



00361 29
3
22
EJE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISTRIBUCION DE ZOOXANTELAS Y PIGMENTOS
CLOROFILICOS EN EL CORAL HERMATIPICO
Montastrea cavernosa (LINNEO, 1767) EN RELACION
CON LA PROFUNDIDAD Y EPOCA DEL AÑO EN UN
ARRECIFE VERACRUZANO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

BIOLOGIA

PRESENTA

Juan Pablo Carricart Ganivet

DIRECTOR DE TESIS: M en C GUILLERMO JAVIER HORTA PUGA

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1994.



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.

A Aurora y Juan Pablo, mi vida entera

A mi Madre

A la Memoria de mi Padre

A mis Hermanos Patricia y Alejandro

CONTENIDO

Contenido.....	1
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	1
Introducción.....	3
Zona de estudio.....	11
Metodología.....	15
Trabajo de campo.....	15
Trabajo de laboratorio.....	16
a) Separación de tejido.....	17
b) Aislamiento del contenido intracelular de clorofila a.....	17
c) Conteo de zooxantelas y determinación del área ocupada por tejido vivo en los esqueletos coralinos.....	18
Trabajo de gabinete.....	19
a) Determinación de la densidad de zooxantelas por unidad de área.....	19

b) Determinación de la concentración de clorofila a por unidad de área.....	20
c) Determinación de la concentración de clorofila a por zooxantela.....	21
d) Análisis de datos.....	21
Resultados.....	25
Densidad de zooxantelas por cm ²	25
a) Meses.....	26
b) Profundidades.....	27
Contenido intracelular de clorofila a.....	30
Concentración de clorofila a por cm ²	30
a) Meses.....	31
b) Profundidades.....	31
Concentración de clorofila a por zooxantela.....	33
a) Meses.....	34
b) Profundidades.....	35
Relación entre las variables.....	37
Discusión.....	39
Densidad de zooxantelas por cm ²	39
Contenido intracelular de clorofila a.....	41
Relación entre las variables.....	42
Conclusiones.....	45
Literatura citada.....	47

AGRADECIMIENTOS

Con esta tesis finalizo mis estudios de maestría y aunque sería imposible, sin cometer alguna omisión, mencionar a todas aquellas personas que participaron para ayudarme de alguna u otra forma, quiero hacerles llegar mi más sincero agradecimiento.

En especial quiero agradecer al M. en C. Guillermo Horta Puga por la invaluable e incondicional amistad que me ha brindado durante tantos años y la asesoría y apoyo para la realización del presente trabajo.

Al M. en C. Jorge Padilla, quien me apoyó como mi Asesor de Estudios de Maestría y siempre tuvo tiempo para escuchar mis problemas, tanto académicos, como laborales y personales.

A la Biól. Aurora U. Beltrán Torres que, además de su amor, me ha brindado ayuda, paciencia y confianza, tanto durante todas las fases

de realización del presente trabajo, como siempre.

Al Dr. Martín Merino Ibarra y a los Sinodales: Dra. María Ana Fernández Alamo, Dra. Dení Claudia Rodríguez Vargas, Dr. Carlos Rosas Vázquez, Dra. Vivianne Solís Wolfowitz, Dr. Samuel Gómez Aguirre y Dra. Guadalupe De La Lanza Espino, por todos los comentarios, correcciones y sugerencias hechos sobre el manuscrito.

A todo el personal del Instituto de Investigaciones Oceanográficas del Golfo y Mar Caribe de México (DGON-SECMAR), en especial a la Biól. Juliana Ma. Sánchez Juárez Arrieta por su amistad, apoyo y ayuda en el trabajo de campo.

Al Contralmirante S.I. Ocean. Dr. Alberto M. Vázquez De La Cerda por la amistad y apoyo, tanto material, como moral, brindados para la realización del trabajo.

Al Biól. Miguel Angel Román Vives, al Biól. Efraín Partida Montalvo, a la Ing. Acui. Patricia Hernández Rodríguez, al Ing. Quím. Fernando Camargo Segovia y al Ing. Pesq. Daniel Goeritz Rodríguez por su ayuda en la colecta y trabajo de laboratorio.

Al Tte. Nav. S.I. Cod. Jorge Herrera Hurtado por brindarme su amistad y por ayudarme en la captura de datos en la computadora.

RESUMEN

La importancia del papel ecológico de los corales hermatípicos en los arrecifes de coral se debe a la evolución de la relación simbiótica que presentan con dinoflagelados conocidos como zooxantelas. El presente estudio pretende contribuir al conocimiento de los cambios en la densidad poblacional de zooxantelas y en los contenidos de clorofila *a* por unidad de área y por célula simbiote determinados por la época del año y la profundidad y al comportamiento del contenido de este pigmento por centímetro cuadrado y por zooxantela en relación a la densidad de zooxantelas en condiciones naturales, en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* en el Arrecife de Isla Verde, perteneciente al Sistema Arrecifal Veracruzano. Se estableció una estación de estudio en el talud de sotavento del Arrecife de Isla Verde, Ver., en donde se recolectaron muestras de *M. cavernosa*. A cada muestra se le determinó la densidad poblacional de zooxantelas y los contenidos de clorofila *a* por centímetro cuadrado y por célula algal. Las tres variables estudiadas presentaron alta variabilidad,

sin influencia del mes o la profundidad de colecta, a excepción de la densidad algal en marzo, la cual tendió a disminuir con el aumento de la profundidad, probablemente debido a las condiciones de temperatura, horas de insolación y vientos del norte, durante los siete días anteriores a la colecta. Esto hace pensar que las variables estudiadas respondieron a factores ambientales no detectados en el presente estudio. Los cambios en las poblaciones de zooxantelas obedecieron a factores tales como el autosombreo y la disponibilidad de nitrógeno, ya que la concentración de clorofila a por unidad de área y por zooxantela en función de la densidad algal presentó las mismas tendencias señaladas por otros autores, con correlaciones bajas positiva y negativa, respectivamente. El comportamiento de las poblaciones de zooxantelas en *M. cavernosa* reflejó un problema causado por enriquecimiento de nutrientes en la zona, por lo que se necesitan realizar estudios encaminados a la comprensión del mismo.

INTRODUCCION

El estudio de los recursos naturales se considera cada vez más importante en México y en este contexto se incluyen los ecosistemas tropicales, entre los que se encuentran los Arrecifes de Coral.

