de éstas sólo proliferan en las pendientes arrecifales.

Las diferencias en las estructuras comunitarias de los escleractinios entre las regiones de un arrecife y entre los arrecifes, están determinadas en primer término por las densidades, las coberturas y los tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia, en segundo término, por las poco significativas variaciones en las composiciones específicas determinadas por las especies de abundancia muy baja.

Interpretando la distribución de las abundancias de los escleractinios, donde las especies abundantes representan el 33%, las de abundancia intermedia el 27% y las raras el 40% de la totalidad de los escleractinios en cada arrecife.

fe; se sugiere de acuerdo con los conceptos que explican el modelo de distribución de series logarítmicas o geométrico de la distribución de las abundancias de las especies (May, 1975; Hughes, 1984; 1986), que las abundancias de las especies están controladas por un factor determinante, en éste caso, la disponibilidad de sustrato rocoso disponible libre de sedimentos y de algas (Huston, 1985).

De éste modo, las especies con mayores posibilidades de colonización de los sustratos rocosos disponibles, ya sea por altas tasas reproductivas y de crecimiento, o con pólipos resistentes a los sedimentos (Porter, 1974; Knowlton, et al. 1981), o por mayor capacidad competitiva por digestión extracelentérica (Lang, 1973), son aquellas que presentan mayores coberturas por colonia en los sustratos de cada región arrecifal. En estos arrecifes 7 especies ocupan el 85% de la cobertura total, es decir, una fracción grande del sustrato rocoso disponible.

El modelo de series logarítmicas establece que las especies subsecuentes, ocupan las fracciones restantes del recurso disponible y así sucesivamente. En estos arrecifes las 5 especies de abundancia intermedia ocuparon el 11% y las 7 especies de abundancia muy baja el 5% del sustrato rocoso disponible de cada arrecife.

Hughes (1986) en un modelo de distribución de las abundancias de las especies de corales arrecifales denominado dinámico, refuta al modelo de series logarítmicas explicando que las curvas dominancia - diversidad de su modelo, son cóncavas en la parte superior con un incremento progresivo de las especies raras, que las especies abundantes son más numerosas que lo que las series logarítmicas predicen y que hay muchas especies raras como para ser reveladas por una moda.

Este autor plantea que la abundancia de la mayoría de estas especies, no es producto del crecimiento geométrico de las poblaciones, ya que en los arrecifes, la competencia y la mortalidad reducen a las poblaciones de las especies establecidas y limitan el reclutamiento de cualquier

especie nueva a un reducido número de colonias. Este modelo explica mejor las altas proporciones de las especies abundantes y de abundancia muy baja registradas en el presente estudio.

- Zonación de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y del Puerto de Veracruz.

Considerando que las diferencias en las estructuras de las comunidades por regiones de un arrecife, no presentan distintas composiciones específicas, sino variaciones en la representación de las especies y que están determinadas preponderantemente por las coberturas, las densidades y los tamaños de las colonias; fue necesario determinar con mayor detalle, las variaciones y respectivas proporciones de las formas y los tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia en cada región de los 4 arrecifes en estudio.

Las representaciones proporcionales de las formas y los tamaños de las colonias en cada región del arrecife, aportan una primera aproximación en la descripción de las zonas presentes en cada una de éstas y la totalidad de un arrecife.

La mayoría de los escleractinios presentan distintas formas y tasas de crecimiento en relación con la incidencia diferencial de ciertos factores del ambiente como la energía del oleaje, los sedimentos, la temperatura y la luz (Stoddart, 1969; Huston, 1985). Las determinaciones de estas formas y tasas de crecimiento en las diversas regiones arrecifales, son aproximaciones a los procesos de estructuración de los sustratos calcáreos que componen a un arrecife, existiendo varias mediciones para las especies más comunes de las principales localidades arrecifales Gladfelter, et al. (1978), en la región zoogeográfica del Caribe. Cada asociación de escleractinios que comparte formas y tamaños de las colonias, es reflejo de la incidencia de los factores que determinan el crecimiento coralino y constituyen un proceso particular de depósito de carbonato

de calcio biogénico y de estructuración de los sustratos a arrecifales (Connell, 1977; Rosen, 1983).

Los estudios de Lara (1989) en el arrecife Anegada de Afuera y de Padilla (1989) en el arrecife Cabezo, proponen una zonación compuesta de 9 zonas. El presente estudio propone 10 zonas, la zona omitida por los citados autores, es la denominada de macizos coralinos del contacto de colonias de ramificación gruesa de A. palmata con las colonias esféricas e incrustantes de M. annularis en el barlovento (Zona 8, Fig. 3).

En los barloventos de los arrecifes de implantación somera, esta zona presenta poco desarrollo y está intercalada con colonias esféricas e incrustantes (Zona 9) que se extienden hasta el contacto con los fondos arenosos, donde también se intercalan con las colonias de forma aplanada típicas de la profundidad (Zona 10).

Esto significa para los casos de pendientes de barlovento y de sotavento poco desarrolladas, que las primeras formas de colonización de los escleractinios en estas pendientes, consisten de colonias de formas esféricas e incrustantes (Zonas 9 y 3 respectivamente). En la medida que este tipo de colonización se extiende en superficie y gana profundidad, se diferencian las colonias de forma aplanada que flanquean a la colonización inicial en la profundidad, y se diferencian entre los 5 y 15 m de profundidad por debajo de las llanuras arrecifales, las zonas de los macizos coralinos que flanquean a la colonización inicial hacia las partes someras de los barloventos y los basamentos de A. cervicornis que flanquean a la colonización inicial hacia las partes someras de los sotaventos.

En los arrecifes de implantación profunda, las zonas de las colonias esféricas e incrustantes de ambas pendientes (Zonas 9 y 3), están bien diferenciadas y separan claramente a las zonas de mayor crecimiento coralino entre los 5 y los 15 m de profundidad (Zonas 8 y 2) de las zonas de colonias aplanadas en contacto con los fondos arenosos (Zonas 10 y 1).

6.3) Aspectos geológicos.

Como resultado de un análisis cartográfico de los posibles desniveles de profundidad del perfil costero de la localidad, se clasificó a los arrecifes sugiriendo sus probables procesos de génesis.

Los arrecifes del Tipo A son aquellos que se han desarrollado sobre las pendientes de la actual y las anteriores líneas de costa; los arrecifes del Tipo B son aquellos que se han elevado desde planicies intermedias entre dos líneas de profundidad como plataformas horizontales sumergidas (Fichon, 1981). La distinción actual entre ambos tipos, puede estar relacionada con las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de las pendientes arrecifales en los arrecifes del Tipo A, y con las mayores extensiones de los sustratos calcáreos de las llanuras arrecifales en los arrecifes del Tipo B.

Con base en las estimaciones cartográficas de las profundidades de implantación y las áreas de las llanuras arrecifales, y las observaciones de los números de zonas y de las riquezas específicas en 20 arrecifes emergidos de la localidad; se sugiere una ordenación comparativa de éstos ponderando las dimensiones cartográficas, los números de zonas como estimadores de la morfología arrecifal y las riquezas específicas como estimadores de la distribución de los escleractinios en cada arrecife.

Respecto a la uniformidad de las composiciones específicas entre regiones y entre arrecifes, las diferencias de representación de las especies se explican de acuerdo con la incidencia de los agentes de perturbación física del ambiente en cada región y la totalidad de cada arrecife, según su posición en el perfil costero. Esta aseveración concuerda con los resultados de Grigg (1983) sobre las estructuras comunitarias, la sucesión y el desarrollo de los arrecifes coralinos de Hawaii, donde también concluye que las especies abundantes colonizan cualquier sustrato rocoso disponible dentro de la zona eufótica.

- **Determinación de los intervalos de profundidad del desarrollo arrecifal coralino en el declive costero.**

Previa caracterización de los arrecifes por sus tamaños, profundidades de implantación y una descripción comparativa de las zonas y de las riquezas específicas presentes en cada uno de ellos, se determinó que entre los 10 y los 20 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife, se localizan las zonas 8 y 2 de mayor desarrollo coralino, y en segundo término, las zonas 9 y 3 de desarrollo intermedio. En la totalidad del declive costero, este intervalo de profundidad está representado por los arrecifes Chopas, Isla de Enmedio, Rizo, Blanca, Pájaros, Isla Sacrificios, Galleguilla y las dos terceras partes de Isla Verde y el Cabezo constituyendo el 60.3% del área arrecifal total.

Entre los 30 y los 40 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife de implantación profunda, se desarrollan en ambas pendientes pero sobre todo en las de barlovento, las comunidades coralinas de desarrollo intermedio correspondientes a las zonas 9 y 3, y en segundo término, las de las zonas 10 y 1. En la totalidad del declive costero, este intervalo de profundidad está representado por los arrecifes Anegada de Afuera, Anegada de Adentro, Santiaguillo, Anegadilla y Topetillo constituyendo el -- 18.7% del área arrecifal total.

Entre los 20 y los 30 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife de implantación somera, se desarrollan en ambas pendientes pero sobre todo en las de barlovento, las comunidades coralinas de desarrollo intermedio correspondientes a las zonas 9 y 3, y en segundo término, las de las zonas 10 y 1. En la totalidad del declive costero, este intervalo de profundidad esta representado por los arrecifes Blanquilla y las restantes terceras partes de Isla Verde y el Cabezo constituyendo el 13.2% del área arrecifal total.

Entre los 0 y los 10 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife, se localiza la zona 7 de alto desa-

rrollo coralino y las zonas 6, 5 y 4 de bajo desarrollo coralino. En la totalidad del declive costero, este intervalo de profundidad está representado por los arrecifes Giote, Gallega, Gorda, Hornos y Mocambo constituyendo el 7.8% del área arrecifal total.

- Riqueza específica de los escleractinios.

Analizando en la totalidad del declive costero las relaciones de las riquezas específicas de los arrecifes con respecto a las áreas, profundidades de asentamiento y los números de zonas de éstos, se sugiere que las mayores riquezas específicas observadas en los arrecifes Chopas, Cabezo e Isla de Enmedio, están determinadas por un intervalo de profundidad óptimo de mayores proporciones del desarrollo coralino, correspondiente a los 10 y 20 metros.

