

107
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES
MALACOLÓGICAS ASOCIADAS AL
ARRECIFE ANEGADA DE AFUERA,
VERACRUZ, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

LONGINO JACOME PEREZ

TITULO CON
PALLA DE ORO

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

Introducción	1
Antecedentes	3
Area de estudio	5
Arrecifes coralinos	5
Arrecifes del Golfo de México	5
Arrecife Aneгада de Afuera	6
Zonación	6
Clima e hidrografía	8
Metodología	9
Tamaño de muestra	9
Resultados	13
Resumen sistemático de los moluscos benthicos del Arrecife Aneгада de Afuera, Veracruz	13
Distribución espacial y diversidad de los moluscos benthicos del Arrecife Aneгада de Afuera, Veracruz	46
Patrones de diversidad	48
Discusión	55
Conclusiones	58
Referencias	59

Introducción

Los arrecifes coralinos son algunas de las estructuras orgánicas más antiguas pues aparecen en rocas del Ordovícico, hace aproximadamente 500 millones de años (Babin, 1980), más productivas con 200 Kg/m²/año, más diversas (500 especies) y coloridas del planeta (Milliman, 1973). Estéticamente son impresionantes, por lo que constituyen un importante atractivo turístico, además de ser un recurso importante como sitio de pesca de consumo local, un reservorio de compuestos orgánicos de interés farmacológico y una fuente de materias primas para ornatos.

Un arrecife de coral constituye una de las comunidades más complejas del medio marino. Es una asociación de cientos de especies de diferentes tipos que ocupan varios nichos ecológicos. Los corales forman el sustrato para muchos organismos que penetran su masa: calcárea, como esponjas, bivalvos, gasterópodos, anélidos poliquetos, anémonas, peces, equinodermos entre otros Stoddart (1969).

Es factible utilizar el ecosistema arrecifal como un espacio educativo y de investigación ecológica ya que, desde el punto de vista de la investigación biológica, constituyen un ecosistema en el cual la observación de sus interacciones bióticas pueden dar lugar a investigaciones que generen hipótesis y diseños experimentales, por lo que es factible utilizar el ecosistema arrecifal como un espacio educativo y de investigación ecológica.

En México los estudios acerca de los arrecifes coralinos son escasos y poco conocidos en el ámbito internacional, por lo que es muy poco lo que se conoce de ellos y de sus recursos. Los estudios que se han llevado a cabo en estructuras coralinas de México han sido aislados y en su mayoría no forman parte de una línea de investigación continua, o han carecido de la debida formalidad para su conclusión o difusión.

Muchos estudios sobre ecología de arrecifes coralinos se han limitado a descripciones de patrones de zonación de los corales, que son las especies más importantes al ser los constructores arrecifales primarios, olvidando que el ecosistema arrecifal es la relación de los organismos que lo forman (Loya, 1972). Dentro de los grupos de organismos más numerosos se pueden mencionar

Antecedentes

La ecología de las comunidades tiene por objeto el estudio de las propiedades emergentes en la estructuración y comportamiento de los grupos de especies que las conforman (Begon *et al*, 1986)

En el caso del arrecife coralino se pueden considerar varios niveles de comunidad; todo el arrecife, los escleractinios de ese arrecife, la comunidad de sotavento etc. (Lara, 1989; Padilla, 1989).

Es importante resaltar que la categoría elegida para definir a la comunidad es independiente y carece de relevancia para los organismos. Es decir, a diferencia de otros niveles de integración más o menos claros, desde el punto de vista de los organismos que lo forman, la comunidad es un ente subjetivo, cuya definición depende de los objetivos y recursos del investigador; esto, por ejemplo, no sucede con la población, que queda definida y limitada independientemente del criterio del investigador. Los límites de una comunidad, por otro lado, deben quedar claros para garantizar la continuidad del estudio y la interpretación de sus resultados.

Si la comunidad definida es una congregación de varias poblaciones de especies que coexisten en el espacio y en el tiempo, el objeto de los estudios en ecología comunitaria es conocer la manera en cómo estas agrupaciones de especies están distribuidas en la naturaleza (Krebs, 1985) y la forma en que estos grupos de especies interaccionan entre sí y cómo los afectan los factores físicos del ambiente en que se desarrollan (Hughes, 1986).

El estudio de las comunidades coralinas se ha realizado desde dos perspectivas: las comunidades coralinas como ambientes geológicos de depósito (Wells, 1954; Goreu, 1973, 1979; Stoddart, 1969; Milliman, 1973) y como comunidades biológicas (Loya, 1972; Dana, 1976; Pichon, 1981; Glynn, 1982; Grigg, 1983; Huston, 1985; Lara, 1989; Padilla, 1989).

Desde un punto de vista biológico, los arrecifes coralinos se definen como oasis de alta productividad orgánica, caracterizados por altas densidades poblacionales, intenso metabolismo de calcio, y redes tróficas complejas (Stoddart, 1969).

Agradecimientos

Le agradezco al Dr. Antonio García-Cubas Gutiérrez su dirección y apoyo durante el desarrollo y revisión de este trabajo, así como el haberme distinguido con su amistad.

Deseo agradecer a mis sinodales: M. en C. Martha Reguero Reza, Dr. Manuel Gallardo Cabello, Dr. David Alberto Salas de León y al Biol. Mario Lara Pérez-Soto sus atinados comentarios durante la tediosa fase de revisión y por su invaluable amistad.

Quiero agradecer al Dr. David Salas de León su apoyo y amistad en los momentos más difíciles de mi estancia en el ICMYL.

Sinceramente agradezco al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por las facilidades brindadas para el desarrollo del trabajo.

No quiero pasar por alto a mis amigos, que me han apoyado en diferentes etapas: Nicolás Navarro Paredes, Mario Lara Pérez-Soto, Claudia Padilla Souza, Amaya Bernárdez, Margarita Caso Chávez, Elisa Servière, Maritza López, Gerardo Barrientos, Roberto Trápaga y a todos aquellos que omito por problemas nemotécnicos.

Finalmente quiero agradecer a mis padres y hermanos su amor y comprensión.

Resumen

Se describe la sistemática y estructura comunitaria de los moluscos bentónicos del arrecife Anegada de Afuera, Puerto de Veracruz en el litoral del Golfo de México, mediante la estimación de la distribución espacial y patrones de diversidad.

El arrecife Anegada de Afuera forma parte de la región zoogeográfica del Caribe y se localiza a los 19° 09' de latitud norte y a los 95° 51' de longitud oeste. El área total de la estructura es de 12.18 km².

Para el muestreo, se estratificó el arrecife en 8 zonas, basadas en características físicas y topográficas. En cada una de ellas, se fijaron al azar cuadrantes de 1 m², registrándose el número de especies e individuos, así como algunas características del lugar (profundidad, tipo de sustrato, topografía del mismo, etc.).

Se identificaron 26 especies de moluscos pertenecientes a 2 clases: Bivalvia y Gastropoda. Las especies más abundantes fueron *Cerithium literatum*, *C. atratum* y *Astraea (Lithopoma) tecta americana*. Los resultados indican que, entre otras características físicas, la profundidad y el tipo de sustrato influyen en la composición y abundancia de la comunidad malacológica. Los análisis de distribución espacial y de diversidad indican que existen 2 comunidades de moluscos: una comunidad somera, caracterizada por las especies *Tonna maculosa*, *Collumbella mercatoria*, *Pinna carnea*, *Chama sinuosa* y *Lima scabra*. La otra comunidad encontrada corresponde a la profunda, caracterizada por *Phalium granulatum* f. *cicatricosum*, *Isognomon radiatus*, *Clamys imbricata* y *Spondilus americanus*.

La mayoría de las especies encontradas en el arrecife presentan el hábito de la herbivoría, aunque se reportan organismos filtradores, carroñeros y coralívoros.

a los moluscos, cuya importancia no es solo biológica, sino que al contribuir con sus conchas al ciclo del CaCO_3 , se consideran, junto con otros organismos, formadores del armazón clástico, es decir, productores de sedimentos secundarios (Goreau, 1973; Lara, 1989).

Actualmente un gran número de gasterópodos y bivalvos tropicales son colectados intensivamente para ornato, industria o alimentación (Wells, 1981). Según el Trade of Library, Export House en Londres, México es un importante exportador de conchas de moluscos para ornato, señalándose que en 1978 (último dato publicado) se exportaron de México a E.U. más de 20 toneladas de conchas (Wells, 1981).

Por otro lado, en organizaciones internacionales dedicadas a los estudios malacológicos no se incluyen trabajos sobre los moluscos arrecifales, debido al poco desarrollo de esta área de la ecología de comunidades (UNITAS Malacologica, comunicación personal).