Los corales escleractinios son un grupo de organismos pertenecientes a la Subclase Zoantharia de la Clase Anthozoa del Filo Cnidaria, que se caracterizan por presentar un exoesqueleto calcáreo secretado por la epidérmis. La gran mayoría de los géneros actuales son coloniales y presentan una distribución muy amplia, pero sólo en aguas someras y tropicales son capaces de formar arrecifes coralinos (Wells, 1957; Goreau, 1959; Goreau y Goreau, 1959; Yonge, 1973; Goreau et al., 1979).

Aquellas especies de corales responsables de la formación de arrecifes o hermatípicas, se distinguen de aquellas que no lo son o ahermatípicas por la presencia de dinoflagelados endozóicos simbiotes en su tejido gastrodérmico. Conocidos generalmente como

zooxantelas (Wells, 1957; Goreau, 1959; Muscatine, 1973; Yonge, 1973), dichos simbioses están alojados dentro de cada una de las células de la pared gástrica del pólipo coralino, en el interior de cavidades individuales rodeadas por una membrana (Goreau et al., 1979).

Los corales escleractinios hermatípicos son los responsables de la construcción de los arrecifes modernos y proveen el material que da lugar a la estructura resistente y básica conocida como arrecife coralino. La importancia de éste papel ecológico está sostenida por la evolución de la relación simbiótica de los corales con las zooxantelas (Lewis y Smith, 1971; Muscatine, 1973; Yonge, 1973; Goreau et al., 1979).

Dado que las zooxantelas requieren de condiciones especiales, principalmente de temperatura e intensidad luminosa, los escleractinios hermatípicos se ven afectados en su distribución por las exigencias del simbiote (Yonge, 1973; Dustan, 1979). En cuanto a la temperatura, existe información de que algunas especies de corales ahermatípicos pueden soportar hasta 15 °C, mientras que los hermatípicos se desarrollan mejor entre los 25 y 29 °C (Smith, 1954).

Wells (1957) sugiere que la luz es de importancia primaria ya que el límite inferior de profundidad de los corales hermatípicos es por arriba de la zona fótica. Según Dustan (1979) las zooxantelas

pueden fotosintetizar a distintas intensidades luminosas y longitudes de onda. La morfología de la colonia puede modificarse en corales con una distribución vertical muy amplia, tendiendo al aplanamiento del exoesqueleto al incrementar la profundidad y/o al habitar zonas sombreadas. El cambio morfológico podría ser el resultado de una reducción en la depositación de carbonato de calcio, al existir decremento de la actividad fotosintética en las zooxantelas (Goreau y Goreau, 1959; Carricart-Ganivet y Beltrán-Torres, 1990) o de una estrategia para optimizar la captación de luz (Yonge, 1973).

El estudio moderno de la fisiología de la simbiosis alga-coral comenzó con una serie de experimentos realizados por Yonge durante la expedición de 1929 en la Gran Barrera Australiana (Goreau et al., 1979), a este le han seguido una serie de publicaciones relacionadas, de las cuales el autor más productivo ha sido Goreau. En 1959 Goreau sostiene que la importancia ecológica de esta simbiosis se demuestra con el hecho de que existe un aumento significativo en la tasa de calcificación de varias especies de corales al exponerlos a la luz, posteriormente el mismo Goreau (1961, 1963) establece que este aumento es debido a la relación simbiótica. Goreau y Goreau (1960a, 1960b, 1960c) demostraron que el proceso de calcificación y la fotosíntesis están relacionados por permitir al coral el depósito de calcio de una forma más rápida que la erosión ambiental. Siguiendo esta línea de estudio y explicando el papel que juegan las zooxantelas en el proceso de

calcificación de los escleractinios, se cuenta con los trabajos de Pearse y Muscatine (1971), Yonge (1973), Strömberg (1976), Chalker (1981), Jaques et al. (1983), Rinkevich y Loya (1984) y Gattuso (1985).

Por otro lado se ha determinado la participación de los simbioses en la nutrición de los corales en los trabajos de Lewis y Smith (1971), Trench (1971a, 1971b), Muscatine (1973), Yonge (1973), Tytler y Davies (1980), Fitt (1984), Blank y Trech (1985) y Trench y Blank (1987).

De todos estos trabajos han surgido dudas sobre el comportamiento y adaptaciones de las algas simbioses, por lo que se ha visto la necesidad de hacer estudios más específicos, como los relacionados con procesos fotoadaptativos: Drew (1972), observó las densidades poblacionales algales a diferentes profundidades para varias especies de escleractinios y alcionarios; Dustan (1979, 1982), trabajó con los cambios en las densidades poblacionales de las zooxantelas y en los contenidos de pigmentos clorofílicos en *Montastrea annularis* en función de la profundidad; Chalker (1981), obtuvo curvas de saturación fotosintética en algunas especies de corales hermatípicos; Chang et al. (1983), observaron aspectos fotoadaptativos de las zooxantelas en cultivo; Porter (1986) hizo estudios de fotoadaptación con escleractinios en función de bajas intensidades luminosas; Berner et al. (1987), estimaron distribución y adaptación de las zooxantelas a diferentes niveles

de irradiancia con el coral blando *Litophiton arboreum*; por último Muscatine et al. (1989), determinaron los efectos de algunos recursos nutritivos sobre la dinámica poblacional de zooxantelas en *Stylophora pistillata*. Complementando los estudios mencionados se tienen los trabajos referentes a pigmentos fotosintéticos contenidos dentro del alga, como los de Gil-Turnes y Corredor (1981) y Leletkin y Zvalinski (1981).

México es un país que, por su ubicación geográfica cuenta con arrecifes coralinos en sus costas orientales. En la porción mexicana del Golfo de México existen formaciones arrecifales que se pueden diferenciar en tres zonas: 1) Veracruz norte, al sureste de Cabo Rojo, frente a la Laguna de Tamiahua, se encuentran los arrecifes Blanquilla, Medio y Lobos y frente a Tuxpan, al noreste de la desembocadura del Río Tuxpan, los arrecifes Tangüijo, Enmedio y Tuxpan. 2) Veracruz sur, representada por el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual se encuentra dividido en dos grupos por la desembocadura del Río Jamapa-Atoyac, en el grupo del norte los arrecifes de Punta Gorda y Punta Majahua, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, La Gallega, Pájaros, de Isla Verde, Hornos, de Isla de Sacificios y Punta Mocambo; en el grupo sur los arrecifes Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Polo, de Isla De Enmedio, Blanca, Chopas, El Rizo y Cabezo. 3) Banco de Campeche, los arrecifes de Alacrán, Cayo Arenas, Cayo Arcas y Triángulos Oeste, Este y Sur.