Con respecto a las especies de abundancia muy baja o raras, se encontró que colonizan principalmente las pendientes arrecifales y que probablemente sus variaciones de representación entre los arrecifes, están determinadas por las mayores extensiones en superficie y en la profundidad de las pendientes.

La mayoría de estas especies, comparten semejanzas morfológicas tales como la constitución de colonias pequeñas con pólipos grandes, cuyos diámetros están en un intervalo de 0.5 a 5 cm. De acuerdo con Lang (1970) las especies con pólipos grandes son aquellas de mayor habilidad competitiva en términos de la digestión extracelentérica. Asimismo, Porter (1976) las describe como especies en las que predomina la heterotrofia sobre la autotrofia como estrategias de obtención de energía. Estas características pueden explicar porque frecuentemente las especies de abundancia muy baja en estos arrecifes, se hallan aisladas en amplias oquedades y marcados desniveles de los sustratos calcáreos.

CONCLUSIONES

- 7.1) Se determinó la presencia de 29 especies de escleractinios y dos especies del Género *Millepora*, como los principales corales constructores de los sustratos calcáreos de los arrecifes asentados en el declive costero de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.
- 7.2) No existen diferencias significativas en las composiciones específicas entre las regiones de un mismo arrecife. Las variaciones en las representaciones y las proporciones de abundancia de éstas, son el resultado de la incidencia diferencial del oleaje, los sedimentos y la luz en torno al arrecife.
- 7.3) Las pendientes comparten composiciones específicas y densidades de colonias semejantes, las diferencias consisten en que los barloventos presentan mayores coberturas por colonia y menores equitabilidades específicas respecto a los sotaventos.
- Las crestas presentan las menores composiciones específicas, 2.2 y 1.4 veces menores que ambas pendientes y las lagunas, como consecuencia de las dominancias de *A. palmata* y *D. clivosa*; asimismo, las coberturas por colonia son intermedias, es decir, 2 veces mayores que las de las lagunas y 1.2 veces menores que las de las pendientes.
 - Las lagunas presentan composiciones específicas 1.4 veces mayores que las de las crestas y las menores coberturas, como ambientes de depósito y de acarreo de sedimentos, estas regiones no conforman ningún proceso relevante de estructuración del sustrato calcáreo por acción de los escleractinios.
 - Las densidades de las colonias, la diversidad y la equitabilidad específicas por regiones, no presentan variaciones significativas en función de las distintas profundidades de implantación y las áreas arrecifales;

sin embargo, los valores de cobertura y de los tamaños de las colonias observados, fueron doblemente mayores en todas las regiones de los arrecifes Santiaguillo y Anegadilla de implantación profunda.

7.4) Considerando los valores de importancia relativa de los escleractinios en el promedio total de los 4 arrecifes en estudio, se les clasificó por sus abundancias del siguiente modo:

- 6.5 ± 1.3 especies abundantes que constituyen el $84.65 \pm 6.9\%$ de la cobertura total de cada arrecife, presentes en todas las regiones.
- 5.25 ± 1.5 especies de abundancia intermedia que constituyen el $10.9 \pm 4.6\%$ de la cobertura total de cada arrecife, presentes en todas las regiones.
- 7.8 ± 1.7 especies de abundancia muy baja que constituyen el $4.4 \pm 2.8\%$ de la cobertura total de cada arrecife, presentes casi exclusivamente en las pendientes.
- Por lo tanto, las diferencias en las estructuras comunitarias de los escleractinios entre las regiones de un arrecife y entre los arrecifes, están determinadas en primer término por las densidades, las coberturas y los tamaños de las colonias de las especies abundantes y de abundancia intermedia, y en segundo término, por las poco significativas variaciones en las composiciones específicas determinadas por las especies de abundancia muy baja.
- Se sugiere corroborar en estudios posteriores la distribución de las abundancias de los escleractinios de cada arrecife, de acuerdo con el modelo dinámico de Hughes (1986).

7.5) Las representaciones proporcionales de las formas y de los tamaños de las colonias en cada región del arrecife, aportan una primera aproximación en la descripción de las zonas presentes en cada una de éstas y la

totalidad de un arrecife.

- Con base en el modelo de zonación de los arrecifes de la región zoogeográfica del Caribe propuesto por Goreau, et al. (1959; 1973), se describen 10 zonas para los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.
- 7.6) Se propone un mapa de la distribución de 20 arrecifes coralinos emergidos en estudio, con respecto a los desniveles de profundidad del declive costero y las estimaciones de las áreas de las llanuras arrecifales de éstos. (Fig. 2).
- Se clasificó a estos arrecifes por sus tamaños y sus posibles procesos de génesis, se les analizó comparativamente a partir de las respectivas estimaciones cartográficas de profundidad de implantación y de área y las respectivas observaciones de riqueza específica y de números de zonas.
- 7.7) Se explica la uniformidad de las composiciones específicas entre regiones y entre arrecifes y las consiguientes variaciones en la representación de las especies, como resultado de la acción diferencial de los agentes de perturbación física incidentes en cada región del arrecife y en cada arrecife, según su posición en el declive costero.
- Al igual que Grigg (1983) se arguye que las especies abundantes, colonizan cualquier sustrato rocoso disponible dentro de la zona eufótica.
- 7.8) Se determinó que entre los 10 y los 20 m de profundidad, en lo particular de cada arrecife, se localizan las zonas de mayores crecimientos coralinos.
- En este mismo intervalo, en la totalidad del declive costero se observó el 60.3% del área arrecifal total.

- Considerando los porcentajes de área arrecifal observados en la totalidad del declive costero y los grados de desarrollo de las zonas coralinas, se determinaron los intervalos de profundidad subsecuentes del desarrollo coralino. Estos son en orden decreciente de 30 a 40 m , de 20 a 30 m y de 0 a 10 m .
 - Se explica que las colonias de forma esférica e incrustante, conforman un primer estadio de colonización de las pendientes arrecifales, y que en la medida que los sustratos calcáreos se extienden en superficie y en la profundidad, continúa el desarrollo de otras formas coloniales que promueven la diferenciación de las zonas que caracterizan a ambas pendientes.
- 7.9) Analizando la riqueza específica de los arrecifes en relación con las profundidades de implantación, las áreas y los números de zonas; se sugiere que la mayor riqueza específica de los escleractinios de la localidad, esta determinada por las mayores áreas de sustrato calcáreo y por un intervalo de profundidad óptimo del desarrollo de las zonas coralinas. Este intervalo corresponde a los 10 y los 20 m de profundidad.
- Se propone que las variaciones en la representación de las especies de abundancia muy baja entre los arrecifes, están directamente relacionadas con las extensiones en área y en la profundidad de los sustratos calcáreos de las pendientes arrecifales.

LITERATURA CITADA

- Adey, W. 1978. Coral reef morphogenesis: a multidimensional model. *Science* 202 (4370): 831 - 837.
- Arenas, V. 1966. Hidrografía y planton en el arrecife la Blanquilla Veracruz, Ver. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Bernárdez, A. 1991. Estructura comunitaria de los escleractinios del arrecife Chopas. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M. (en preparación).
- Britton, J. y Morton, B. 1989. Shore ecology of the Gulf of México. University of Texas Press, U.S.A. 1a. Ed.
- Caballero, A.; Martínez, L. y Bernárdez, J. 1987. Tablas Matemáticas. Ed. Esfinge, 33a. Ed. México, D.F.
- Castañares, L. 1978. Corales pétreos de la costa noreste de la Península de Yucatán, México (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia). Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Chávez, E. 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife Lobos, Veracruz. *Ann. Esc. Cien. Biol. Mex.* 20: 13 - 21.
- Connell, J. 1977. Population ecology of reef building corals. In: *Biology and Geology of coral reefs*. Vol. 2. Biology 1. Jones & Endean Eds.
- Emery, K. 1963. Estudios regionales: arrecifes coralinos de Veracruz. *Geofísica Internacional*. 3 (1): 11 - 17.
- Gladfelter, E.; Monahan, R. y Gladfelter, W. 1978. Growth rates of five reef-building corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 28 (4): 728 - 734.
- Goreau, T. 1959a. The ecology of Jamaican reefs. I. Species composition and zonation. *Ecology* 40: 67 - 90.
- Goreau, T. y Goreau, N. 1973. The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation, and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23: 399 - 464.

- Green, G. 1968. Contribución al conocimiento de la sistemática y la ecología de las esponjas del arrecife la Blanquilla, Veracruz. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Grigg, R. 1983. Community structure, succession, and development of coral reefs in Hawaii. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11 : 1 - 14.
- Grimm, Y. y Hopkins, S. 1977. A preliminary characterization of the Octocorallian and Scleractinians diversity at the Florida Middle Grounds. In: Proc. 3rd. Int. Coral Reefs Sym. : 136 - 141.
- Glynn, P. 1982. Algunos factores físicos y biológicos que determinan la estructura de las comunidades de coral en el Pacífico oriental. Ecol. Monographs. Vol. 46 431 - 456.
- Heilprin, A. 1890. The corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of México. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 42: 303 - 316.
- Hubbard, J. 1974. Scleractinian coral behavior in calibrated current experiment: an index to their distribution pattern. In: Proc. 2nd. Int. Coral Reef Sym. (2) 107 - 126.
- Hughes, R. 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. 1986. Theories and models of species abundance. Am. Nat. 128 (6): 879 - 899.
- Huston, M. 1985. Patterns of species diversity on coral reefs. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16: 149 - 177.
- Jaims, K. 1968. Contribución al conocimiento de la sistemática y distribución de las Familias Corycacidae y Sapphirinidae (Crustacea: Copepoda) en la zona arrecifal de Veracruz. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.