Este trabajo forma parte del proyecto "Moluscos arrecifales del Puerto de Veracruz, México", que se desarrolla en el Laboratorio de Malacología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y que contó con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Clave D112-903715 CONACyT-UNAM, ICMYL).

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son:

- Elaborar el inventario de especies de moluscos para la zona.
- Caracterizar la estructura comunitaria de los moluscos benthicos del arrecife "Anegada de Afuera" mediante la estimación de la distribución espacial y patrones de diversidad.

Recientemente los arrecifes coralinos han sido descritos como ecosistemas en no equilibrio, donde la alta diversidad se debe a continuas perturbaciones (Connell, 1978).

Los estudios realizados en arrecifes coralinos incluyen patrones de diversidad de corales hermatípicos (Porter, 1972; Goodwin, 1976; Williams *et al.*, 1981; Srihunya, 1981; Huston, 1985; Lara, 1989; Padilla, 1989), competencia por el espacio (Jackson y Buss, 1975; Jackson, 1977; Sebens, 1982; Jackson y Hughes, 1985) y fisiología (Kinsey, 1981; Romero y Zacher, 1981).

Los estudios acerca de las comunidades de moluscos son escasos y aislados. Se puede mencionar entre los más importantes el trabajo de Moore, 1958 que cita 24 especies de moluscos, 17 de gasterópodos y 7 de bivalvos para el arrecife la Blanquilla, en Tuxpan Veracruz; los de Kohn (1959 y 1968) acerca del género *Conus* en varios ambientes arrecifales; el de Pérez-Rodríguez (1969) sobre la sistemática y ecología de los moluscos marinos en las costas del Puerto de Veracruz. Este autor determinó 27 especies de bivalvos y 52 especies de gasterópodos. La colecta que realizó para este trabajo incluyó playas rocosas, playas arenosas, algunos arrecifes del sistema veracruzano y la laguna de Alvarado; el de Jackson (1972) acerca de la ecología de las comunidades de moluscos del arrecife de Jamaica, encontrados entre el pasto marino *Thalassia*; y el trabajo de Brawley y Adey (1982) sobre los hábitos del molusco *Coralliophila abbreviata* y su importancia como depredador de varias especies de coral.

Área de estudio

Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son ecosistemas que están restringidos a la región circuntropical del planeta, a los 30° de latitud Norte y 30° de latitud Sur.

Debido al patrón mundial de corrientes los arrecifes coralinos están limitados a la parte Este de los continentes, aunque se pueden distinguir algunas comunidades coralinas en la costa Atlántica de África y en la costa del Pacífico de México, que no están bien desarrolladas y que no se pueden considerar como verdaderas estructuras arrecifales.

En el océano Atlántico los arrecifes coralinos se distribuyen al Oeste. Al suroeste del Atlántico las descargas de los ríos Amazonas y Orinoco limitan el desarrollo de las estructuras arrecifales. El límite Norte del Atlántico es la Península de Florida, en donde las temperaturas de invierno evitan el desarrollo de las estructuras.

Así, los arrecifes de la región zoogeográfica del Caribe (Milliman, 1973) se dividen en los de la parte NORTE, que comprende los de Bermuda, Península de Florida, Bahamas, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Jamaica e Islas Vírgenes; los de la región SURESTE incluyen Aruba, Curaçao, Barbados, Martinica, Venezuela, Trinidad y Tobago; los de la parte SUROESTE comprende las estructuras que se desarrollan en la costa de Centro América en Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y finalmente los de la parte NOROESTE que abarca la Costa de Belice, Península de Yucatán y Golfo de México (Lara, 1989).

Arrecifes del Golfo de México

El Golfo de México es una área de alta sedimentación terrígena, no obstante en esta zona existen algunos sistemas arrecifales, como el de Campeche, que comprende los arrecifes Alacranes, Cayo Arcas, Cayo Nuevo y Cayo Triángulo; y los sistemas arrecifales de Veracruz que incluyen los del Puerto de Veracruz e Isla Lobos en Tuxpan.

Arrecifes del Puerto de Veracruz

El sistema arrecifal del Puerto de Veracruz está dividido en dos secciones, la que corresponde al Puerto de Veracruz y que comprende los arrecifes La Gallega, Galleguilla, Blanquilla, Isla Verde, Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Anegada de Adentro Punta Hornos, Punta Mocambo y Punta Gorda. La otra sección corresponde a Antón Lizardo y comprende los arrecifes Anegada de Afuera, Anegadilla, Santiaguillo, El Cabezo, Chopas, La Blanca, Los Bajitos, Los Polos, Isla de Enmedio, El Rizo y El Giotte (Figura 1).

Estos arrecifes se desarrollan sobre la plataforma continental hasta una profundidad de 35 a 40 metros. Según las clasificaciones formales, se les considera como arrecifes bordeantes o bancos arrecifales (Stoddart, 1969; Milliman, 1973). Lara (1989) los define como arrecifes de plataforma por desarrollarse hasta los 40 m de profundidad y presentar una pendiente protegida.

Arrecife Anegada de Afuera

El arrecife Anegada de Afuera se localiza a los 19° 09' de latitud Norte y a los 95° 51' de longitud Oeste. El eje mayor está orientado en dirección NW-SE con una longitud de 5.8 Km. El área total aproximada de este arrecife, tomando en cuenta la parte sumergida es de 12.18 Km².

Se localiza en la sección Antón Lizardo. Es el segundo arrecife en tamaño y el más alejado de la costa (17.2 Km). La profundidad máxima encontrada en la pendiente expuesta es de 36 m. y en la pendiente protegida de 27 m. (Lara, 1989).

Zonación

La zonación del arrecife Anegada de Afuera es descrita, con base en la batimetría del arrecife, su fauna y flora más conspicuas y rasgos topográficas; en 8 zonas (Lara, 1989, Jácome y Rosado, 1991) (Figura 3).

ZONA PLATOS DE HEXACORALES

Crecimientos planos y masivos de escleractinios entre bancos de arena. Gran abundancia de esponjas de crecimiento vertical. Profundidad entre 10 y 2 m.

ZONA CEMENTERIO DE *Aeropsis cervicornis*. Matriz calcárea de restos de *A. cervicornis* Crecimientos planos de hexacorales. Profundidad de 3-15 m.

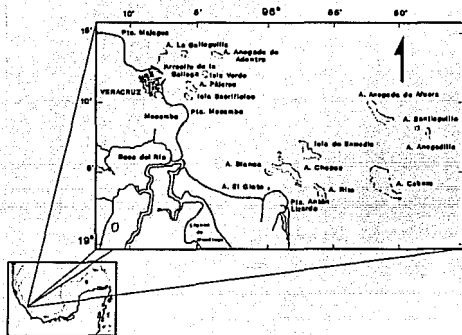
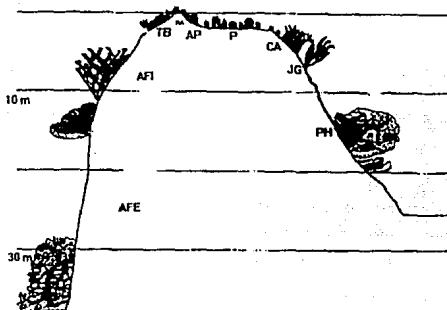


Figura 1. Área de estudio Tomado de carta de navegación SM. 825, Secretaría de Marina.

ZONA PARCHES	Camas de <i>Thalassia</i> , arena y roca. Zona de <i>Porites</i> y <i>Siderastrea</i> . Profundidad de 0.5 a 1.5 m.
ZONA ARRECIFE POSTERIOR	Somero rocoso afectada por bajamares. Gran cantidad de corales y algas. Pedacera gruesa. Profundidad de 0.5 a 2 metros.
ZONA ROMPIENTE ARRECIFAL	Caracterizada por <i>Millepora</i> . Zona de bajamares. Sustrato rocoso. Profundidad de 0 a 1 m.
ZONA TRANSICIÓN BARLOVENTO	Zona de <i>Acropora palmata</i> . Profundidades de 1 a 3 m.
ZONA ARRECIFE FRONTAL INTERIOR	Terrazas y pendientes suaves. Zona de <i>A. palmata</i> ramificada. Crecimientos planos de hexacorales. Profundidad de 3 a 15 m.
ZONA ARRECIFE FRONTAL EXTERIOR	Montículos escarpados y afloramientos. Pendientes pronunciadas y cañones. Zona de <i>Montastrea cavernosa</i> y <i>C. natans</i> . Profundidad de 15 a 40 metros.