En el Mar Caribe mexicano el desarrollo arrecifal es mucho mayor que en el Golfo, el margen Este de la Península de Yucatán se encuentra bordeado por un arrecife de barrera discontinuo, que corre desde el extremo norte de la península hasta la Bahía de Chetumal, en el sur, y que se prolonga más allá de nuestras costas. Frente a la Bahía de Chetumal se localiza un atolón, Banco Chinchorro. Existen, además, varios parches arrecifales diseminados, como los que se localizan en la zona oeste de Isla Contoy y la Playa el Garrafón, al sur de Isla Mujeres.

En el Pacífico mexicano encontramos parches arrecifales que no son considerados en la literatura como arrecifes coralinos en el sentido amplio, sino como comunidades coralinas relevantes; a excepción de Isla Clarión en la que Schuhmacher (1978), señala arrecifes de tipo plataforma.

En los arrecifes pertenecientes al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se han realizado algunos estudios sobre aspectos hidrológicos y geológicos del lugar como los de Emery (1963), De la Lanza (1965a, 1965b), Suárez-Caabro (1965) y Kühlmann (1975) y algunos otros enfocados a la flora y fauna marinas, como los de Heilprin (1890), Green (1968), Villalobos (1971), Tunnell (1974), Green(1977), Horta-Puga (1982) y Horta-Puga y Carricart-Ganivet (1990). En el área de la fisiología de los corales escleractinios, importantes en la formación de los ecosistemas arrecifales, los trabajos son escasos. Se cuenta con dos estudios

sobre crecimiento en el Arrecife de Isla de Enmedio: Rannefeld (1972) informa sobre el uso de dos técnicas de tinción y una de medición directa en *Acropora palmata* y Lipstein-Dawson (1989) efectuó un análisis retrospectivo del crecimiento de *Montastrea annularis*. En los arrecifes de Isla Verde y Anegada de Adentro, Horta-Puga (1993), también efectuó un análisis retrospectivo del crecimiento de *M. annularis*.

En relación con el tema del presente estudio, en costas mexicanas se cuenta con sólo dos trabajos: Beltrán-Torres (1991), describe los cambios en la densidad poblacional de zooxantelas y sus pigmentos clorofílicos en función de la profundidad y zona arrecifal en *Montastrea cavernosa* en el Arrecife La Blanquilla, Ver. y Carricart-Ganivet et al. (1991), describen los cambios en la densidad poblacional de los simbioses y su clorofila a en función de la profundidad y concentraciones de amonio, también en *M. cavernosa* en el Arrecife de Triángulos-W, Banco de Campeche.

M. cavernosa es una especie hermatípica de gran importancia ecológica, tanto por su abundancia como por su cobertura, en los arrecifes situados frente al Puerto de Veracruz (Bravo-Ruiz et al., 1989).

Observando este panorama se hace necesario realizar investigaciones que conlleven a un mejor entendimiento de esta simbiosis, importante para los ecosistemas arrecifales, por lo que el presente

estudio tiene el siguiente

OBJETIVO GENERAL

1. Contribuir al conocimiento del comportamiento de las poblaciones de las zooxantelas simbiotes en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa*, en el Arrecife de Isla Verde, perteneciente al Sistema Arrecifal Veracruzano.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.1. Determinar si existen cambios en la densidad poblacional de zooxantelas, dependiendo de la profundidad y época del año.
- 1.2. Determinar si existen cambios en el contenido intracelular de clorofila a por unidad de área y por zooxantela, dependiendo de la profundidad y época del año.
- 1.3. Observar el comportamiento del contenido de clorofila a por unidad de área y por zooxantela en relación a la densidad de zooxantelas en condiciones naturales.

ZONA DE ESTUDIO

El Arrecife de Isla Verde se encuentra situado en el Golfo de México, a 4.8 Km del Puerto de Veracruz, formando parte de la porción norte del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV). Estos arrecifes son de tipo plataforma y se alargan de noroeste a sureste, en forma paralela a la costa, como resultado de la interacción de los vientos prevaletientes y las corrientes locales (Heilprin, 1890) y se levantan en la mitad interior de la Plataforma Continental (Emery, 1963). Su ubicación geográfica es $19^{\circ}12'15''$ latitud Norte y $96^{\circ}04'22''$ longitud Oeste (Fig. 1).

Este arrecife mide aproximadamente 1100 m de largo por 750 m de ancho y en su extremo sur presenta un pequeño cayo, de 225 m de longitud por 125 m de anchura, conocido por los lugareños como Isla Verde (Horta-Puga, 1982).

La plataforma arrecifal tiene profundidades que oscilan entre 0.5 y 2.0 m aproximadamente, ésta se encuentra constituida por arena de

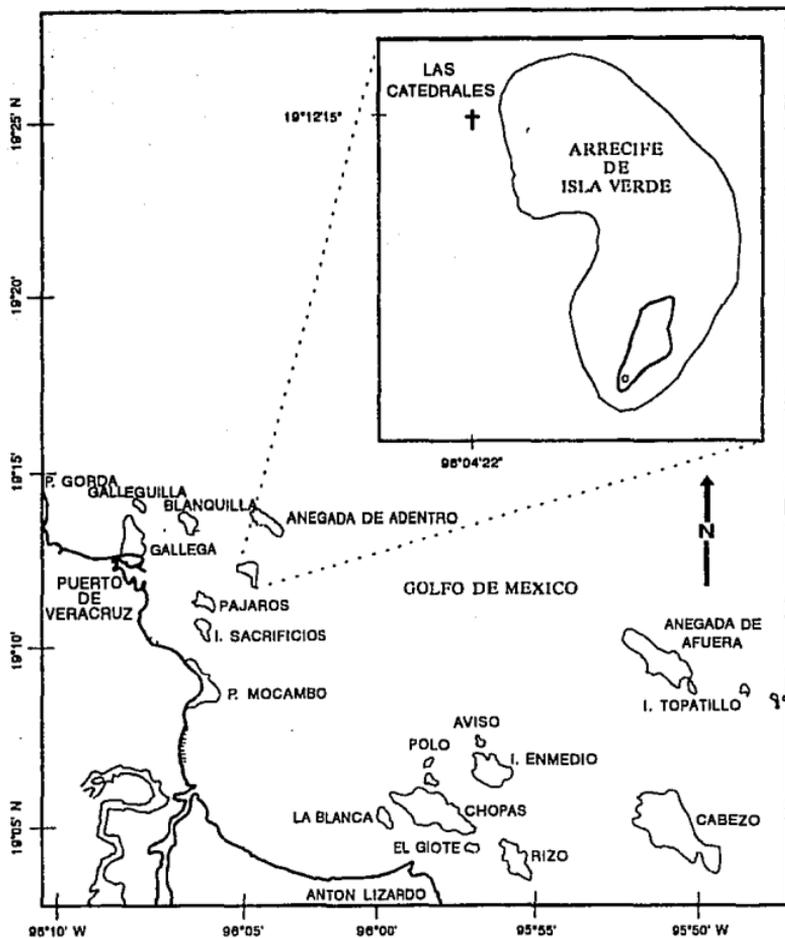


Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

origen coralino y restos de moluscos principalmente. Hay pequeños parches de *Thalassia testudinum* (ceibadales o pastos marinos), zonas de coral y zonas de restos esqueléticos de coral.