- Jordán, E. 1980. Arrecifes coralinos del noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis doctorado, I.C.M. y L. , U.N.A.M.
- Knowlton, N.; Lang, J.; Rooney, M. y Clifford, P. 1981. Evidence for delayed mortality in hurricane - damaged Jamaican staghorn corals. *Nature*, Vol. 294 (5838), 251.
- Kornicker, L.; Bonet, F.; Ross, C. y Hoskin, C. 1959. Alacran Reef, Campeche Bank, México. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas*. 6: 1 - 22.
- Kuhlmann, D. 1975. Charakterisierung der Korallenriffe vor Veracruz, Mexiko. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 60: 495 - 521.
- Ladd, H. 1977. Bikini and Eniwetok Atolls, Marshall Islands. In: *Biology and Geology of coral reefs*. Vol. 1. *Geology* 1. Jones & Endean Eds.
- Lang, J. 1970. Inter - specific aggression within the scleractinian reef corals. Ph.D. Dissertation, Yale University, New Haven, Connecticut. U.S.A.
- Lara, M. 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- López, E. 1983. Geología de México. Provincias XII a y b. I. Geología, U.N.A.M. Ed. Escolar, 6a. Ed.
- Lot, A. 1968. Estudio sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Veracruz. Tesis Prof. Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of Hermatypic corals in Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13 (2) 100 - 123.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. In: *Coral Reefs Research Methods*. UNESCO, Monographs on Oceanographic Methodology 5: 197 - 218. Stoddart & Johannes Eds.

- May, R. 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: Ecology and Evolution of Communities. Cody & Diamond Eds. Cambridge, Belknap Press.
- Milliman, J. 1973. Caribbean coral reefs. In: Biology and Geology of coral reefs. Vol. 1. Geology 1. Jones & Endean Eds.
- Moore, D. 1958. Notes on Blanquilla reef, the most northerly coral formation in the western Gulf of México. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas. 5: 151 - 155.
- Müller, D. y Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley Ed. New York, U.S.A.
- Odum, H. y Odum, E. 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok atoll. Ecol. Monographs. 25: 291 - 320.
- Orme, G. 1977. Aspects of sedimentation in the coral reef environment. In: Geology and Biology of coral reefs. Vol. 4. Geology 2. Jones & Endean Eds.
- Padilla, C. 1989. Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife Cabezo, Veracruz. Tesis Prof., Fac, Ciencias, U.N.A.M.
- Pichon, M. 1981. Dynamic aspects of coral reef benthic structures and zonation. Proc. 4th. Int. Coral Reef Sym. Vol. 1: 581 - 594.
- Pizaña, J. 1990. Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz. Un enfoque biogeográfico. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Porter, J. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. Ecology, 53 (4): 668 - 773.
- Porter, J. 1974a. Community structure of coral reefs on opposite side of the Isthmus of Panama. Science, 186: 543 - 545.
- Porter, J. 1976. Autotrophy, heterotrophy and resource partitioning in Caribbean reef-building corals. Am. Nat. 110 (975): 731 - 739.

- Rezak, R.; Bright, T. y Mc.Grail, D. 1985. Reefs and Banks of the northwestern Gulf of Mexico. Their geological, biological and physical dynamics. John Wiley & Sons. Ed. New York, U.S.A.
- Rosen, B. 1983. Tropical High Diversity Enigma of the corals eye view. In: The Evolving Biosphere. Chap. 9.
- Rosado, J. 1990. Patrones de diversidad, distribución y utilización del espacio de las anémonas y zoanthis (Coelenterata: Anthozozaria) de Veracruz. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Santiago, V. 1977. Estudio taxonómico y algunos aspectos ecológicos sobre las madreporas (Coelenterata: Hexacoralia) del arrecife la Blanquilla, Veracruz, México. Tesis Prof., Fac. Ciencias, U.N.A.M.
- Scheer, G. 1978. Application of Phytosociologie Methods. In: Coral Reefs: Research Methods. UNESCO, 175 - 195. Stoddart & Johannes Eds.
- Secretaría de Marina. 1984. Cartas de Navegación Nos. 822, 823 y 824.
- Smith, F. 1948. Atlantic Reef Corals. University of Miami Press. 112 pp.
- Smith, F. 1954. Gulf of Mexico Madreporaria. In: Gulf of México, its origins, waters and marine life. U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bull. 89: 291 - 295.
- Stoddart, D. 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs corals. Biol. Rev. 44: 433 - 498.
- Tresslar, R. 1974. Corals. In: Biota of the west Flower Garden Bank. pp. 116 - 139. Pequegnat, Gulf Publ. Co. Houston, Texas. Bright, J. Ed.
- Villalobos, A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. En: Invest. Resources of the Caribbean Sea Sym. 531 - 545.
- Wells, W. 1971. Note on the Scleractinian corals Scolymia lacera and Scolymia cubensis in Jamaica. Bull. Mar. Sci. 21 (4) 960 - 963.

Wells, W. 1973. New and old Scleractinian corals from Jamaica. Bull. Mar. Sci. 23 (1): 16 - 58.

Zar, J. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International, Englewood, Clifs. N.J. U.S.A.



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

ANEXO 1

Listado taxonómico en orden sistemático de los escleractinios del Golfo de México, indicando a las especies observadas en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz.

		. ESPECIES en la LOCALIDAD:
CLASE	Anthozoa Eherenberg, 1834	
Subclase	Hexacorallia Haeckel, 1896	
ORDEN	Scleractinia Bourne, 1900	
Suborden	Astrocoenina, Vaughan y Wells, 1943	
FAMILIA	Astrocoenidae Koby, 1890	
	<u>Stephanocoenia michellini</u> (Edwards y Haime)	
	homonimia <u>S. intersepta</u> (Esper)	* * *
FAMILIA	Pocilloporidae Gray, 1842	
	<u>Madracis decactis</u> (Lyman)	* * *
	<u>Madracis mirabilis</u> (Duchassaing y Michelotti)	* * *
FAMILIA	Acroporidae Verrill, 1902	
	<u>Acropora cervicornis</u> (Lamarck)	* * *
	<u>Acropora palmata</u> (Lamarck)	* * *
	<u>Acropora prolifera</u> (Lamarck)	* * *
Suborden	Fungiina Verrill, 1865	
Superfamilia	Agariciidae Gray, 1847	
FAMILIA	Agariciidae Gray, 1847	
	<u>Agaricia agaricites</u> (Linnaeus)	* * *
	<u>Agaricia fragilis</u> (Dana)	* * *
	<u>Agaricia lamarcki</u> (Milne Edwards y Haime)	* * *
	<u>Agaricia undata</u>	
	<u>Helioseris cucullata</u> (Ellis y Solander)	* * *
FAMILIA	Siderastreae Vaughan y Wells, 1943	
	<u>Siderastrea radians</u> (Pallas)	* * *
	<u>Siderastrea siderea</u> (Ellis y Solander)	* * *

ESPECIES en
la LOCALIDAD:

Superfamilia	Poriticae	Gray, 1842	
FAMILIA	Poritidae	Gray, 1842	
	<u>Porites porites</u>	(Pallas)	* * *
	<u>Porites astreoides</u>	(Lamarck)	* * *
	<u>Porites furcata</u>	(Lamarck)	* * *
	<u>Porites branneri</u>	(Rathbun)	* * *
Soborden	Faviina	Vaughan y Wells, 1943	
Superfamilia	Favilicae	Gregory, 1900	
FAMILIA	Faviidae	Gregory, 1900	
Subfamilia	Faviinae	Grogory, 1900	
	<u>Diploria strigosa</u>	(Dana)	* * *
	<u>Diploria clivosa</u>	(Ellis y Solander)	* * *
	<u>Diploria labyrinthiformis</u>	(Linnaeus)	* * *
	<u>Manicina aerolata</u>	(Linnaeus)	
	<u>Colpophyllia natans</u>	(Houttuyn)	* * *
	<u>Colpophyllia amaranthus</u>	(Houttuyn)	* * *
Subfamilia	Montastreinae	Vaughan y Wells, 1943	
	<u>Montastrea annularis</u>	(Ellis y Solander)	* * *
	<u>Montastrea cavernosa</u>	(Linnaeus)	* * *
	<u>Solenastrea bournoni</u>	(Milne Edwards y Haime)	
FAMILIA	Rhizangiidae		
	<u>Astrangia poculata</u>		
FAMILIA	Oculinidae	Gray, 1842	
	<u>Oculina diffusa</u>	(Lamarck)	* * *
	<u>Oculina valenciennesi</u>	(Edwards y Haime)	* * *
FAMILIA	Mussidae	Ortmann, 1890	
	<u>Mussa angulosa</u>	(Pallas)	* * *
	<u>Isophyllia multiflora</u>	(Verril)	* * *
	<u>Mycetophyllia lamarckiana</u>	(Milne Edwards y Haime)	* * *
	<u>Scolymia cubensis</u>	(Milne Edwards y Haime)	* * *

ANEXO 2

Formato de la hoja de campo de registro de datos para escleractinios y definición de los intervalos de los tamaños y las formas de las colonias.

Apuntador: _____ Fecha: _____ Turno: _____

Localidad: _____ Región: _____ Zona: _____

No. Muestra: _____

ESPECIES (Trans.1)	No. mts	No. esl	FOR	TAM	Cond Org	ESPECIES (Tran.2)	No. mts	No. esl	FOR	TAM	Con Org

PROFUNDIDAD:

Máx: _____

Prom: _____

Min: _____

OBSERVACIONES:

FORMAS de las COLONIAS:

Código: Definición:

R.G. Ramificación gruesa
 R.D. Ramificación delgada
 R.Ab. Ramificación arborescente
 C.E. Colonia esférica
 C.I. Colonia incrustante, cónica
 C.A. Colonia aplanada
 R. Colonia en ramillete
 S. Colonia solitaria

TAMAÑOS de las COLONIAS:

Código: Definición: (cm)

A 0 - 2
 B 2 - 4
 C 4 - 8
 D 8 - 16
 E 16 - 32
 F 32 - 64
 G 64 - 128
 H 128 - 256
 I 256 - x

CONDICIONES del ORGANISMO:

Código: Definición:
 V.L. Vivo libre
 V.A. Vivo algas
 V.E. Vivo epifauna
 V.M. Vive muerto

ANEXO 3

Tablas de los análisis de varianza de clasificación simple de las coberturas por colonia por transecto, para la totalidad de muestras entre regiones semejantes de 4 arrecifes.