En el siguiente esquema se presenta la zonación explicada:



AFE: Arrecife frontal exterior; AFI: Arrecife frontal interior; TB: Transición barlovento; RA: Rompiente; AP: Arrecife posterior; P: Parches; CA: Cementerio de Acropora; PH: Platos de hexacorales

Clima e hidrografía

El tipo de clima según Köppen, modificado por García (1986) para el área de Veracruz, es AW2(w)(1') que corresponde a cálido con temperatura media anual de 25.2°C. Se presenta un porcentaje bajo de precipitación invernal y escasa oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (6.3°C). El mes más caluroso es Junio con 27.7°C de promedio. La mayor parte de la precipitación depende de los vientos alisios provenientes de la zona ecuatorial y de los ciclones tropicales. Las precipitaciones de invierno se atribuyen a los vientos nortes provenientes de la región boreal.

Los ríos que afectan al Puerto de Veracruz son: al norte la Antigua, hacia el centro en Boca de Río, el Jamapa y hacia el sur el Papaloapan, en la boca de Alvarado.

Metodología

El arrecife "Aneгада de Afuera" fué muestreado en verano de 1988. Para esto se contó con el apoyo de la Secretaría de Marina a través del Buque Guardacostas GH-06 "Angel Ortiz Monasterio".

Para la determinación y reconocimiento de los estratos (zonas) en que se dividió el arrecife se utilizaron los siguientes métodos prospectivos: fotografías aéreas y submarinas, recorridos en buceo libre y SCUBA, recorridos en embarcaciones mayores alrededor del arrecife y en embarcaciones menores en los bajos del mismo.

Los datos registrados fueron: el número de individuos por especie, la profundidad a la que se tomó la muestra y el tipo de sustrato en el que se encontraron los individuos.

La toma de datos se realizó por medio de cuadrantes de 1 m² divididos en cuadros de 50 x 50 cm como unidad de muestra (Stoddart, 1969; Loya, 1972; Biología de Campo, 1987).

Los cuadrantes fueron colocados en puntos señalados por una cadena y elegidos al azar en cada estrato del arrecife. En los estratos someros (de hasta 5 m) se utilizó buceo libre para la toma de datos y en los estratos profundos (de hasta 27 m) se utilizó buceo SCUBA.

Tamaño de muestra

La elección de un esquema de muestreo apropiado en los estudios ecológicos es muy importante. "El valor de los datos cuantitativos depende del procedimiento de muestreo utilizado para obtenerlos." (Greig-Smith, 1983). Como ya se mencionó, la heterogeneidad ambiental encontrada en un arrecife coralino implica el uso del muestreo estratificado al azar (Loya, 1972; Lara, 1989; Padilla, 1989). Según el plan de muestreo proyectado para la toma de datos, el muestreo aleatorio estratificado es la técnica más adecuada porque permite dividir el arrecife en subpoblaciones o estratos que son menos variables que el conjunto total. La estratificación se

utiliza por varias razones: existen diferencias entre las medidas de estratos en la población y estas diferencias no contribuyen al error de muestreo, es decir, el error surge únicamente de las variaciones entre las unidades de muestreo que están en el mismo estrato. El hecho de formar estratos homogéneos a partir de una población heterogénea permite esperar un aumento de precisión en relación al muestreo aleatorio simple.

En el muestreo estratificado se puede escoger el tamaño de la muestra que se va a tomar de cualquier estrato, es decir, el tamaño de la muestra es independiente de cada estrato (Snedecor y Cochran, 1971). Esta libertad de selección da margen para hacer un buen trabajo en aprovisionar recursos para el muestreo dentro de estratos.

Para comprobar qué tan efectiva es la estratificación se recurre al análisis de varianza, con el propósito de determinar la variación global dentro de los estratos y obtener el error estándar de la estratificación al compararla con el error estándar del muestreo, si este hubiera sido aleatorio simple, sin estratificación de ninguna especie.

Algunas veces se piensa que en el muestreo estratificado se debería considerar la misma fracción de cada estrato. Sin embargo, un análisis más detallado del problema muestra que la designación óptima consiste en tomar el número de unidades de muestreo proporcional a la desviación estándar de esas unidades en determinado estrato. Este método de designación da el error estándar más pequeño para cada estrato. Según éstos se tomara una muestra mayor en aquellos estratos más variables (σ grande).

Para aplicar esta técnica se requiere estimar la desviación estándar relativa a cada estrato. Estas estimaciones no necesitan ser altamente precisas. Se obtienen de un muestreo piloto o utilizando algunos supuestos estadísticos e inferir que la población se distribuye normalmente, entonces la desviación estándar es aproximadamente igual a 1/6 del rango. (Daniels, 1984).

La técnica de selección del tamaño de muestra en estratos individuales consiste en la siguiente fórmula:

$$d = z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde z = coeficiente de confiabilidad.

$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ = error estándar

d = intervalo de confianza.

de esta fórmula se despeja n , que será entonces el tamaño de la muestra.

$$n = \left(\frac{z \sigma}{d} \right)^2$$

Para definir el tamaño de la muestra en cada estrato se utilizaron los datos obtenidos de estudios previos realizados en arrecifes del complejo veracruzano (Biología de campo, 1986). En la tabla 1 se presenta el tamaño de la muestra obtenido en el arrecife Anegada de Afuera, por zona (Snedecor y Cochran, 1971).

TABLA 1
TAMAÑO DE LA MUESTRA (T. M.)

ZONA/T. M.	ISLA DE ENMEDIO (1986) m ²	ANEGADA DE AFUERA m ²
PLATOS DE HEXACORALES	1	1.25
CEMENTERIO DE <i>Acropora</i>	1	1
PARQUES	2	6
ARRECFE POSTERIOR	4	7
ROMPIENTE ARRECFAL	4	4
TRANSICION BARLOVENTO	1	2.25
FRONTAL INTERIOR	3	2
FRONTAL EXTERIOR	-	1.25

Para realizar el análisis de diversidad se cuantificaron los individuos tanto vivos como muertos encontrados en el cuadrante. En el caso de las conchas de bivalvos se siguió el criterio de García-Cubas (1985) que considera una valva como un organismo completo. Los ejemplares colectados fueron fijados alcohol de 70^o cuando la concha contenía al organismo, en caso contrario se dejaban secar para su posterior incorporación a la colección malacológica del ICMYL. La identificación se hizo mediante los criterios de Keen (1971) y Abbot (1984).

Resultados

Los resultados obtenidos en este trabajo se dividen en dos secciones como se describe a continuación:

- i) **Resumen sistemático de los moluscos benthicos del arrecife Anegada de Afuera, Veracruz.** Esta sección comprende la relación taxonómica de las especies encontradas en el arrecife "Anegada de Afuera", su distribución geográfica, su distribución dentro del arrecife, representada por el perfil que acompaña a cada especie y algunas observaciones de campo. Al final se presenta la fotografía del ejemplar en láminas.
- ii) **Distribución espacial y diversidad de los moluscos benthicos del arrecife Anegada de Afuera, Veracruz.** Comprende el análisis cuantitativo que se llevó a cabo: riqueza específica y diversidad, así como los patrones de zonación. Al final, en un fisiograma del arrecife, que comprende a la estructura completa, hasta los 30 metros de profundidad, se esquematiza la distribución encontrada para los moluscos benthicos.

Se reportan 26 especies de moluscos distribuidos en las zonas descritas para el arrecife Anegada de Afuera.

Las especies se arreglan en 23 familias que se encuentran dentro de las clases Gastropoda y Bivalvia. Debido a la metodología utilizada solo se consideran a los moluscos asociados al sustrato benthico y no se tomaron en cuenta otros moluscos (Cefalópodos) también encontrados en el arrecife.

*Resumen sistemático de los moluscos
bénticos del arrecife
Anegada de Afuera, Veracruz*

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Archacogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Fiasurellacea Fleming, 1822
Familia Fiasurellidae Fleming, 1822
Subfamilia Diodorinae Osher, 1932
Género *Diodora* Gray, 1821

(1) *Diodora cayenensis* Lamarck, 1822

Distribución geográfica: Sureste de Florida a Brasil.

Hábitat: Sobre y entre las rocas. Intencional hasta los 27 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie encontrada en las zonas someras del arrecife, tanto arenosas como rocosas. Asociada a algas del género *Ulva*.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Archaeogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Trochacea Rafinesque, 1815
Familia Trochidae Rafinesque, 1815
Género *Astraea* Röding, 1798
Subgénero *Lithopoma* Gray 1850

- (2) *Astraea (Lithopoma) tecta americana* (Gmelin, 1751)

Distribución geográfica: Sureste de Florida, Antillas y Panamá.