En los taludes arrecifales, las mayores profundidades van desde los 12 hasta los 27 m en barlovento y de los nueve a los 20 m en sotavento. Las pendientes en estas zonas son variables, desde pendientes suaves que generalmente van inclinándose conforme aumenta la profundidad, hasta paredes abruptas a profundidades entre los 18 y 22 m en barlovento.

Las especies coralinas más frecuentes sobre la plataforma arrecifal son *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Siderastrea radians*, *Porites astreoides* y *P. porites* mientras que en los taludes arrecifales encontramos *Madracis decactis*, *Stephanocoenia michelinii*, *D. clivosa*, *D. strigosa*, *Colpophyllia natans*, *Agaricia agaricites*, *Montastrea annularis* y *M. cavernosa* entre las más conspicuas.

El clima de la zona, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) es Aw", (w) (i') que corresponde a un clima tropical subhúmedo con lluvias predominantes en verano y temperatura media anual mayor a los 18 °C, con una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C.

Las temperaturas mínimas del agua son más bajas en enero con 19.8°C

y más altas en agosto con 31.0 °C y la salinidad media anual es de 34.5 partes por mil (Grivel-Piña, 1979).

La mayor parte del año los vientos dominantes son del noreste y el este, aunque pueden ser del sureste durante el verano; de octubre a marzo se presentan de 15 a 20 invasiones de aire polar conocidas como "Nortes", estas tiene una duración de dos a seis días cada una y presentan velocidades del viento entre 12 y 45 km/hr, con rachas hasta de 110 y 120 km/hr (Datos proporcionados por el Centro de Previsión del Golfo de México.- S.A.R.H.-Comisión Nacional del Agua.- Servicio Meteorológico Nacional, para 1990-1991).

Los arrecifes del SAV tienen un origen posglacial (Kühlmann, 1975) y crecen sobre una plataforma somera que emergió hace 9,000 a 10,000 años (Morelock y Koenig, 1967). El SAV se encuentra dividido en dos porciones, la norte y la sur, por la desembocadura del Río Jamapa-Atoyac, en general la porción sur presenta un mayor desarrollo arrecifal, con arrecifes mas grandes y vigorosos; esto puede deberse a que los sedimentos y materia orgánica, que provienen del Río Jamapa-Atoyac, se depositan preferentemente hacia el norte de su desembocadura dadas las corrientes locales predominantes (Hernández-Rosario y Tinoco-Blanco, 1988).

METODOLOGIA

TRABAJO DE CAMPO:

Se estableció una estación de estudio en el talud de sotavento del Arrecife de Isla Verde, Ver., en el lugar conocido por los lugareños como "Las Catedrales"; en dicha estación se localizaron puntos de muestreo siguiendo isobatas cada tres metros hasta los 18 m de profundidad, que es la parte inferior de la masa arrecifal donde se encontraron corales vivos (Fig. 1).

Se hicieron 10 colectas: el 23 de marzo, 2 de mayo, 30 de mayo, 27 de junio, 18 de julio, 29 de agosto, 27 de septiembre y 24 de octubre durante 1990 y 28 de enero y 1° de marzo durante 1991. Durante éstas, en cada punto de muestreo y donde fue posible, se recolectaron tres fragmentos de tres colonias fisiológicamente separadas (Loya, 1978) del coral hermatípico *Montastrea cavernosa*, manualmente con la ayuda de cincel y martillo, utilizando equipo de

buceo autónomo (SCUBA). Los criterios que se siguieron para escoger las colonias de donde se obtuvieron todos los fragmentos utilizados, fueron: 1) las colonias debían tener un aspecto saludable y 2) éstas no deberían presentar interferencia de la luz, causada por algún otro organismo (esponja, escleractinio, gorgonaceo, etc.).

Cada fragmento se trasladó a la superficie en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y una vez en la superficie se colocaron en cubetas con agua marina. Para el transporte de los corales al laboratorio el agua de las cubetas se mantuvo a temperatura ambiente, no permitiendo el contacto directo con los rayos solares, para evitar la expulsión de zooxantelas (Dustan, 1979; Gil-Turnes y Corredor, 1981). En el laboratorio los fragmentos de coral se colocaron en acuarios con agua marina para su posterior procesamiento.

TRABAJO DE LABORATORIO:

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Biología Marina y Química Marina del Instituto de Investigación Oceanográfica del Golfo y Mar Caribe de México (DGON-SECMAR).

a) Separación de tejido.

Los fragmentos de coral se lavaron con agua de mar filtrada (millipore de $0.45 \mu\text{m}$) para retirar cualquier resto de arena o algas de la superficie y evitar cualquier interferencia en las lecturas al espectrofotómetro para las determinaciones de la clorofila a. El tejido de cada coral se separó del esqueleto con agua marina filtrada (millipore de $0.45 \mu\text{m}$) a presión, para lo que se utilizó un aparato de limpieza dental (Teledyne Water Pick); la mezcla de tejido y agua marina (blastato) se recolectó en bolsas de polietileno limpias (Johannes y Wiebe, 1970). Los esqueletos libres de tejido se enjuagaron con agua dulce a presión y se etiquetaron para posteriormente determinar el área ocupada por tejido vivo.

El blastato de cada fragmento de coral se homogeneizó utilizando una licuadora de uso casero, en seguida el volumen se midió en una probeta graduada, de éste se tomó una alícuota de 100 ml que se colocó en un frasco de vidrio etiquetado con los datos de recolecta y el volumen de la muestra, posteriormente se le agregó 0.1 gr de MgCO_3 para evitar la desnaturalización de la clorofila (Golterman, 1978; Lorenzen y Jeffrey, 1978).

b) Aislamiento del contenido intracelular de clorofila a.