BARLOVENTOS;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	9420.61	24	- - -
Grupos	1819.2	3	606.4
Error	7601.41	21	361.97
	$F = 1.67$		
$F_{0.05} (1), 3, 21 = 3.07$	$0.10 < P < 0.25$		Ho: se acepta.

CRESTAS;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	9667.67	19	- - -
Grupos	2656.15	3	885.38
Error	7011.52	16	438.22
	$F = 2.02$		
$F_{0.05} (1), 3, 16 = 3.24$	$0.10 < P < 0.25$		Ho: se acepta.

LAGUNAS;

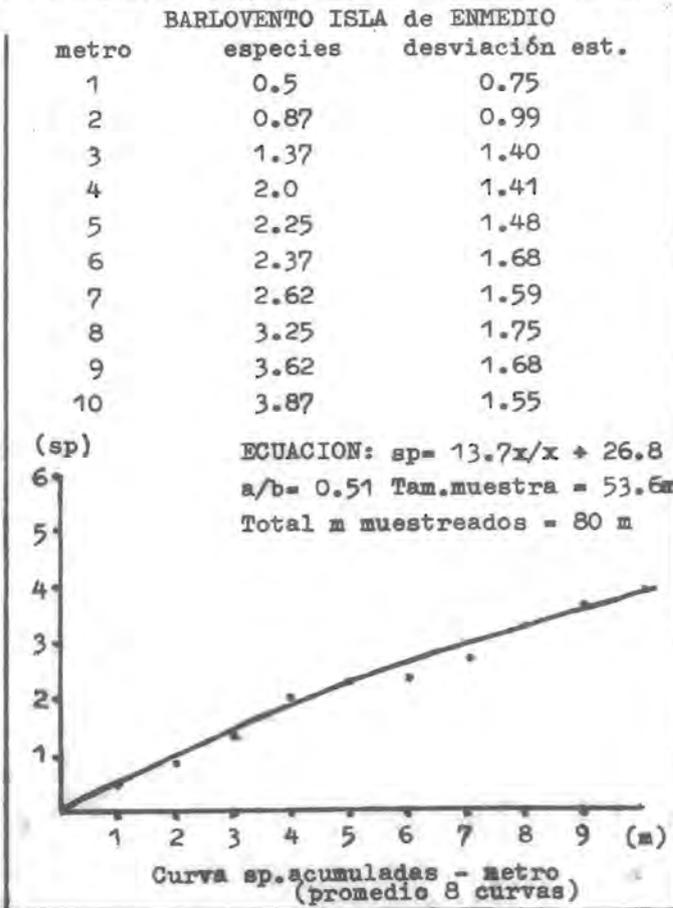
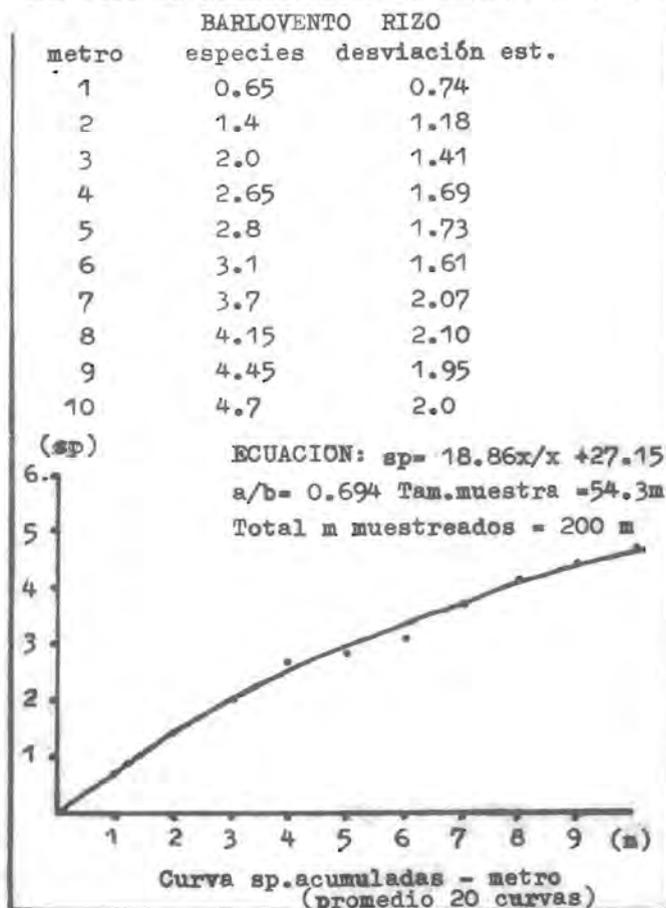
Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	2275.96	14	- - -
Grupos	660.66	2	330.33
Error	1615.3	12	134.61
	$F = 2.45$		
$F_{0.05} (1), 2, 12 = 3.89$	$0.10 < P < 0.25$		Ho: se acepta.

SOTAVENTOS;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	8205.22	22	- - -
Grupos	310.41	3	103.47
Error	7894.81	19	415.51
	$F = 0.249$		
$F_{0.05} (1), 3, 22 = 3.05$	$P > 0.25$		Ho: se acepta.

ANEXO 4

Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .



ANEXO 4a

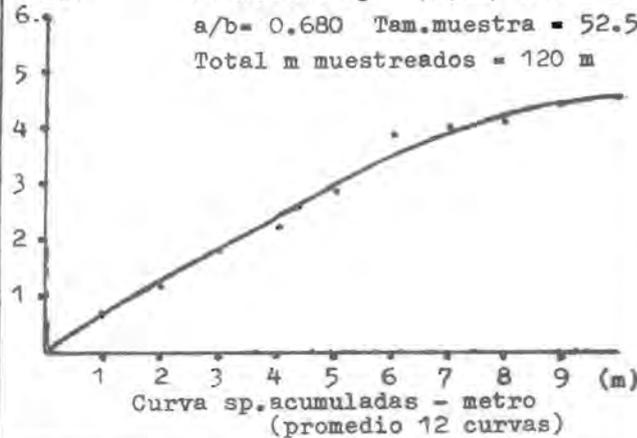
Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

BARLOVENTO SANTIAGUILLO
metro especies desviación est.

1	0.66	0.65
2	1.16	0.71
3	1.83	1.19
4	2.25	1.48
5	2.91	1.16
6	3.91	1.50
7	4.0	1.47
8	4.16	1.64
9	4.41	1.50
10	4.5	1.50

(sp)

ECUACION: $sp = 17.76x / x + 26.26$
 $a/b = 0.680$ Tam.muestra = 52.5m
 Total m muestreados = 120 m

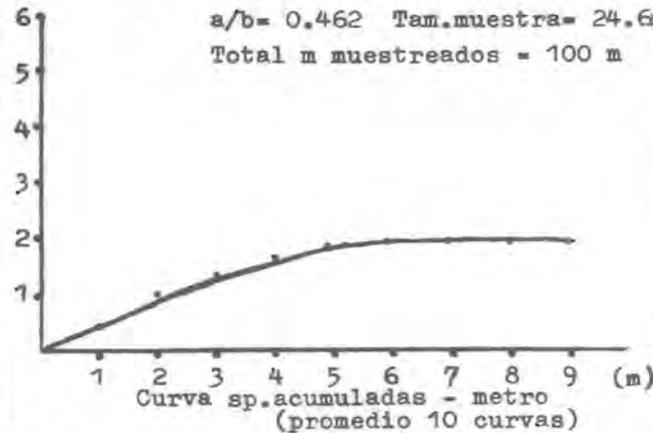


BARLOVENTO ANEGADILLA
metro especies desviación est.

1	0.4	0.51
2	1.0	0.66
3	1.3	0.67
4	1.6	0.69
5	1.8	0.78
6	1.9	0.73
7	1.9	0.73
8	1.9	0.73
9	1.9	0.73
10	1.9	0.73

(sp)

ECUACION: $sp = 5.7x / x + 12.3$
 $a/b = 0.462$ Tam.muestra = 24.6m
 Total m muestreados = 100 m



ANEXO - 4b

Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

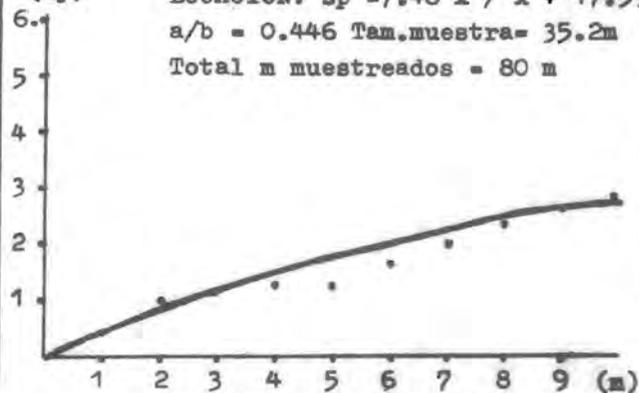
CRESTA RIZO

metro	especies	desviación est.
1	0.41	0.51
2	1.0	0.53
3	1.125	0.64
4	1.25	0.70
5	1.25	0.70
6	1.625	0.517
7	2.0	0.75
8	2.37	0.51
9	2.625	0.74
10	2.875	0.99