Hábitat: Entre las rocas, pastos marinos y regiones someras.

Observaciones de campo: Especie que se distribuye a lo largo de todo el arrecife.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Archaeogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Trochacea Rafinesque, 1815
Familia Trochidae Rafinesque, 1815
Subfamilia Monodontidae Cossmann, 1916
Género *Tegula* Lesson, 1835
Subgénero *Agathistoma* Olsson y Harbison, 1953
(3) *Tegula (Agathistoma) fasciata* (Born, 1778)

Distribución geográfica: Sureste de Florida y las Antillas.

Hábitat: Regiones someras, entre las rocas.

Observaciones de campo: Especie asociada a sedimento rocoso.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Cerithiacea Fleming, 1822
Familia Cerithiidae Fleming, 1822
Subfamilia Cerithiinae Fleming, 1822
Género *Cerithium* Brugière, 1789

(4) *Cerithium atratum* (Born, 1778)

Distribución geográfica: Carolina del norte a Texas, Antillas y Brasil.

Hábitat: Aguas someras en fondos arenosos y rocosos.

Observaciones de campo: Especie muy abundante que se distribuye a lo largo de todo el arrecife.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Cerithiacea Fleming, 1822
Familia Cerithiidae Fleming, 1822
Subfamilia Cerithiinae Fleming, 1822
Género *Cerithium* Brugière, 1789
(5) *Cerithium literatum* (Born, 1778)

Distribución geográfica: Florida, Antillas, Texas y Brasil.

Hábitat: Rocas cubiertas de algas y pastos marinos.

Observaciones de campo: Especie muy abundante que se distribuye a lo largo de todo el arrecife.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Naticacea Gray, 1840
Familia Naticidae Gray, 1840
Subfamilia Polinicinae Gray, 1840
Género *Polinices* Montfort, 1810
(6) *Polinices lacteus* (Gülding, 1834)

Distribución geográfica: Carolina del norte a Brasil.

Hábitat: Areas someras, fondos arenosos.

Observaciones de campo: Especie característica de las zonas protegidas, sustratos arenosos, se le observó alimentándose de almejas del género *Codakia*.



Distribución geográfica



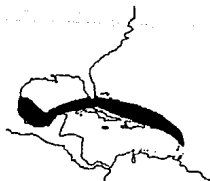
Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Cypraeacea Rafinesque, 1815
Familia Cypracidae Rafinesque, 1815
Género *Cypraea* Linnaeus, 1758
Subgénero *Macrocypraea* Schilder, 1930
(7) *Cypraea (Macrocypraea) cervus* Linnaeus, 1771

Distribución geográfica: Sur de Florida a las Antillas.

Hábitat: Aguas moderadamente someras a profundas.

Observaciones de campo: Especie de zonas someras protegidas, en sustratos tanto rocosos como arenosos.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Tonnoacea Peile, 1926
Familia Tonnidae Peile, 1926
Género *Tonna* Brönnich, 1772

(8) *Tonna maculosa* (Dillwyn, 1817)

Distribución geográfica: Sur de la Florida a las Antillas.

Hábitat: Aguas moderadamente profundas (10 m)

Observaciones de campo: Especie característica de la rompiente arrecifal, sustrato rocoso y alta energía del oleaje.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Tonnacea Peile, 1926
Familia Cassidae Swainson, 1832
Género *Phallus* Link, 1807
Subgénero *Tylocassis*, 1928

(9) *Phallus (Tylocassis) granulatum* f. *cicatricosum* (Gmelin, 1791)

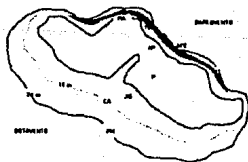
Distribución geográfica: Carolina del norte, Texas y Brasil.

Hábitat: Areas someras, fondos arenosos.

Observaciones de campo: Especie característica del arrecife frontal. Asociada al coral *Montastrea annularis*.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Mesogastropoda Thiele, 1925
Superfamilia Cymatiacea
Familia Cymatiidae Iredale, 1913
Género *Cymatium* Röding, 1798
Subgénero *Tritoniscus* Dall, 1904
(10) *Cymatium (Tritoniscus) labiosum* (Wood, 1828)

Distribución geográfica: Cayos de la Florida a las Antillas.

Hábitat: Aguas someras.

Observaciones de campo: Especie asociada a las zonas arenosas.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Neogastropoda Wenz, 1938
Superfamilia Muriceacea da Costa, 1776
Familia Muricidae da Costa, 1776
Género *Thais* Roding, 1798
Subgénero *Mancinella* Link, 1807
(11) *Thais (Mancinella) detoides* (Lamarck, 1822)

Distribución geográfica: Florida a Brasil.

Hábitat: En rocas intersticiales.

Observaciones de campo: Especie abundante entre las rocas, en áreas expuestas al oleaje.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Neogastropoda Wenz, 1938
Superfamilia Buccinacea Rafinesque, 1815
Familia Columbelloidea Swainson, 1840
Género *Columbella* Lamarck, 1799
(12) *Columbella mercatoria* (Linnaeus, 1758)

Distribución geográfica: Este de Florida a Brasil.

Hábitat: En arenas y rocas que se encuentran entre pastos marinos, del nivel de marea baja a 6 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie característica de la rompiente arrecifal.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Neogastropoda Wenz, 1938
Superfamilia Buccinoacea Rafinesque, 1815
Familia Buccinoacea Rafinesque, 1815
Subfamilia Pisaninae Tryon, 1880
Género *Pisania* Bivona, 1832
Subgénero *Pollia* Gray *in*: Sowerby, 1838
(13) *Pisania (Pollia) tineta* (Conrad, 1846)

Distribución geográfica: Suresie de Florida a Brasil.
Hábitat: Bajo las rocas, por debajo del nivel de marea baja.
Observaciones de campo: Especie de zonas someras.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Neogastropoda Wenz, 1938
Superfamilia Mitracea
Familia Mitridae Swainson, 1831
Género *Mitra* Lamarck, 1799
(14) *Mitra nodulosa* (Gmelin, 1791)

Distribución geográfica: Carolina del norte a Brasil.
Hábitat: Bajo rocas coralinas en aguas someras.
Observaciones de campo: Especie de zonas arenosas.



Distribución geográfica



Distribución local

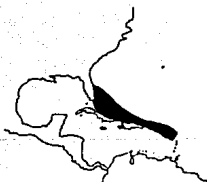
CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Prosobranchia Milne-Edwards, 1848
Orden Neogastropoda Wenz, 1938
Superfamilia Conacea Rafinesque, 1815
Familia Conidae Rafinesque, 1815
Género *Conus* Linnaeus, 1758

(15) *Conus mus* Hwass, 1792

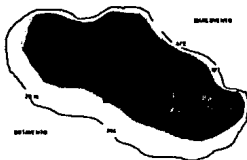
Distribución geográfica: Sureste de Florida a las Antillas.

Hábitat: Por debajo y alrededor de rocas coralinas.

Observaciones de campo: Especie encontrada hasta los 20 metros de profundidad.



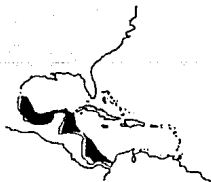
Distribución geográfica



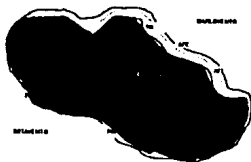
Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Opisthobranchia Milne Edwards, 1848
Orden Cephalaspidea Fisher, 1883
Superfamilia Bullacea Rafinesque, 1815
Familia Bullidae Rafinesque, 1815
Género *Bulla* Linnaeus, 1758
(16) *Bulla striata* Bruguière, 1792

Distribución geográfica: América Central.
Hábitat: Fondos arenosos, cerca del nivel de marea baja.
Observaciones de campo: Especie de las zonas protegidas.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE GASTROPODA Cuvier, 1797
Subclase Opisthobranchia Milne Edwards, 1848
Orden Sacoglossa Von Ihering, 1876
Superfamilia Plakobranchiacea Gray, 1840
Familia Plakobranchidae Gray, 1840
Género *Tridachia* Deshayes, 1857
(17) *Tridachia crispata* (Mösch, 1863)

Distribución geográfica: Sur de Florida al Caribe. Bermuda.
Hábitat: Hasta 2 metros de profundidad. Entre el pasto marino *Thalassia*.
Observaciones de campo: Especie típica de zonas protegidas.