Para el aislamiento de la clorofila a se tomó una alícuota de 10 ml de cada una de las muestras de blastato previamente tomadas, al

resto se le agregaron cuatro mililitros de formol y se conservó para el posterior conteo de zooxantelas. Estos 10 ml se centrifugaron durante cinco minutos a 5000 rpm, se eliminó el sobrenadante y se resuspendió la pastilla en 10 ml de acetona grado reactivo. El resuspendido se vertió en Tubos Nessler etiquetados y cubiertos con papel aluminio para evitar la entrada de luz y por lo tanto la activación de la clorofila (Lorenzen y Jeffrey, 1978). Los tubos se mantuvieron en refrigeración de 24 h (mínimo) a 48 h (máximo), tiempo necesario para la extracción total de la clorofila (Lorenzen y Jeffrey, 1978).

Posteriormente cada una de las muestras fué filtrada con papel Whatman 40, con el fin de eliminar todos los restos esqueléticos presentes y evitar cualquier interferencia en las lecturas al espectrofotómetro para las determinaciones de la clorofila a (Beltrán-Torres, 1991). Cada muestra se cuantificó a través de absorbancias a 630 y 663 nm, coeficientes de extinción de la clorofila a (Jeffrey y Humphrey, 1975; Dustan, 1979; Gil-Turnes y Corredor, 1981), en un espectrofotómetro de doble haz marca Perkin-Elmer (Coleman 124); con estos datos se obtuvieron las concentraciones de clorofila a utilizando las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975).

c) **Conteo de zooxantelas y determinación del área ocupada por tejido vivo en los esqueletos coralinos.**

Cada una de las muestras de blastato fijadas con formol fué

homogeneizada nuevamente antes de iniciar el conteo de zooxantelas, el cual se hizo de la siguiente manera: de cada muestra se tomaron 10 alícuotas en un hemocitómetro con la ayuda de una Pipeta Pasteur, para contar los simbioses por observación directa bajo el microscopio óptico (400X) auxiliándose de un contador de mano.

Para la determinación del área ocupada por tejido en las muestras esqueléticas del coral se utilizó la técnica de la hoja de aluminio (Marsh, 1970), la cual consiste en colocar papel aluminio cubriendo sólo la zona del esqueleto ocupada anteriormente por tejido, transfiriéndola a papel milimétrico para su medición en cm². Posteriormente, los esqueletos fueron integrados a la Colección de Corales del Instituto de Investigaciones Oceanográficas del Golfo y Mar Caribe de México (DGON-SECMAR).

TRABAJO DE GABINETE:

a) Determinación de la densidad de zooxantelas por unidad de área.

El número de células algales por cm² se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$DZ = ((\text{Cont} * \text{Vol}) / 0.0001) / \text{Area}$$

Donde:

DZ = Densidad algal por unidad de área.

Cont = Conteo de zooxantelas para cada alícuota en el hemocitómetro.

Vol = Volumen de blastato obtenido después de la extrusión de tejido, en mililitros.

0.0001 = Volumen conocido de la cámara de conteo del hemocitómetro, en mililitros.

Area = Area ocupada por tejido vivo en el esqueleto, en centímetros cuadrados.

Dado que para cada muestra se hicieron 10 conteos de zooxantelas al hemocitómetro, de esta variable se obtuvieron 10 valores por ejemplar recolectado.

b) Determinación de la concentración de clorofila a por unidad de área.

Para hacer esta determinación fué necesario conocer primero la concentración de clorofila a en el total de la muestra de blastato, para lo que se utilizó la ecuación de Jeffrey y Humphrey (1975):

$$[Cl-a] = (11.43 * E663) - (0.64 * E630)$$

Donde:

[Cl-a] = Concentración de clorofila a, en $\mu\text{g/ml}$.

11.43 y 0.64 = Constantes.

E663 = Coeficiente de extinción a 663 nm.

E630 = Coeficiente de extinción a 630 nm.

El valor de [Cl-a] se substituyó en la siguiente fórmula:

$$ClA = ([Cl-a] * Vol) / Area$$

Donde:

ClaA = Concentración del pigmento por cm², en µg/cm²

Para esta variable se obtuvo sólo un dato por muestra.

c) Determinación de la concentración de clorofila a por zooxantela.

Para esta determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ClaZ} = [\text{Cl-a}]/(\text{Cont}/0.0001)$$

Donde:

ClaZ = Concentración del pigmento por zooxantela, en µg/zoox.

Dado que para la obtención de esta variable también se ocuparon los conteos de zooxantelas al hemocitómetro, se obtuvieron 10 valores para la misma por muestra.

d) Análisis de datos.

Con ayuda del programa de estadísticos para PC y compatibles STATGRAPHICS (Statistical Graphic System 3.0) se construyó una matriz de datos con el fin de poder visualizar la totalidad de éstos, así como para poder tener fácil acceso a ellos y simplificar su procesamiento.

Estos datos se analizaron con métodos gráficos, que son una de las herramientas más utilizadas dentro de la estadística (Curts et

al., 1987) y permitieron visualizar fácilmente el comportamiento de los mismos; a su vez la representación gráfica facilitó la elección de otros métodos numéricos para completar el análisis de los datos obtenidos.

Para observar la distribución de los 10 conteos de zooxantelas realizados en el hemocitómetro por muestra y de cada una de las variables obtenidas se construyeron diagramas de Cajas en Paralelo (Tukey, 1977), con la finalidad de localizar y desechar los puntos fuera de la distribución normal (puntos aberrantes) y que afectaran los cálculos realizados a partir de cada variable. Estos casos se desecharon por ser atribuibles a errores metodológicos. En las figuras 2 y 3 se ejemplifican Diagramas de Cajas en Paralelo con los puntos aberrantes señalados.

Posteriormente se aplicó un Análisis de Varianza de una Vía (ANDEVA) con la finalidad de contar con otro método numérico para comprobar la existencia de diferencias entre cada una de las variables por profundidad para cada mes y por mes para cada profundidad, la exclusión de puntos aberrantes se hizo dada la sensibilidad de este estadístico a la presencia de los mismos, esto contemplando el siguiente modelo experimental:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta expresada como densidad

algal y concentración de clorofila a por zooxantela o por cm^2 .

μ = Gran media poblacional.

r_j = Efecto de la profundidad con $j = 3, 6, 9, 12, 15$ y 18 metros o del mes con $j =$ marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre de 1990 y enero y febrero de 1991.