CRESTA ISLA de EMMEDIO

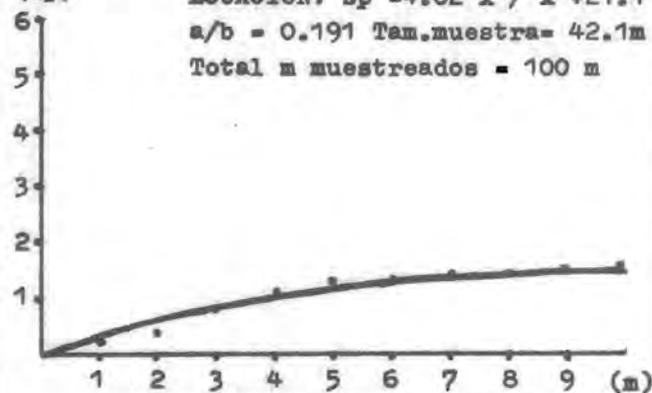
metro	especies	desviación est.
1	0.2	0.41
2	0.4	0.51
3	0.8	0.78
4	1.1	0.73
5	1.3	0.48
6	1.3	0.48
7	1.4	0.51
8	1.4	0.51
9	1.5	0.52
10	1.5	0.52

(sp) ECUACION: $sp = -7.48 x / x + 17.59$
 $a/b = 0.446$ Tam.muestra= 35.2m
 Total m muestreados = 80 m



Curva sp.acumuladas - metro
 (promedio 8 curvas)

(sp) ECUACION: $sp = -4.02 x / x + 21.1$
 $a/b = 0.191$ Tam.muestra= 42.1m
 Total m muestreados = 100 m



Curva sp.acumuladas - metro
 (promedio 10 curvas)

ANEXO . 4c

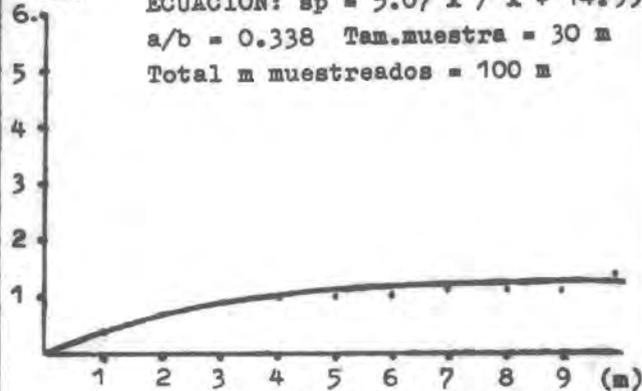
Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

CRESTA SANTIAGUILLO

metro	especies	desviación est.
1	0.307	0.52
2	0.7	0.48
3	0.9	0.56
4	1.0	0.47
5	1.0	0.47
6	1.0	0.47
7	1.1	0.31
8	1.1	0.31
9	1.1	0.31
10	1.4	0.69

(sp)

ECUACION: $sp = 5.07 x / x + 14.99$
 $a/b = 0.338$ Tam.muestra = 30 m
 Total m muestreados = 100 m



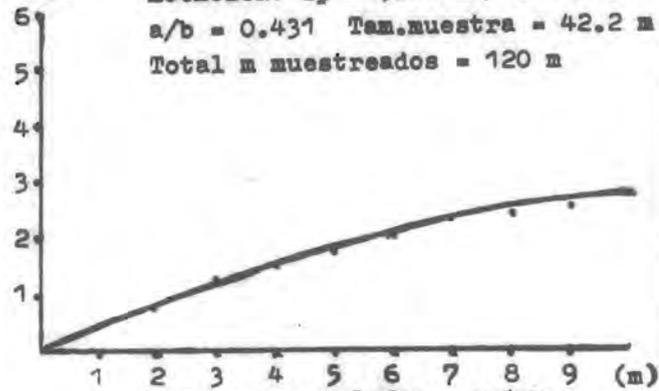
Curva sp.acumuladas - metro
 (promedio 10 curvas)

CRESTA ANEGADILLA

metro	especies	desviación est.
1	0.41	0.51
2	0.75	0.753
3	1.25	0.753
4	1.5	0.79
5	1.75	0.86
6	2.0	0.85
7	2.33	1.23
8	2.41	1.37
9	2.5	1.38
10	2.75	1.54

(sp)

ECUACION: $sp = 9.06 x / x + 21.1$
 $a/b = 0.431$ Tam.muestra = 42.2 m
 Total m muestreados = 120 m



Curva sp.acumuladas - metro
 (promedio 12 curvas)

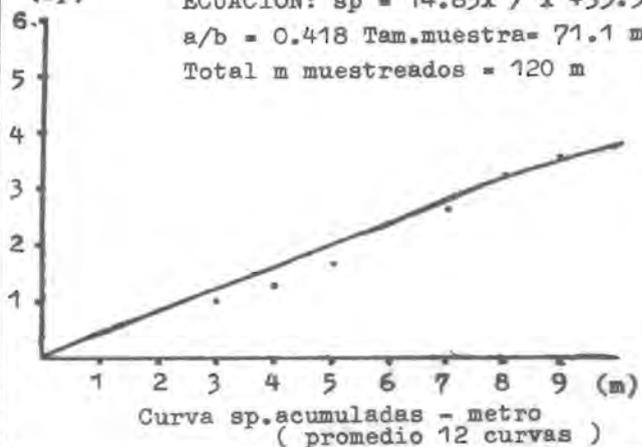
ANEXO 4d

Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

LAGUNA RIZO

metro	especies	desviación est.
1	0.41	0.51
2	0.83	0.57
3	1.0	0.73
4	1.25	0.96
5	1.66	0.88
6	2.41	1.31
7	2.66	1.23
8	3.25	0.96
9	3.58	0.99
10	3.75	0.96

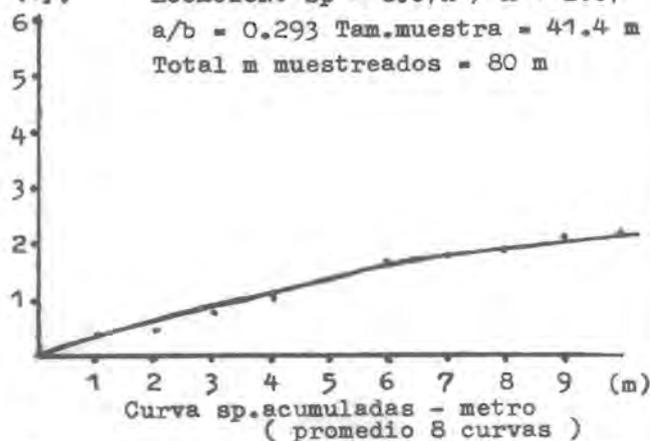
(sp)



LAGUNA ISLA de ENMEDIO

metro	especies	desviación est.
1	0.307	0.46
2	0.375	0.517
3	0.75	0.88
4	1.0	1.19
5	1.375	1.30
6	1.625	1.50
7	1.75	1.58
8	1.875	1.64
9	2.10	1.72
10	2.125	1.66

(sp)



ANEXO. 4e

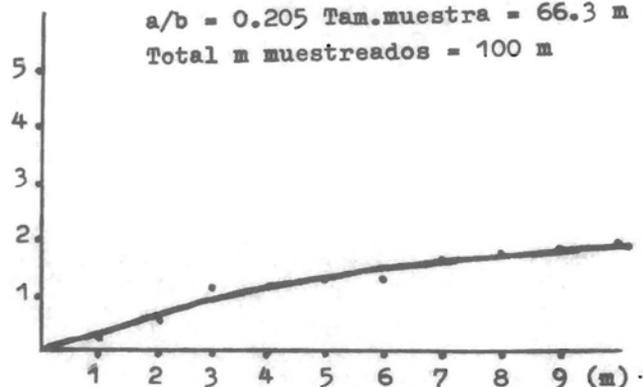
Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

LAGUNA SANTIAGUILLO

metro	especies	desviación est.
1	0.2	0.42
2	0.5	0.52
3	1.1	0.87
4	1.1	0.87
5	1.2	1.03
6	1.2	1.03
7	1.6	1.07
8	1.7	1.05
9	1.8	0.91
10	1.9	0.87

(sp)

ECUACION: $sp = 6.8 x / x + 33.15$
 $a/b = 0.205$ Tam.muestra = 66.3 m
 Total m muestreados = 100 m



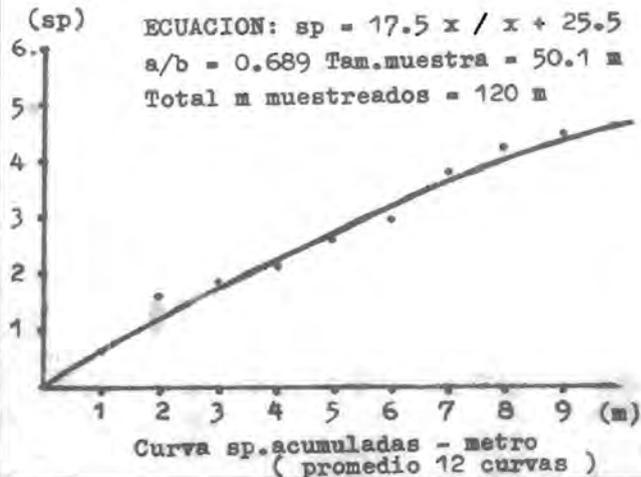
Curva sp.acumuladas - metro
 (promedio 10 curvas)

ANEXO 4f

Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

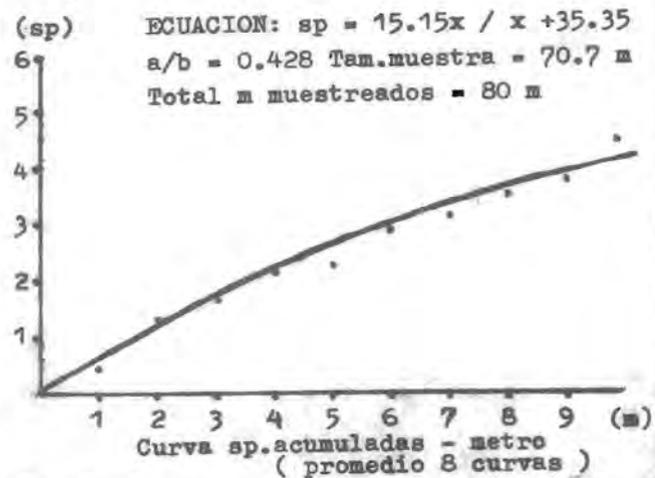
SOTAVENTO RIZO

metro	especies	desviación est.
1	0.63	0.61
2	1.61	0.94
3	1.87	1.31
4	2.18	1.27
5	2.62	1.08
6	3.0	1.15
7	3.81	1.6
8	4.25	1.98
9	4.5	2.06
10	4.62	2.02