Distribución geográfica



Distribución local

- CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Ikkurien, 1944
Orden Arcoida Siojiczka, 1871
Superfamilia Arcacea Lamarck, 1809
Familia Arcidae Lamarck, 1809
Subfamilia Arcinae Lamarck, 1809
Género *Barbatia* Gray, 1842
Subgénero *Barbatia* Gray, 1842
(18) *Barbatia (Barbatia) candida* (Helbing, 1779)

Distribución geográfica: Carolina del norte a Brasil.

Hábitat: Fondos rocosos, de 0.5-5m de profundidad.

Observaciones de campo: Especie que se encuentra en zonas protegidas, entre las rocas.



Distribución geográfica



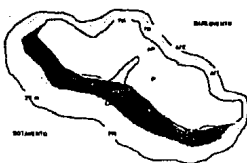
Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Periomorpha Beurlen, 1944
Orden Mytiloidea Ferrusac, 1822
Superfamilia Pinnacea Leach, 1819
Familia Pinnidae Leach, 1819
Género *Pina* Linnaeus, 1758
(19) *Pina carnea* Gmelin, 1791

Distribución geográfica: Sureste de Florida al Norte de Sudamérica
Hábitat: Fondos arenosos, de 0 a 4 metros de profundidad, raramente intersticial.
Observaciones de campo: Especie muy abundante entre la arena del cementerio de *Acropra cervicornis*.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pieriomorpha Beuften, 1944
Orden Pterioidea Newell, 1965
Suborden Pterina Newell, 1965
Superfamilia Pteriacea Gray, 1847
Familia Isognomoidae Woodring, 1925
Género *Isognomon* Lightfoot, 1786
(20) *Isognomon radiatus* (Anton, 1839)

Distribución geográfica: Sureste de Florida a Brasil.

Hábitat: Entre o por debajo de rocas y cavidades, hasta 3 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie que se encuentra en el cementerio de *Acropora cervicornis*, incrustado en los restos de coral.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Beurlen, 1944
Orden Pterioida Newell, 1965
Suborden Pterina Newell, 1965
Superfamilia Pectinacea Rafinesque, 1815
Familia Pectinidae Rafinesque, 1815
Género *Chlamys* Röding, 1798
(21) *Chlamys imbricata* (Gmelin, 1791)

Distribución geográfica: Florida a las Antillas.

Hábitat: Aguas someras 7.

Observaciones de campo: Especie que se encuentra en el cementerio de *Acropora cervicornis*, incrustado en los restos de coral.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Beurlen, 1944
Orden Pterioida Newell, 1965
Suborden Pterina Newell, 1965
Superfamilia Pectinacea Rafinesque, 1815
Familia Spondylidae Gray, 1826
Género *Spondylus* Linnaeus, 1758
(22) *Spondylus americanus* Hermann, 1781

Distribución geográfica: Carolina del norte a Brasil.

Hábitat: Entre las rocas, en cavidades y paredes, aguas de 0 a 50 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie que se encuentra en el cementerio de *Acropora cervicornis*, incrustada en los restos de coral.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Beurlen, 1944
Orden Pterioida Newell, 1965
Suborden Pterinea Newell, 1965
Superfamilia Limacea Rafinesque, 1815
Familia Limidae Rafinesque, 1815
Género *Lima* Bruguière, 1797

(23) *Lima lima* (Linnaeus, 1758)

Distribución geográfica: Florida a Brasil.

Hábitat: Fondos rocosos, aguas someras hasta 6 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie asociada a sedimentos gruesos, en la parte protegida del arrecife.



Distribución geográfica



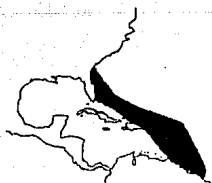
Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Pteriomorpha Beurlen, 1944
Orden Pterioida Newell, 1965
Suborden Pterilina Newell, 1965
Superfamilia Limacea Rafinesque, 1815
Familia Limidae Rafinesque, 1815
Género *Lima* Bruguière, 1797
Subgénero *Ctenoides* Mürch, 1853
(24) *Lima scabra* (Born, 1778)

Distribución geográfica: Carolina del sur a Brasil.

Hábitat: Fondos rocosos, aguas someras hasta 6 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie que se encuentra en el arrecife posterior.



Distribución geográfica



Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758

Subclase Heterodonta Neumayr, 1884

Orden Veneroida H. y A. Adams, 1858

Superfamilia Lucinacea Fleming, 1828

Familia Lucinidae Fleming, 1828

Género *Codakia* Scopoli, 1777

Subgénero *Codakia* Scopoli, 1777

(25) *Codakia (Codakia) orbicularis* Scopoli, 1777

Distribución geográfica: Sureste de Florida a Brasil.

Hábitat: En fondos arenosos o fangosos, hasta 30 metros de profundidad.

Observaciones de campo: Especie encontrada hasta los 20 metros de profundidad.



Distribución geográfica



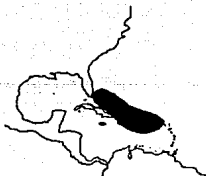
Distribución local

CLASE BIVALVIA Linnaeus, 1758
Subclase Heterodonta Neumayr, 1884
Orden Veneroida H. y A. Adams, 1858
Superfamilia Chamacea Lamarck, 1809
Familia Chamidae Lamarck, 1809
Género *Chama* Linnaeus, 1758
(26) *Chama sinuosa* Broderick, 1835

Distribución geográfica: Sur de Florida a las Antillas.

Hábitat: Fondos rocosos, aguas profundas.

Observaciones de campo: Especie de zonas arenosas, entre la *Thalassia*.



Distribución geográfica



Distribución local



1



2



3



4



5



6

Lámina A. 1- *Diodora cayenensis*; 2- *Astraea (Lithopoma) tecta americana*; 3- *Tegula (Agathistoma) fasciata*;
4- *Cerithium atratum*; 5- *Cerithium literatum*; 6- *Polysices lacteus*.

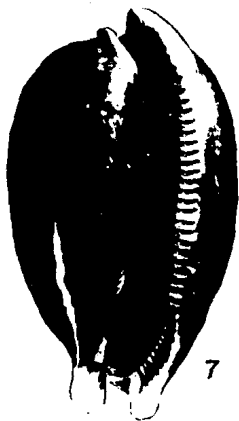


Lámina B. 7- *Cyprea (Macrocypraea) cervus*; 8- *Tonina maculosa*; 9- *Phalium (Tylocassis) granulosum* L. *cicatricosum*;
10- *Cymathium (Tritoniscus) labiosum*.



11



12



13



14



15



16

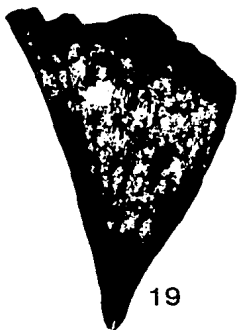
Lámina C. 11- *Thais (Mancinella) deltoidea*; 12- *Columbella mercatoria*; 13- *Pisania (Pollia) tineta*; 14- *Mitra nodulosa*; 15- *Conus mus*; 16- *Bulla striata*.



17



18



19



20

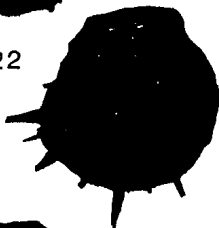
LÁMINA D. 17- *Trilachia crispata*; 18- *Barbatia (Barbatia) candida*; 19- *Pinna carnea*; 20- *Isognomon radiatus*.



21



22



23



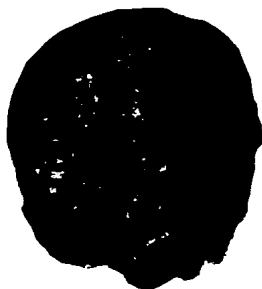
24



LÁMINA E. 21-*Chlamys imbricata*; 22-*Spondylus americanus*; 23-*Lima lima*; 24-*Lima scabra*;



25



26

*Distribución espacial y diversidad de los moluscos
bénticos del arrecife
Anegada de Afuera, Veracruz*

La distribución espacial de los moluscos benthicos del arrecife Anegada de Afuera se estimó mediante un cuadro de presencia-ausencia de las especies a lo largo de la estructura. En la siguiente tabla se resume la información obtenida de la distribución local.

TABLA 2
DISTRIBUCIÓN LOCAL PARA LOS MOLUSCOS BENTICOS
DEL ARRECIFE ANEGADA DE AFUERA, VER.

PH: platos de hexacorales, CA: cementerio de Acropora, P: parches, AP: arrecife posterior, TB: transición barlovento, AFI: frontal interior, AFE: frontal exterior.