ϵ_{ij} = Error experimental con DNI ($0, s^2$).

Los intervalos de confianza de la media para cada profundidad o mes fueron del 95%, utilizando el criterio de la Diferencia Mínima Significativa Real (DMSR) de Tukey (1977) y se graficaron los intervalos de confianza de la media de cada variable. Con la finalidad de encontrar grupos homogéneos se aplicó un Análisis de Rango Múltiple, con el criterio DMSR al 95% de confianza.

Por último se aplicaron Análisis de Regresión de las concentraciones de clorofila a por célula y por centímetro cuadrado en función de la densidad poblacional de zooxantelas, para observar las relaciones entre estas variables.

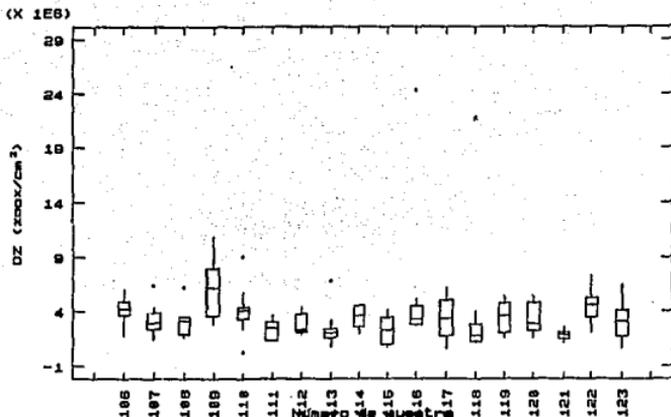


Fig. 2. Diagrama de Cajas en Paralelo de la densidad poblacional de zoocantela para cada una de las muestras recolectadas en septiembre de 1990.

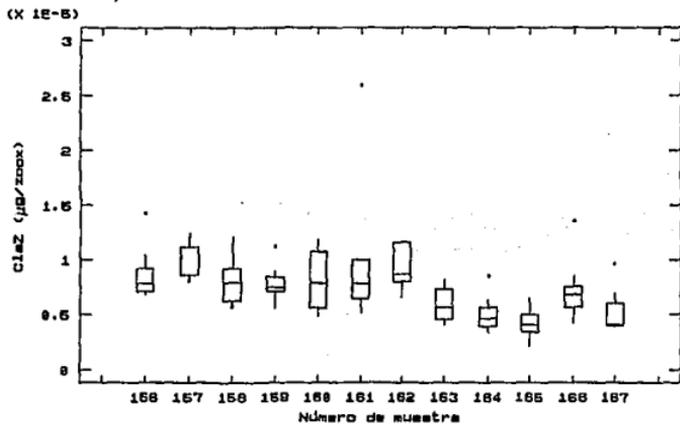


Fig. 3. Diagrama de Cajas en Paralelo de la concentración de clorofila a por zoocantela para cada una de las muestras recolectadas en febrero de 1991.

RESULTADOS

Se recolectaron un total de 167 especímenes del coral escleractinio hermatípico *Montastrea cavernosa* en el Arrecife de Isla Verde, Ver. (Tablas 1, 6 y 9).

Los resultados se exponen por separado para cada variable y a su vez, primero por mes de colecta en función de cada profundidad y después por profundidad en función de cada mes de muestreo.

DENSIDAD DE ZOOXANTELAS POR CM².

En la tabla 1 se presentan las medias con sus desviaciones estándar para la densidad algal, por profundidad y por mes de colecta. Se aprecia que el mayor promedio de la densidad de zooxantelas correspondió a los 3 m de profundidad en marzo de 1990 (5.84×10^6 zoox/cm²), mientras que el menor fué a los 9 m en octubre de 1990 (1.87×10^6 zoox/cm²). Se observa alta variabilidad tanto por mes

como por profundidad de colecta y solo en marzo de 1990 existe cierta tendencia a la disminución del número de zooxantelas por unidad de área con el aumento de la profundidad hasta los 15 m, incrementándose levemente a los 18 m.

Tabla 1. Medias y desviaciones estándar de la media de la densidad poblacional de zooxantelas (cel/cm² x 10⁴), por mes y por profundidad de colecta.

Prof (m)	1990									1991	
	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	enero	febrero	
3	Y: 5.84 DS: 2.24 n: 3	Y: 2.50 DS: 1.02 n: 3	Y: 3.22 DS: 1.31 n: 3	Y: 4.75 DS: 1.10 n: 3	Y: ---- DS: ---- n: 3	Y: 2.98 DS: 0.67 n: 3	Y: 3.30 DS: 0.89 n: 3	Y: ---- DS: ---- n: 3	Y: 5.82 DS: 0.26 n: 3	Y: ---- DS: ---- n: 3	
6	Y: 3.68 DS: 0.81 n: 3	Y: 3.25 DS: 0.43 n: 3	Y: 4.17 DS: 2.01 n: 3	Y: 4.52 DS: 1.07 n: 3	Y: 4.83 DS: 1.83 n: 3	Y: 4.47 DS: 1.46 n: 3	Y: 4.24 DS: 1.88 n: 3	Y: 0.91 DS: 0.73 n: 3	Y: 3.47 DS: 1.05 n: 3	Y: ---- DS: ---- n: 3	
9	Y: 2.52 DS: 1.70 n: 3	Y: 2.52 DS: 1.25 n: 3	Y: 3.21 DS: 2.41 n: 3	Y: 3.45 DS: 1.11 n: 3	Y: 2.18 DS: 1.88 n: 3	Y: 0.67 DS: 0.59 n: 3	Y: 2.68 DS: 0.93 n: 3	Y: 1.97 DS: 1.72 n: 3	Y: 2.71 DS: 0.48 n: 3	Y: 2.24 DS: 0.43 n: 3	
12	Y: 2.78 DS: 0.47 n: 3	Y: 3.18 DS: 0.31 n: 3	Y: 3.54 DS: 0.11 n: 3	Y: 3.82 DS: 2.38 n: 3	Y: 3.37 DS: 0.99 n: 3	Y: 2.11 DS: 1.08 n: 3	Y: 2.04 DS: 0.69 n: 3	Y: 3.21 DS: 0.85 n: 3	Y: 2.72 DS: 0.21 n: 3	Y: 2.82 DS: 0.62 n: 3	
15	Y: 2.84 DS: 0.75 n: 3	Y: 2.93 DS: 0.96 n: 3	Y: 4.88 DS: 1.57 n: 3	Y: 3.48 DS: 1.12 n: 3	Y: 3.99 DS: 1.36 n: 3	Y: 3.77 DS: 1.18 n: 3	Y: 2.34 DS: 0.77 n: 3	Y: 2.45 DS: 0.75 n: 3	Y: 3.21 DS: 0.61 n: 2	Y: 3.38 DS: 0.67 n: 3	
18	Y: 2.59 DS: 1.44 n: 3	Y: 3.54 DS: 0.61 n: 3	Y: 3.87 DS: 1.02 n: 3	Y: 3.37 DS: 1.49 n: 3	Y: 4.12 DS: 0.78 n: 3	Y: 3.56 DS: 1.16 n: 3	Y: 2.13 DS: 1.33 n: 3	Y: 2.11 DS: 0.22 n: 3	Y: 2.79 DS: 1.21 n: 3	Y: 2.75 DS: 1.66 n: 3	