SOTAVENTO ISLA de ENMEDIO

metro	especies	desviación est.
1	0.41	0.51
2	1.31	0.89
3	1.625	1.06
4	2.125	1.35
5	2.25	1.66
6	2.875	1.457
7	3.125	1.24
8	3.5	1.41
9	3.75	1.66
10	4.5	1.60



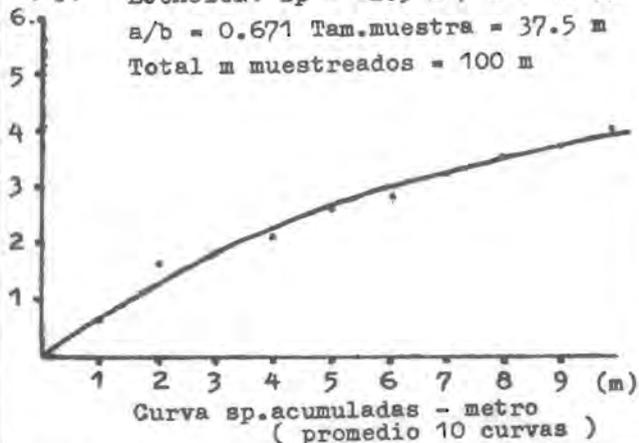
ANEXO 4g

Los valores acumulativos promedio del número de especies registradas por transectos de 10 m .

SOTAVENTO SANTIAGUILLO

metro	especies	desviación est.
1	0.6	0.58
2	1.6	1.42
3	1.8	1.31
4	2.1	1.59
5	2.6	2.64
6	2.8	1.68
7	3.2	1.93
8	3.5	1.84
9	3.7	1.76
10	4.0	1.56

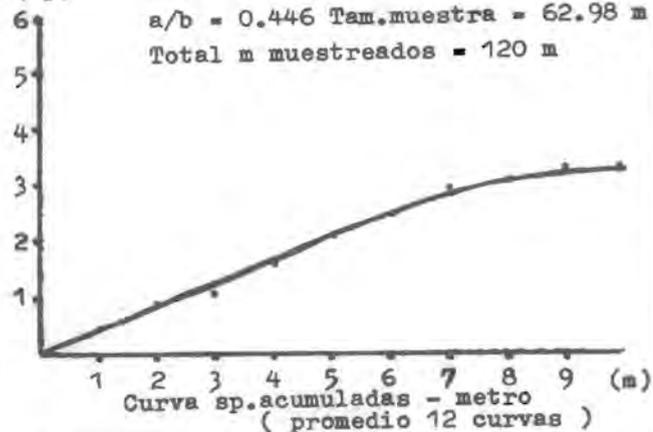
(sp) ECUACION: $sp = 12.51x / x + 18.75$
 $a/b = 0.671$ Tam.muestra = 37.5 m
 Total m muestreados = 100 m



SOTAVENTO ANEGADILLA

metro	especies	desviación est.
1	0.43	0.468
2	0.85	0.75
3	1.08	0.792
4	1.58	1.083
5	2.08	0.792
6	2.41	0.668
7	2.91	1.08
8	3.08	1.37
9	3.25	1.60
10	3.25	1.60

(sp) ECUACION: $sp = 14.02x / x + 31.49$
 $a/b = 0.446$ Tam.muestra = 62.98 m
 Total m muestreados = 120 m



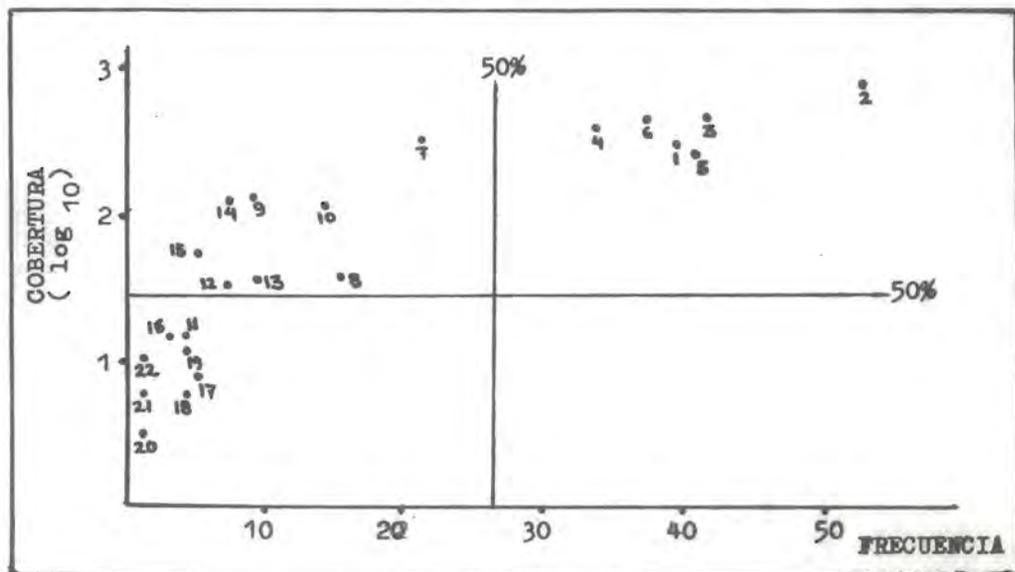
ANEXO 5

Valores de importancia relativa de los escleractinios por regiones del arrecife RIZO, considerando las proporciones de los tamaños y de las formas de las colonias.

BARLOVENTO	VIR	SOTAVENTO	VIR	CRESTA	VIR	LAGUNA	VIR
Montastrea annularis	129.6	Colpophyllia natans	65.5	Diploria clivosa	219.3	Diploria clivosa	96.5
Siderastrea siderea	44.85	Montastrea annularis	59.4	Porites astreoides	33.42	Diploria strigosa	79.6
Colpophyllia natans	43.87	Siderastrea siderea	56.6	Siderastrea radians	21.16	Porites astreoides	43.6
Porites astreoides	26.24	Montastrea cavernosa	33.3	Acropora palmata	10.58	Siderastrea radians	25.5
Montastrea cavernosa	16.85	Diploria strigosa	32.16	Porites porites	8.73	Siderastrea siderea	18.4
Acropora palmata	9.81	Porites astreoides	16.9	Diploria strigosa	2.19	Millepora complanata	4.6
Diploria strigosa	7.43	Acropora cervicornis	13.4	Siderastrea siderea	2.19	Millepora alcyornis	1.86
Agaricia agaricites	4.64	Diploria labyrinthiformis	5.03	Millepora alcyornis	2.19	Montastrea annularis	1.7
Acropora cervicornis	3.38	Agaricia agaricites	4.93			Diploria labyrinthiformis	1.54
Millepora complanata	3.01	Scolymia cubensis	2.86			Porites porites	
Colpophyllia amaranthus	2.16	Colpophyllia amaranthus	2.21			Acropora cervicornis	1.52
Diploria labyrinthiformis	1.89	Siderastrea radians	2.08			Mycetophyllia lamarckiana	1.52
Diploria clivosa	1.73	Diploria clivosa	2.02				
Solenastrea bournoni	1.03	Porites porites	0.68				
Scolymia cubensis	0.75	Mussa angulosa	0.68				
Mycetophyllia lamarckiana	0.37	Stephanochoenia michellini	0.68				
Madracis mirabilis	0.36						

ANEXO 5'

Clasificación de los escleractinios del arrecife RIZO por su valor de importancia relativa según la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974). Los números corresponden a las especies enlistadas.



Valores de importancia relativa de los escleractinios para el total del arrecife RIZO. La numeración indica el orden de importancia.

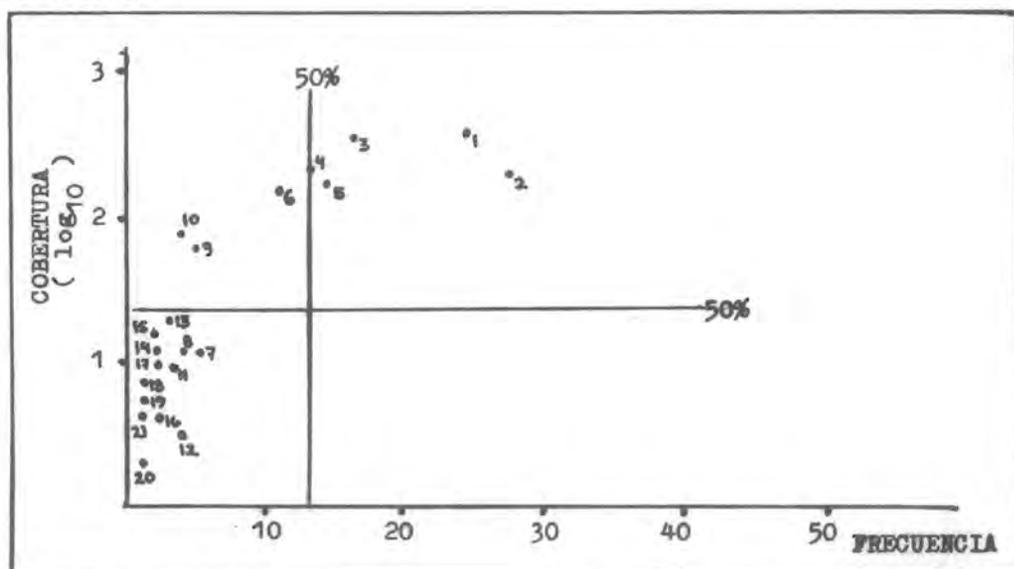
ESPECIES	VIR	ESPECIES	VIR
1) Diploria clivosa	317.5	12) Millepora complanata	9.8
2) Montastrea annularis	190.7	13) Agaricia agaricites	9.6
3) Siderastrea siderea	122.0	14) Diploria labyrinthiform	8.4
4) Diploria strigosa	121.0	15) Colpophyllia amaranthus	4.4
5) Porites astreoides	120.0	16) Millepora alcyornis	3.9
6) Colpophyllia natans	109.4	17) Scolymia cubensis	3.6
7) Montastrea cavernosa	50.2	18) Mycetophyllia lamarckia	1.9
8) Siderastrea radians	48.9	19) Solenastrea bournoni	1.0
9) Acropora palmata	20.4	20) Mussa angulosa	0.68
10) Acropora cervicornis	18.3	21) Stephanochoenia michelli	0.68
11) Porites porites	11.0	22) Madracis miriabilis	0.37

ANEXO 5a

Valores de importancia relativa de los escleractinios por regiones del arrecife ISLA de ENMEDIO, considerando las proporciones de los tamaños y de las formas de las colonias.