Se consideran todas las especies encontradas, aún fuera de las muestras

ESPECIE	PH	CA	P	AP	RA	TB	AFI	AFE
<i>D. coyeensis</i>			*	*	*	*		
<i>A. tecta americana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>T. fasciata</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>C. atratum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>C. literatum</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>P. lacteus</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>C. cervus</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>T. maculosa</i>			*	*	*	*	*	*
<i>P. granulatum</i>			*	*	*	*	*	*
<i>C. labiosum</i>	*		*	*	*	*	*	*
<i>T. deltoidea</i>			*	*	*	*	*	*
<i>C. mercatoria</i>			*	*	*	*	*	*
<i>P. tineta</i>			*	*	*	*	*	*
<i>M. nodulosa</i>			*	*	*	*	*	*
<i>C. mus</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>B. striata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>T. crispata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>B. candida</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>P. carnea</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>I. tadabus</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>C. imbricata</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>S. americanus</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>L. lima</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>L. scabra</i>		*	*	*	*	*	*	*
<i>C. orbicularis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>C. sinuosa</i>		*	*	*	*	*	*	*

* Presencia

Se observa que existen especies que se distribuyen a lo largo de todo el arrecife, éstas son *Cerithium literatum*, *C. atratum* y *Astraea tecta americana*.

También se observa que existen especies que sólo se encuentran en una zona del arrecife. *Isognomon radiatus*, *Chlamys imbricata* y *Spondilus americanus* en el cementerio de *A. cervicornis*, *Chamma sinuosa* y *Pina carnea* en los parches, *Lima scabra* en el arrecife posterior y *Phalium granulatum* en el frontal interior.

Además las especies características de cada comunidad son:

Comunidad somera

Tonna maculosa
Columbella mercatoria
Pinna carnea
Chama sinuosa
Lima scabra

Comunidad profunda

Phalium granulatum
Isognomon radiatus
Chlamys imbricata
Spondylus americanus

Otro método utilizado para determinar la distribución espacial consistió en graficar la riqueza específica contra la densidad relativa por zona del arrecife. En esta gráfica se observa que los moluscos de la Anegada de Afuera se distribuyen en dos regiones de acuerdo a la pendiente del sustrato (figura 2)

Existen zonas del arrecife que presentan una riqueza específica elevada y donde su densidad relativa también es alta (arrecife posterior, parches y rompiente arrecifal). Estas zonas se caracterizan por ser regiones someras (2 m) sin pendiente. Las zonas con densidades bajas y que tienen pocas especies se caracterizan por ser regiones profundas (hasta 30 m) y con pendiente pronunciada.

PATRONES DE DIVERSIDAD

Se consideraron tres índices de diversidad con el fin de poder comparar entre varias medidas de diversidad y obtener la mayor información posible.

- **RIQUEZA ESPECÍFICA.** Este es el índice de diversidad más sencillo y se calcula como

$$S = \text{número de especies en la comunidad}$$

- **ÍNDICE DE SIMPSON.** Simpson (1949, citado por Washington, 1984) propuso el primer índice de diversidad usado en ecología como

$$\lambda = P_i^2$$

donde P_i es la abundancia proporcional de la i -ava especie, dado por

$$P_i = n_i/N$$

$$i=1,2,3,\dots,S$$

n_i es el número de individuos de la i -ava especie

N es el número total de individuos para las S especies de la comunidad.

Con el objeto de estandarizar el índice de Simpson con las demás medidas de diversidad, Washington (1984) lo define como:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$$

D toma valores de 0 (mínima diversidad) a S (máxima diversidad).

La equitatividad se define como (Hulbert, 1971)

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

donde $D_{\max}=S$ y toma valores de 0 a 1.

- **INDICE DE SHANNON WIENER.** El índice de Shannon-Wiener (Shannon y Wiener, 1949) probablemente sea el índice de diversidad más usado en ecología. Este índice está basado en la teoría de la información y es una medida del grado de incertidumbre, al predecir cuántas especies e individuos escogidos al azar corresponden a las especies e individuos totales que están contenidos en una comunidad. El índice de Shannon-Wiener (H') tienen dos propiedades: 1) $H'=0$ si y solo si existe una especie en la muestra y 2) H' es máximo sólo cuando las S especies están representadas por el mismo número de individuos.

El índice de Shannon-Wiener se define como:

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

La equitatividad se define como (Pielou, 1975, 1977, citado por Washington, 1984))

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

donde $H_{\max} = \ln S$

La diversidad fué estimada por medio de los índices de diversidad obtenidos mediante el programa realizado para este fin (Jácome y Proaño, 1989). La figura 3 muestra el patrón de diversidad obtenido a partir de la riqueza específica. Se observa que las zonas someras y planas presentan mayor número de especies; mientras que las zonas con pendiente (profundas) son las menos ricas. Este patrón es congruente con el observado en la figura 2.

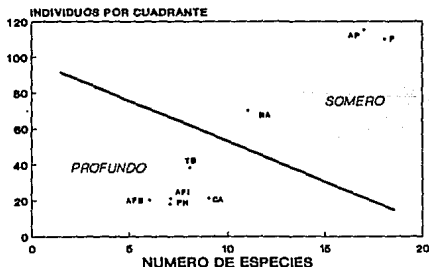


Figura 2. Distribución espacial de los moluscos bénticos arrecifales de la Anegada de Afuera, Veracruz.

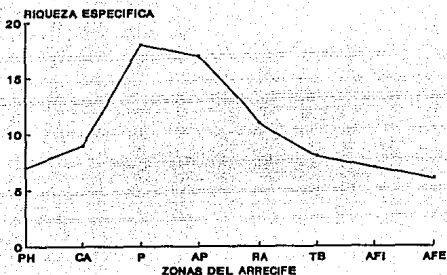


Figura 3. Diversidad según la riqueza específica (S).

La zona que presenta mayor número de especies es el arrecife posterior, mientras que los platos de hexacorales es la zona que tiene menos especies.

En la tabla 3 se muestran los resultados de diversidad obtenidos por zona.

TABLA 3
VALORES DE DIVERSIDAD POR ZONA
PH: platos de hexacorales, CA: cementerio de *Acropora*,
TS: transición sotavento, P: parches, AP: arrecife posterior, TB: transición barlovento,
AFI: frontal interior, AFE: frontal exterior

ZONA	PH	CA	P	AP	RA	TB	AFI	AFE
SPP	7	9	18	17	11	8	7	6
H'	1.2	1.9	1.8	1.2	1.6	1.6	2	1.4
H _{max}	1.7	2.1	2.8	3	2.4	2	2.3	1.9
J'	0.7	0.9	0.6	0.4	0.6	0.8	0.9	0.7
D'	2.4	6.1	4.6	2.2	3.8	4.0	6.2	3.4
D _{max}	6	8	17	20	11	7	10	7
E'	0.4	0.7	0.3	0.1	0.4	0.6	0.6	0.48

En los índices de Shannon-Wiener y Simpson (figuras 4 y 5) se observa el siguiente patrón.

Las zonas planas y someras presentan menor diversidad que las zonas profundas. La zona arrecife posterior es la que presenta la menor diversidad mientras que las zonas cementerio de *Acropora* y arrecife frontal exterior son las que presentan mayor diversidad. El mismo

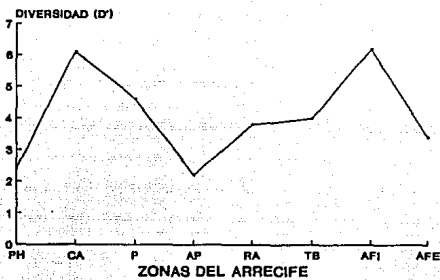


Figura 4. Diversidad según Simpson.

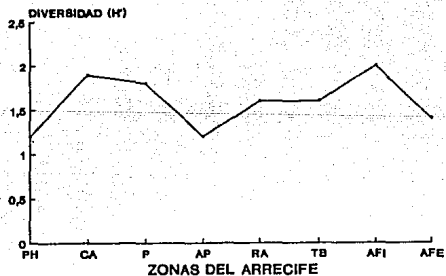


Figura 5. Diversidad según Shannon-Wiener.

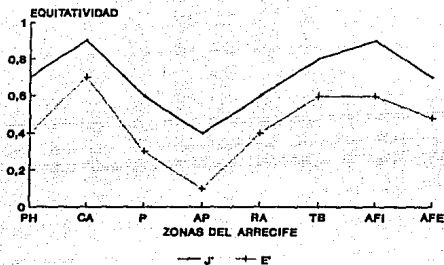


Figura 6. Equitatividad de los índices de diversidad.

comportamiento se observa con la equitatividad (figura 6).