a) Meses

Se determinaron diferencias significativas para esta variable entre las profundidades en marzo de 1990 (ANDEVA, P=0.04, Tabla 2) y enero de 1991 (ANDEVA, P=0.02, Tabla 3). En el primer caso se observó una tendencia a la disminución de la densidad algal al

aumentar la profundidad (Fig. 4). Esta tendencia no fué tan clara ya que el Análisis de Rango Múltiple (Tabla 4), mostró dos grupos de profundidad interconectados en los seis metros, el primero y de mayores densidades, formado por los 3 m de profundidad y el segundo por los 15, 18, 12 y 9 m. En este último grupo a los 15 m de profundidad la densidad de células fué menor que a los 18 m. En el caso de enero de 1991, al analizar en conjunto la gráfica de medias con sus intervalos de confianza (Fig. 5) y el Análisis de Rango Múltiple (Tabla 5), se observó que estas diferencias no estaban dadas por alguna influencia dirigida por la profundidad, ya que a los 9 y 12 m hubo menores densidades que a los 18 y 15 m.

b) Profundidades

En ninguna de las profundidades de muestreo se calcularon diferencias significativas para la variable entre los meses (ANDEVA).

Tabla 2. ANDEVA de la densidad poblacional de zooxantelas en función de la profundidad en marzo de 1990.

Fuente de variación	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Entre grupos	2.71×10^{13}	5	5.43×10^{12}	3.34	0.04
Dentro grupos	1.95×10^{13}	12	1.62×10^{12}		
Total (corregido)	4.66×10^{13}	17			

Tabla 3. ANDEVA de la densidad poblacional de zooxantelas en función de la profundidad en enero de 1991.

Fuente de Variación	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Entre grupos	1.18×10^{13}	5	2.35×10^{12}	4.23	0.02
Dentro grupos	6.12×10^{12}	11	5.56×10^{11}		
Total (corregido)	1.79×10^{13}	16			

Tabla 4. Análisis de Rango Múltiple de la densidad poblacional de zooxantelas en función de la profundidad en marzo de 1990.

Prof. (m)	Tamaño de muestra	Promedio zoox/cm ²	Grupos homogéneos
15	3	2.04×10^6	*
18	3	2.59×10^6	*
12	3	2.70×10^6	*
9	3	3.52×10^6	*
6	3	3.68×10^6	**
3	3	5.84×10^6	*

Tabla 5. Análisis de Rango Múltiple de la densidad poblacional de zooxantelas en función de la profundidad en enero de 1991.

Prof. (m)	Tamaño de muestra	Promedio zoox/cm ²	Grupos homogéneos
9	3	2.70×10^6	*
12	3	2.72×10^6	*
18	3	2.79×10^6	*
15	3	3.21×10^6	*
6	3	3.47×10^6	*
3	3	5.02×10^6	*

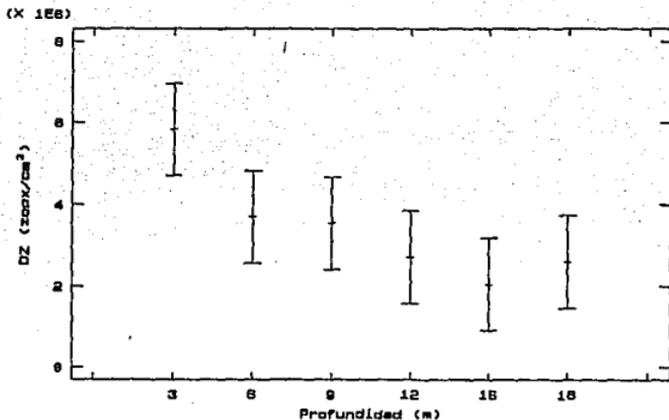


Fig. 4. Medias e intervalos de confianza de la media, al 95% y con el criterio DMSR, de la densidad poblacional de sooxantelas en función de la profundidad de colecta en marzo de 1990.

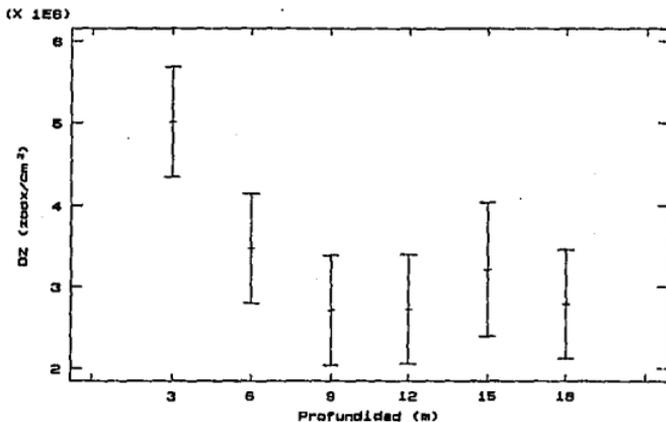


Fig. 5. Medias e intervalos de confianza de la media, al 95% y con el criterio DMSR, de la densidad poblacional de sooxantelas en función de la profundidad de colecta en enero de 1991.

CONTENIDO INTRACELULAR DE CLOROFILA A.

CONCENTRACION DE CLOROFILA A POR CM².

En la tabla 6 se presentan las medias con sus desviaciones estándar para la concentración de clorofila a por unidad de área, por profundidad y por mes de colecta. Se aprecia que el mayor promedio de la concentración del pigmento por cm² correspondió a los 3 m de profundidad en marzo de 1990 (45.37 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), mientras que el menor fué a los 9 m en enero de 1991 (13.41 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Se observa alta variabilidad tanto por mes como por profundidad de colecta, sin que se aprecie en la tabla ningún tipo de tendencia.