BARLOVENTO	VIR	SOTAVENTO	VIR	CRESTA	VIR	LAGUNA	VIR
Colpophyllia natans	120.4	Montastrea annularis	119.1	Diploria clivosa	272.6	Siderastrea siderea	133.4
Siderastrea radians	57.4	Montastrea cavernosa	55.1	Siderastrea siderea	23.9	Siderastrea radians	89.5
Siderastrea siderea	49.4	Siderastrea siderea	53.9	Acropora palmata	2.7	Porites astreiodes	32.5
Montastrea annularis	28.9	Acropora cervicornis	17.0			Porites porites	22
Montastrea cavernosa	10.9	Colpophyllia natans	14.2			Diploria strigosa	8.6
Acropora palmata	6.18	Madracis decactis	11.2			Diploria clivosa	7.5
Oculina diffusa	5.96	Porites astreoides	10.9			Agaricia agaricites	5.9
Agaricia lamarcki	2.71	Diploria strigosa	5.5				
Agaricia fragilis	1.42	Madracis mirabilis	3.33				
Diploria strigosa	1.42	Millepora complanata	1.50				
Scolymia cubensis	1.42	Mycetophyllia lamarckiana	1.50				
Agaricia agaricites	1.42	Scolymia cubensis	1.40				
		Millepora alcicornis	1.40				
		Agaricia fragilis	1.40				

Clasificación de los escleractinios del arrecife ISLA de ENMEDIO por su valor de importancia relativa según la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974). Los números corresponden a las especies de la lista.



Valores de importancia relativa de los escleractinios para el total del arrecife ISLA de ENMEDIO. Los Nos. indican el orden de importancia.

ESPECIES	VIR	ESPECIES	VIR
1) Diploria clivosa	280.1	12) Agaricia agaricites	6.6
2) Siderastrea siderea	228.4	13) Acropora palmata	4.8
3) Montastrea annularis	129.0	14) Madracis miriabilis	3.3
4) Siderastrea radians	109.2	15) Agaricia fragilis	2.3
5) Montastrea cavernosa	58.8	16) Scolymia cubensis	2.1
6) Colpophyllia natans	55.6	17) Oculina diffusa	2.0
7) Porites astreoides	43.5	18) Millepora complanata	1.5
8) Porites porites	22.0	19) Mycetophyllia lamarckia	1.5
9) Acropora cervicornis	17.0	20) Millepora alcicornis	1.4
10) Diploria strigosa	13.9	21) Agaricia lamarcki	0.93
11) Madracis decactis	11.2		

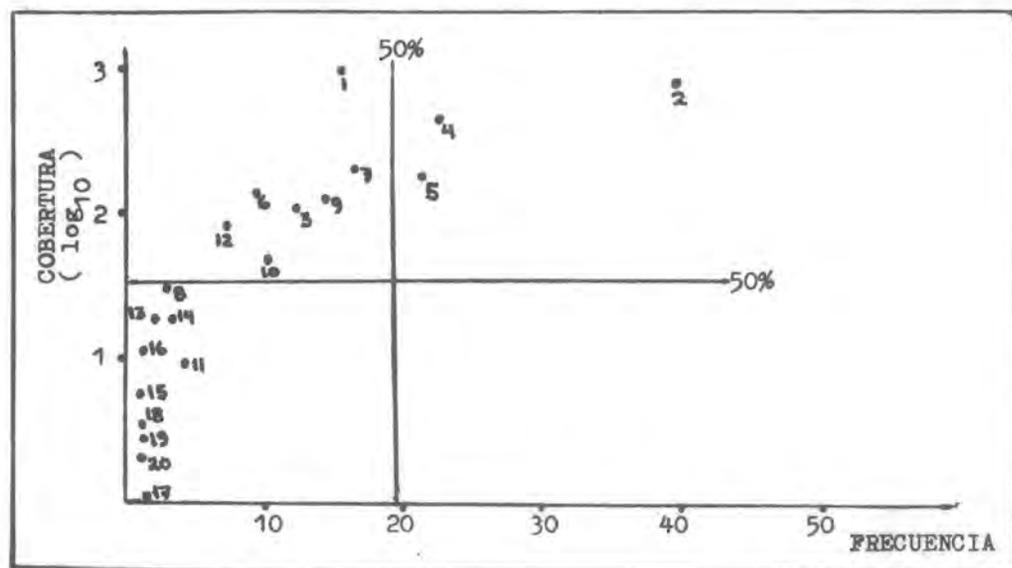
ANEXO 5b

Valores de importancia relativa de los escleractinios por regiones del arrecife SANTIAGUILLO, considerando las proporciones de los tamaños y de las formas de las colonias.

BARLOVENTO	VIR	SOTAVENTO	VIR	CRESTA	VIR	LAGUNA	VIR
Montastrea annularis	108.5	Montastrea annularis	176.3	Acropora palmata	285.1	Diploria clivosa	182.1
Colpophyllia natans	67.1	Colpophyllia natans	55.5	Siderastrea siderea	9.34	Millepora alcyornis	28.7
Acropora palmata	32.19	Acropora cervicornis	24.8	Agaricia lamarcki	3.12	Acropora palmata	26.8
Montastrea cavernosa	24.3	Siderastrea siderea	17.8	Porites porites	1.15	Diploria strigosa	26.4
Siderastrea radians	17.33	Diploria strigosa	7.76	Madracis decactis	1.15	Agaricia agaricites	19.8
Siderastrea siderea	15.8	Porites astreoides	4.59			Porites porites	11.3
Acropora cervicornis	13.31	Montastrea cavernosa	4.09			Mussa angulosa	4.67
Porites porites	9.5	Millepora complanata	1.70				
Diploria strigosa	5.81	Diploria clivosa	1.68				
Diploria clivosa	3.64	Porites porites	1.66				
Porites astreoides	1.35	Acropora palmata	1.61				
Diploria labyrinthiformis	0.67	Agaricia lamarcki	1.60				
Agaricia fragilis	0.66	Scolymia cubensis	1.58				

ANEXO 5b'

Clasificación de los escleractinios del arrecife SANTIAGUILLO por su valor de importancia relativa según la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974). Los números corresponden a las especies enlistadas.



Valores de importancia relativa de los escleractinios para el total del arrecife SANTIAGUILLO. Los Nos. indican el orden de importancia.

ESPECIES	VIR	ESPECIES	VIR
1) <i>Acropora palmata</i>	345.7	11) <i>Agaricia agaricites</i>	19.8
2) <i>Montastrea annularis</i>	284.8	12) <i>Siderastrea radians</i>	17.3
3) <i>Diploria clivosa</i>	187.5	13) <i>Porites astreoides</i>	5.6
4) <i>Colpophyllia natans</i>	122.6	14) <i>Agaricia lamarcki</i>	4.7
5) <i>Siderastrea siderea</i>	42.93	15) <i>Mussa angulosa</i>	4.6
6) <i>Diploria srigosa</i>	40.0	16) <i>Millepora complanata</i>	1.7
7) <i>Acropora cervicornis</i>	38.1	17) <i>Scolymia cubensis</i>	1.6
8) <i>Millepora alcyornis</i>	28.7	18) <i>Madracis decactis</i>	1.2
9) <i>Montastrea cavernosa</i>	28.4	19) <i>Diploria labyrinthiform</i>	0.67
10) <i>Porites porites</i>	23.7	20) <i>Agaricia fragilis</i>	0.66

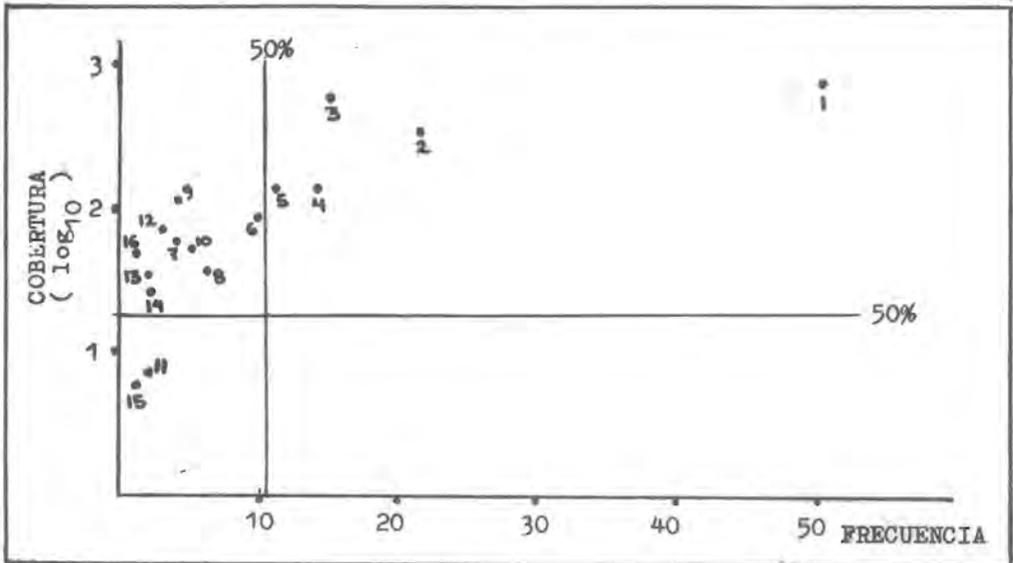
ANEXO 5c

Valores de importancia relativa de los escleractinios por regiones del arrecife ANEGADILLA, considerando las proporciones de los tamaños y de las formas de las colonias.