En este trabajo se tomaron los índices de Shannon-Wiener y Simpson como referencia para tener un análisis comparativo (figura 7). Para saber que relación guardaban estos índices y si la información que proporcionan es equivalente se realizó un análisis de regresión lineal entre los

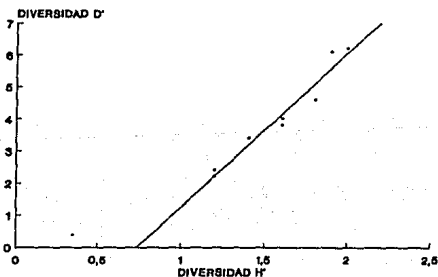


Figura 7. Regresión lineal de los índices de diversidad. $r=0.9231$

valores obtenidos de ambos índices y se encontró una alta correlación entre ambos índices ($r=0.9231$). Se deduce que cualquiera de los dos índices puede ser utilizado en el análisis de la diversidad de especies de moluscos arrecifales, independientemente de los supuestos de cada caso (Loya, 1972; Washington, 1980).

En la figura 8 se observa un dibujo en el que se esquematiza el arrecife Anegada de Afuera. En él se han representado las zonas en que fué dividido. Las líneas corresponden a las isobatas de 10, 20 y 30 metros. Las zonas marcadas corresponden a las comunidades de moluscos encontradas y descritas anteriormente.

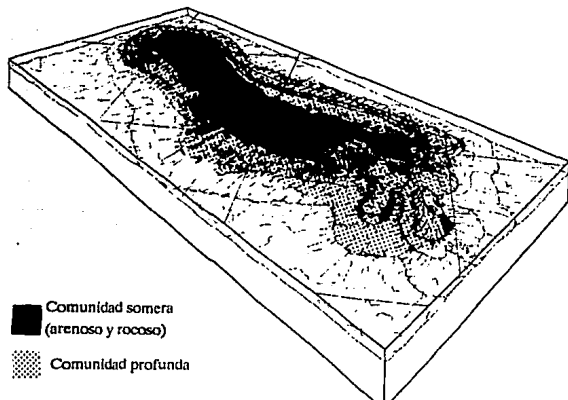


Figura 8. Fislograma del arrecife Anegada de Afuera. Se muestran las comunidades de moluscos encontradas en este trabajo.

Discusión

Un análisis detallado de la estructura comunitaria de los organismos arrecifales debe contemplar los parámetros físicos más importantes que pueden afectar su distribución y abundancia y que pueden servir de base para comparar e interpretar las relaciones que existen entre los diferentes tipos de organismos que forman el ambiente arrecifal.

Algunos trabajos han detallado, en diferentes sistemas arrecifales, los factores que determinan la estructura comunitaria de los corales hermatípicos (Loya, 1972; Huston; 1985; Lara, 1989; Padilla, 1989) y han encontrado que éstos son la profundidad, relacionada con el gradiente luminoso, la exposición a bajamares, la sedimentación y la competencia con otras especies coloniales.

En el caso de otros organismos arrecifales no coloniales (Peces y equinodermos) se ha concluido que dependen de la abundancia de los productores primarios y que además tienen un papel importante en el ecosistema arrecifal (Anderson, 1981; Sammarco, 1982) como ramoneadores y coralívoros selectivos.

Los factores tradicionales que se utilizan para explicar la distribución y abundancia de los organismos en ambientes acuáticos (pH, salinidad, temperatura, etc), al parecer no son relevantes (Stoddart, 1969) porque éstos no varían significativamente en el ambiente arrecifal. Estas comunidades dependientes de la luz están influidas más por factores biológicos que por factores físicoquímicos (Huston, 1985).

El arrecife Anegada de Afuera se dividió para este estudio en las 8 zonas. Esta zonación, como base para trabajos de ecología comunitaria es buena, en el sentido de que está basada en las características más relevantes del ambiente arrecifal (Lara, 1989).

Se determinó que los moluscos arrecifales se distribuyen en dos estratos, dependiendo de las condiciones del sustrato y su profundidad: somero y profundo. Esta distribución seguramente está influida por los hábitos de los organismos.

En la región somera con sustrato arenoso (parches) se encontraron especies de moluscos filtradoras (bivalvos) y especies que se alimentan de pastos marinos (*Tridachia crispata*).

En la misma región, pero con sustrato rocoso (rompiente y arrecife posterior), se encontraron especies que pueden resistir la alta energía del oleaje y que además son herbívoras (*Astraea tecta americana*, *Barbatia candida*, *Tegula fasciata* y *Tonna maculosa*). A juzgar por los números poblacionales encontrados, estas especies son buenas competidoras, ya que estas zonas se caracterizan por las cantidades de erizos (*Echinometra lucunter*) encontradas y que también son herbívoros.

La baja densidad relativa y la poca riqueza específica encontrada en las zonas con pendiente es resultado de los hábitos de la mayoría de los moluscos (herbívoros) además de la competencia con organismos coloniales que proliferan en estas zonas (Escleractinios y esponjas). En estas subzonas se encontraron varias especies de corales (*Conus* spp y *Coralioophyla abbreviata*), aunque no se ha determinado el efecto que puedan tener en la diversidad de los escleractinios, ya que estas zonas se caracterizan por los altos porcentajes de tejido vivo que presentan (Brawley, 1982); pero se cree que en un momento dado sean tan importantes como *Ancaster plancii* en el Pacífico.

Es importante resaltar que existen de moluscos que se distribuyen a lo largo de todo el arrecife, además de que son especies que presentan densidades altas. Sería interesante conocer los atributos de historia de vida de estas especies para entender por qué pueden tener esta distribución general.

También existen formas que son características de alguna zona en especial (Tabla 2). Estas especies deben tener algún requerimiento ambiental o biótico que las restringe a estas zonas. Los experimentos de exclusión competitiva pueden ser una alternativa para comprender la distribución de estos organismos.

El concepto de diversidad de especies en ecología comunitaria ha sido tema de debate entre los ecólogos en los últimos años. Hulbert (1971) sugirió que el concepto de diversidad implica muchos problemas semánticos y conceptuales. Según este autor la "diversidad de especies" es una función del número de especies presentes (riqueza específica o abundancia de especies) y la uniformidad con que los individuos se distribuyen entre esas especies (equitatividad de especies o heterogeneidad de especies). Washington (1984) define diversidad como variedad o complejidad. Lo cierto es que la diversidad es un parámetro de las comunidades (Begon et al, 1986; Washington, 1984) y es ampliamente usado en ecología comunitaria.

Se han descrito una gran cantidad de índices de diversidad y se pueden agrupar en dos corrientes: Teoría de Probabilidades y Teoría de la información (Loya, 1972).

En el primer grupo se pueden citar los índices de Simpson (1949), Margalef (1958), Odum (1960) y Kothé (1962).

En el segundo grupo se citan los índices de Wiener (1948) y Shannon (1949), Brillouin (1951), Margalef (1968) y Hulbert (1971).

A pesar de que para este trabajo se utilizaron varios índices para medir la diversidad, se obtuvieron patrones similares no importando el marco teórico de cada uno de ellos. Se observó una relación grande significativa entre los índices de Shannon-Wiener y Simpson, que de alguna manera apoya la idea de que ambos aportan información semejante.

El análisis de diversidad muestra que el ambiente arrecifal es heterogéneo. En algunas zonas (arrecife posterior) la dominancia de ciertas especies es muy marcada, dando como resultado valores de equitatividad bajos y en otras zonas (cementerio de *Acropora* y arrecife frontal interior), la diversidad es muy alta. Algunos autores (Washington, 1984) afirman que la alta diversidad es resultado de la heterogeneidad ambiental. Esta idea se corrobora con lo obtenido, ya que las subzonas mencionadas se caracterizan por su heterogeneidad.

Este trabajo le da relevancia a los factores abióticos como estructuradores de la comunidad, por ser un estudio piloto en cuanto a las comunidades de moluscos benthicos, pero hay que precisar las relaciones entre las poblaciones juegan un papel importante y que se necesitan instrumentar nuevos sistemas de muestreo e interpretación de resultados para comprender el complejo de interacciones bióticas que se llevan a cabo en el ecosistema arrecifal.

Conclusiones

- i) Se reportan 26 especies de moluscos, 17 pertenecientes a la Clase Gastropoda y 9 a la Clase Bivalvia.
- ii) Se reconoce que el término diversidad de especies es ambiguo y que cada autor, dependiendo de sus objetivos, lo define de manera particular. Para este trabajo la diversidad de especies es un parámetro de la comunidad que engloba la riqueza específica y su abundancia relativa.
- iii) Así mismo, la comunidad es un nivel de integración subjetivo que se define en función de los objetivos del trabajo y que carece de relevancia fuera del marco de definición del estudio mismo.
- iv) Se determinaron 2 comunidades de moluscos bénticos arrecifales; la comunidad somera tanto de sustrato rocoso como arenoso y la comunidad profunda solamente de sustrato rocoso.
- v) En las zonas someras la riqueza específica es alta; sin embargo, considerando los valores de diversidad y equitatividad, se observó dominancia de algunas especies.
- vi) En las zonas profundas se presenta el patrón inverso. La riqueza específica es baja pero los valores de diversidad muestran una distribución homogénea de los individuos entre las especies.
- vii) Aunque en este tipo de estudios se le da relevancia a los factores abióticos como estructuradores de las comunidades por su fácil medida, es indudable que los parámetros biológicos también son importantes, aunque no se hayan considerado en este trabajo.

Referencias

- ABBOT, T. R., 1984. *American Seashell*. Ridge Press, N. Y. 159 p.
- ANDERSON, G., A. EHRLIC, J. ROUGHGARDEN, B. RUSSELL AND F. TALBOT., 1981 The community structure of coral reef fishes. *Am. Nat.* 117(4):476-494.
- BABIN, C. 1980. *Elements of paleontology*. John Wiley and Sons, New York. 446 p
- BEGON, M., J. HARPER AND C. TOWNSEND., 1986 *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell pub. Oxford. 589-813 pp.
- BRAWLEY, S. AND W. ADEY., 1982. *Coralliophila abbreviata*: a significant corallivore. *Bull. Mar. Sci.* 32(2): 595-599.
- CONNELL, J. H., 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reef. *Science*. 199: 1302-1310.
- DANA, F. T., 1976. Reef-coral dispersion patterns and environmental variables on a Caribbean coral reef. *Bull. Mar. Sci.* 26 (1): 1-13.
- DANIELS, W., 1984 *Bioestadística*. Limusa, México. 485 p.
- ESPEJEL. M. J., 1986. Estudio descriptivo y colecta preliminar de cinco taxa de invertebrados bentónicos en regiones arrecifales del puerto de Veracruz. Reporte de Biología de campo. Fac. Ciencias. UNAM. 110 p.
- ESPEJEL. M. J. 1987. Caracterización de las principales asociaciones de corales escleractíneos y gorgonáceos y análisis de la estructura comunitaria de cinco taxa de invertebrados bentónicos en regiones arrecifales del Puerto de Veracruz. Reporte de Biología de campo. Fac. Ciencias. UNAM. 95 p.
- FRICKE, H. W. AND B. KNAUER., 1986. Diversity and spatial pattern of coral communities in the Red Sea upper twilight zone. *Oecologia*. 71:29-37.
- GARCÍA-CUBAS, A. 1985. Moluscos de un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México. Pub. Esp.* 5:1-182 pp.
- GARCÍA DE MIRANDA, E., 1986. Apuntes de climatología. UNAM, México. 155p.

- GLYNN, P. W., 1982. Algunos factores físicos y biológicos que determinan la estructura de las comunidades de coral en el Pacífico oriental. En "Evolución en los trópicos". *Smith Trop. Res. Inst. Ed. Univ. Panama*. 225-253 pp.
- GOODWIN, M., 1976. Species diversity and associations in Caribbean reef corals. *J. exp. mar Biol. Ecol.* :19-31.
- GOREAU, T. F., 1973. The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, Zonation and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23: 399-464.
- GOREAU, T. F., 1979. Corales y arrecifes coralinos. *Investigación y Ciencia* 37: 48-60.
- GRIGG, R. W., 1983. Community structure, succession and development of coral reefs in Hawaii. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11:1-14.
- HUGHES, R. G., 1986. Theories and models of species abundance. *Am. Nat.* 128:879-899.
- HURLBERT, S., 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*. 52: 577-586.
- HUSTON, M. A., 1985. Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol.* 16: 149-177.
- JACKSON, J. B. C., 1972. The ecology of the molluscs of *Thalassia* communities, Jamaica West Indies. *Mar. Biol.* 14: 304-337.
- JACKSON, J. B. C., 1977. Competition on marine hard substrata. The adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* 111. (1978): 743-767.
- JACKSON, J. B. C. AND L. BUSS., 1975. Allelopathy and spatial competition among coral reef invertebrates. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 72(12): 5160-5163p.
- JACKSON, J. B. C. AND T. HUGHES., 1985. Adaptive strategies of coral reef invertebrates. *Am. Sci.* 73: 265-274.
- JÁCOME, L. Y I. PROAÑO., 1989. Diversidad: Un programa para el análisis de las comunidades. *Ann. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México*. Ref No.51.
- JÁCOME, L. Y J. ROSADO., 1991. Morfología de las estructuras arrecifales del Puerto de Veracruz. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México*. Número de referencia 105.
- JOHNSON, R. G., 1970. Variations in diversity within benthic marine communities. *Am. Nat.* 104 (937): 285-300p.
- KEEN, M., 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. Stanford Univ. Press., New York. 624 p.
- KINSEY, D., 1981. The Pacific-Atlantic reef growth controversy. *Proc. Fourth Int. Coral reef Symp.* Manila. 1: 493-498.
- KOHN, A., 1959. The ecology of *Conus* in Hawaii. *Ecol. Monogr.* 29: 47-90.
- KOHN, A., 1968. Microhabitats abundance and food of *Conus* on atoll reefs in the Maldives and Chagos islands. *Ecology*. 49: 1046-1061.

- KREBS, J. C., 1985 Ecología, estudio de la distribución y la abundancia. Harla, México. 753 p.
- LARA, M., 1989. Zonación y caracterización de los escleractíneos en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. 91 p.
- LOYA, Y., 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13: 100-12.
- LUDWIG, J. A. Y J. F. REYNOLDS., 1988. *Statistical Ecology a primer methods and computing*. John Wiley and Sons. N. Y. 337pp.
- MILLIMAN, J. D., 1973. Caribbean coral reefs. In: A. Jones and R. Endean. *Biology and Geology of coral reefs*. Vol. I. pp.1-50.
- MOORE, D., 1958. Notes on Blanquilla Reef. The most northerly coral formation in the Western Gulf of Mexico. *Inst Mar. Sci. Vol. V*:151-155
- PADILLA, C., 1989. Estructura comunitaria de escleractíneos del arrecife El Cabezo, Veracruz. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. 96 p.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. 1969. Estudio sobre moluscos marinos de las costas de Veracruz, México. (Sistemática y aspectos ecológicos). Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marino. Secretaría de Marina. 107 p.
- PORTER, J., 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. *Ecology*. 53(4): 745-748.
- ROMERO, F. AND W. ZACHER., 1981. Sulu archipelago reef complexes. *Proc. Fourth Int. Coral reef Symp.* Manila. 1: 556-558
- SAMMARCO, P. W., 1982 Grazing and control of coral reef community structure by *Diadema antillarum* (Echinodermata:echinoidea): a preliminary study. *J. Mar. Res.* 32:47-53.
- SEBENS, K. P., 1982. Competition for space: Growth rate, reproduction and scape in size. *Am. Nat.* 120: 189-97.
- SECRETARÍA DE MARINA, DIRECCIÓN GENERAL DE OCEANOGRAFÍA., 1979. Carta de Navegacion. Veracruz y sus proximidades. S.M. #823.
- SNEDECOR, W. G. Y W. G. COCHRAN., 1971. *Metodos Estadísticos*. C.E.C.S.A., México. 703 p.
- SRITHUNYA, S., 1981 Pattern of distribution and correlated parameters of corals in corals reefs at Koo Lam, Chonburi, Thailand (a preliminary report). *Proc. Fourth Int. Coral reef Symp.* Manila. 1:310-313.
- STODDART, D., 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biol. Rev.* 44:433-498.
- STODDART, D., 1978 *Coral reefs research methods*. UNESCO.
- WASHINGTON, H. G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices. *Water Rev.* 18(6): 653-694.
- WELLS, S., 1981. International trade in ornamental corals and shells. *Proc. Fourth Int. Coral reef Symp.* Manila. 1:323-330.

WILEY, G. R. AND J. TUNELL., 1982. Mollusca of the rocky shores of east central Veracruz State, Mexico. *The Nautilus* 96(2):55-61.

WILLIAMS, W.T., J. S. BUNT AND B. E. CHALKER. (1981) Coral associations at depths of 45 to 125 feet in the Bahamian region. *Pro. Fourth Int. Coral reef Symp.* Manila. 1:707-713.