BARLOVENTO	VIR	SOTAVENTO	VIR	CRESTA	VIR		
Acropora palmata	226.5	Montastrea annularis	81.1	Acropora palmata	263.2		
Montastrea annularis	47.8	Acropora cervicornis	80.4	Millepora complanata	11.74		
Diploria clivosa	15.0	Siderastrea siderea	60.4	Diploria clivosa	9.18		
Siderastrea radians	7.41	Siderastrea radians	43.9	Madracis decactis	4.47		
Millepora complanata	1.71	Porites porites	15.2	Acropora cervicornis	4.25		
Colpophyllia natans	1.68	Porites astreoides	4.87	Siderastrea siderea	2.92		
Mycetophyllia lamarckiana	1.59	Madracis decactis	3.42	Diploria labyrinthiformis	2.77		
Agaricia agaricites	1.53	Colpophyllia natans	2.86	Montastrea annularis	1.25		
		Diploria labyrinthiformis	2.45				
		Montastrea cavernosa	2.38				
		Agaricia fragilis	1.01				
		Agaricia agaricites	0.92				
		Acropora palmata	0.89				

ANEXO . 5c'

Clasificación de los escleractinios del arrecife ANEGADILLA por su valor de importancia relativa según la prueba de Olmsted y Turkey (Zar, 1974). Los números corresponden a las especies enlistadas.



Valores de importancia relativa de los escleractinios para el total del arrecife ANEGADILLA. Los Nos. indican el orden de importancia.

ESPECIES	VIR	ESPECIES	VIR
1) <i>Acropora palmata</i>	491.0	9) <i>Madracis decactis</i>	7.9
2) <i>Montastrea annularis</i>	130.0	10) <i>Diploria labyrinthiform</i>	5.2
3) <i>Acropora cervicornis</i>	84.7	11) <i>Porites astreoides</i>	4.9
4) <i>Siderastrea siderea</i>	63.3	12) <i>Colpophyllia natans</i>	4.5
5) <i>Siderastrea radians</i>	51.3	13) <i>Agaricia agaricites</i>	2.5
6) <i>Diploria clivosa</i>	24.2	14) <i>Montastrea cavernosa</i>	2.4
7) <i>Porites porites</i>	15.2	15) <i>Mycetophyllia lamarckia</i>	1.9
8) <i>Millepora complanata</i>	12.4	16) <i>Agaricia fragilis</i>	1.0

ANEXO 6

Tablas de los análisis de varianza de las regresiones de las relaciones de las riquezas específicas de los arrecifes con respecto a:

- las áreas de las llanuras arrecifales;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	428.9	15	- - -
Regresión	100.43	1	100.43
Residual	328.46	14	23.46

$$F = 4.28$$

$F_{0.05} (1), 1, 14 = 4.6$ $0.05 < P < 0.01$ H_0 : se acepta.

- las profundidades de implantación;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	139.44	3	- - -
Regresión	81.2	1	81.2
Residual	58.24	2	29.12

$$F = 2.78$$

$F_{0.05} (1), 1, 2 = 18.5$ $0.01 < P < 0.25$ H_0 : se acepta.

- los números de zonas de los arrecifes;

Fuente de Variación:	S. C.	G. L.	C. M.
Total	45	15	- - -
Regresión	21.8	1	21.8
Residual	23.2	14	1.65

$$F = 13.2$$

$F_{0.05} (1), 1, 14 = 4.6$ $0.001 < P < 0.0025$

H_0 : se rechaza.

AGRADECIMIENTOS

Durante el último tercio de 1985 me reintegré a las actividades del Equipo de Buceo de la Facultad de Ciencias, mi objetivo fue canalizar la organización del grupo hacia la ejecución del trabajo docente vinculado con la obtención de datos útiles para la descripción científica de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz. En esta etapa fue crucial el apoyo de Ricardo Jiménez, Mario Lara y Patricia Santos quienes como dirigentes pusieron a disposición de la idea su colaboración con apoyo material y humano.

Gracias a la colaboración de la Comisión de Cursos de Biología de Campo dirigida por la Profa. Victoria Rojas y al análisis crítico del proyecto realizado por los profesores Arturo Contreras, Teresa Roure y Antonieta Aladro se iniciaron los cursos. La ayudantía del profesor biólogo Gerardo Campos aportó importantes aspectos didácticos que mejoraron los resultados esperados del programa de trabajo.

En 1986, las campañas de campo se realizaron conjuntamente con la Gerencia de Coordinación y Control de Protección Ambiental de PEMEX dirigida por el Ing. Ramírez Chávez y el biólogo Arturo Avila. Tras evaluar los resultados de este año de trabajo, impulsamos la idea de aplicar la metodología de investigación y la organización docente a estudiar todo el sistema de arrecifes coralinos emergidos de la localidad. En esta etapa ingresó al cuerpo de profesores el biólogo Gerardo Berges.

Desde 1987 hasta 1990, el proyecto cobró fuerza y contó con la colaboración de la Secretaría de Marina y la III Zona Naval Militar del Puerto de Veracruz, institución que apoyó las campañas de trabajo de campo con buques guardacostas - halcón, embarcaciones menores, helicópteros, servicios médicos, alimentación e instalaciones y sobre todo, una óptima colaboración por parte de los comandantes y respectivas tripulaciones con un gran interés en nuestra

labor y sus resultados.

Como profesor titular y como jefe de las campañas de campo agradezco al C. Secretario de Marina Almirante C.G.D.E.M.N. Mauricio Scheleske por su apoyo constante, al Jefe de Operaciones Navales C.G.D.E.M.N. Gildardo Alarcón, a los contralmirantes de la Fuerza Naval del Golfo Rodríguez Gordillo, Rodríguez Jurado y Fernández Strahuel y muy especialmente al Teniente de Corbeta Catarino Hernández y a los Comandantes Arturo Bernal GH-06, Agustín Salgado GH-04, Francisco Orozco GH-02 y Arturo Casas H-02 por las experiencias compartidas como producto de nuestra interacción profesional.

En 1988, ingreso al grupo de profesores de los cursos el biólogo Mario Lara quien a su vez elaboró su tesis profesional con información derivada del proyecto. A éste han sucedido los biólogos Claudia Padilla, Javier Pizaña, Jenna Rosado, Longino Jácome, Maritza López y Amaya Bernárdez. Algunas de estas personas también han ingresado al profesorado de los cursos de biología de campo en el período 1989-1990. En este período fue crucial la intervención del Dr. Carlos García quien tomó la titularidad del proyecto y los cursos aligerando mi carga de trabajo docente permitiéndome avocarme a la elaboración del presente estudio.

A finales de 1989 concluí mi labor docente con la realización en colaboración con la Dirección General de Televisión Universitaria y un equipo de producción comandado por la bióloga Lucero López Vergara, de un par de programas sobre los corales y los peces arrecifales de Veracruz recomendando al público su conservación e importancia.

En contemporaneidad con las labores académicas antes referidas, se desarrollaba en nuestro ámbito universitario, por iniciativa del rector Carpizo, aquel proceso denominado Fortaleza y Debilidad de la UNAM. Este cuestionamiento sobre la situación universitaria y la formación de profesionales desvinculados de participar efectivamente en el mejoramiento de los problemas educativos, de salud y de dependencia económica de nuestra sociedad, repercutió en la unificación de

muchos universitarios en un movimiento liberal llamado Consejo Estudiantil Universitario (CEU).

Mi participación como estudiante de posgrado y becario del Instituto de Geología en este movimiento, me dió la fuerza y motivación necesarias para llevar a término esta tesis. Por eso, invito a mis conmlitonos a contribuir con sus quehaceres y letras en la búsqueda de la autonomía cultural, económica y política de nuestra sociedad. Asimismo, a no olvidar, ni permitir la domesticación del pensamiento libre que unió nuestras conciencias en trabajar por una universidad más efectiva en los beneficios de la propia emancipación y su influencia en los sectores productivos y culturales donde hagamos compromiso.

Agradezco la comprensión y apoyo de mis directores de tesis y de estudios de maestría M. en C. Jorge González y del M. en C. Sergio Palacios, también al grupo de investigadores que han mejorado con mucho la presentación y alcances de este trabajo, a saber: Dra. Gloria Alencaster, Dra. Elva Escobar, Dra. Antonieta Aladro, Dra. Victoria Díaz, Dr. Virgilio Arenas, Dr. Jorge Soberón, Dr. Carlos Rosas, Dr. Carlos García, Dr. Jaime González, M. en C. Juan Luis Cifuentes y las biólogas Lourdes Vargas y Amaya Bernárdez.

Por último, agradezco el apoyo moral y el amor que he recibido de las familias Bernárdez de la Granja y especialmente Espejel Montes, porque fortalecen el anhelo de utilidad que brindo a la comunidad académica de México con este trabajo.

A T E N T A M E N T E

Biólogo JUAN JOSE ESPEJEL MONTES.

Cd. de México a 19/ Agosto/ 1991.

CODA

- 33 VERANOS -

Tras una tarde lluviosa
pesado silencio en la noche,
acurrucada un ave en su paz
un escritor abandonado.

Rutinario día inmerso
en algún mar o un libro...
- las quejas del compañero,
la virtud de los demás -.

Mar Caribe primero
Golfo de México hoy,
inmensidad recorrida
resumida en pocas letras.

Era feliz de ser agua
de los mares y la lluvia
cambiando siempre y
sin misterio su presencia.

Fue como lo que eternamente
jamás imaginó,
de su ser hasta su muerte,
ni buscó nunca valía.

ex libris(20 08 91).

" Los sapos llevan una existencia anfibia
sólo en el agua estos batracios
lavan sus penas y dan al mundo
un triste canto profundo
como el llanto que sala el mar".

ex libris(30 05 86).