Tabla 6. Medias y desviaciones estándar de la media de las concentraciones de clorofila-a por cm² ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), por mes y por profundidad de colecta.

Prof (m)	1990								1991	
	marzo	abril	mayo	junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	enero	febrero
3	Y= 45.37 DS= 17.29 n= 3	21.25 10.91 3	40.56 18.11 3	29.15 10.39 3	-----	21.10 10.30 3	18.33 5.33 3	-----	18.19 3.82 3	-----
6	Y= 25.84 DS= 4.78 n= 3	30.84 8.49 3	37.82 9.19 3	22.89 2.77 3	31.33 15.33 3	26.82 10.30 3	27.91 27.34 3	23.52 2.43 3	14.77 4.82 3	-----
9	Y= 35.66 DS= 12.89 n= 3	34.32 4.65 3	32.81 3.55 3	17.74 3.44 3	23.75 12.15 3	23.30 13.34 3	16.84 3.26 3	13.47 4.51 3	13.41 2.60 3	18.72 4.33 3
12	Y= 17.65 DS= 2.91 n= 3	32.12 10.05 3	32.32 7.47 3	25.11 12.33 3	23.33 3.20 3	16.90 6.32 3	24.24 14.32 3	21.13 4.63 3	17.05 2.42 3	21.33 3.34 3
18	Y= 19.33 DS= 8.32 n= 3	32.17 6.45 3	35.40 8.25 3	30.60 22.19 3	29.35 2.35 3	31.66 10.12 2	17.42 3.81 3	14.93 3.74 3	32.67 47.75 3	13.44 6.92 3

a) Meses

En ninguno de los meses de muestreo se señalaron diferencias significativas para la variable entre las profundidades (ANDEVA).

b) Profundidades

La única profundidad que mostró diferencias significativas entre los meses fué la de nueve metros (ANDEVA, $P=0$, Tabla 7). El análisis de la gráfica de medias con sus intervalos de confianza (Fig. 6), junto con el Análisis de Rango Múltiple (Tabla 8), definió que estas diferencias no estaban dadas por alguna influencia dirigida por el mes de colecta, ya que los grupos formados no siguieron ningún patrón.

Tabla 7. ANDEVA de la concentración de clorofila-a por cm^2 en función del mes de colecta a la profundidad de nueve metros.

Fuente de variación	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Entre grupos	1962.01	9	218.00	3.54	0
Dentro grupos	1230.53	20	61.53		
Total (corregido)	3192.54	29			

Tabla 8. Análisis de Rango Múltiple de la concentración de clorofila-a por centímetro cuadrado en función del mes de colecta a la profundidad de nueve metros.

Mes-año	Tamaño de muestra	Promedio $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Grupos homogéneos
ene-91	3	13.40	*
oct-90	3	13.47	*
sep-90	3	16.64	*
Jun-90	3	17.74	*
feb-91	3	18.79	*
ago-90	3	23.30	**
Jul-90	3	23.75	**
may-90	3	32.81	*
abr-90	3	34.32	*
mar-90	3	35.66	*

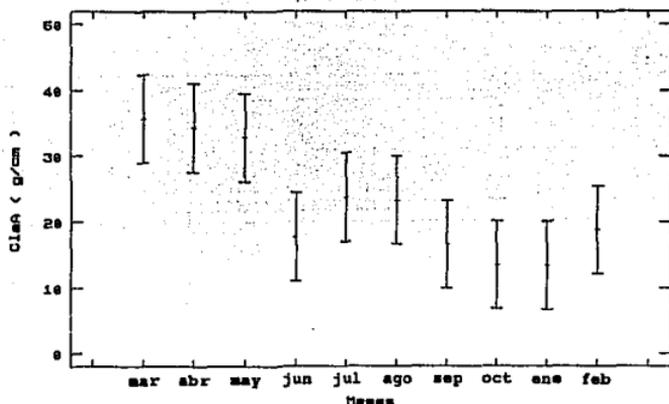


Fig. 6. Medias e intervalos de confianza de la media, al 95% y con el criterio DMSR, de la concentración de clorofila a por unidad de área en función del mes de colecta a la profundidad de nueve metros.

CONCENTRACION DE CLOROFILA A POR ZOOXANTELA.

En la tabla 9 se presentan las medias con sus desviaciones estándar para la concentración de clorofila a por zooxantela, por profundidad y por mes de colecta. Se aprecia que el mayor promedio de la concentración del pigmento por célula correspondió a los 15 m de profundidad en marzo de 1990 (33.43 $\mu\text{g}/\text{zoox} \times 10^{-6}$), mientras que el menor fué a los 3 m en enero de 1991 (4.23 $\mu\text{g}/\text{zoox} \times 10^{-6}$). Se observa alta variabilidad tanto por mes como por profundidad de colecta, sin que se pueda apreciar en la tabla ningún tipo de tendencia.

Tabla 9. Medias y desviaciones estándar de la media de las concentraciones de clorofila-a por zooxantela ($\mu\text{g}/\text{zoox} \times 10^{-6}$), por mes y por profundidad de colecta.

Prof (m)	1990								1991	
	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	enero	febrero
3	Y: 6.23 DS: 3.03 n: 3	6.82 2.14 3	15.24 11.24 3	5.71 0.44 3	-----	6.98 0.66 3	5.77 0.65 3	-----	4.23 0.58 3	-----
6	9.32 1.05 3	9.29 2.58 3	12.81 5.18 3	5.98 1.27 3	7.59 3.13 3	6.88 0.48 3	6.31 4.53 3	13.17 3.33 3	4.52 1.05 3	-----
9	10.19 1.68 3	26.44 23.94 3	12.49 7.97 3	6.29 0.47 3	11.20 4.13 3	8.43 3.14 3	6.96 3.28 3	6.88 3.76 3	6.78 1.19 3	8.48 0.32 3
12	7.86 2.18 3	13.98 7.26 3	14.01 2.53 3	7.91 1.43 3	22.19 23.46 3	7.25 3.05 3	9.64 4.48 3	7.53 1.47 3	7.28 0.28 3	7.88 0.26 3
15	33.43 37.78 3	13.38 3.05 3	8.80 1.52 3	10.44 6.59 3	6.98 5.32 3	6.39 3.25 3	6.54 1.82 3	4.92 1.16 3	5.96 0.68 3	6.61 2.34 3
18	10.55 2.82 3	10.83 2.25 3	8.00 1.78 3	10.17 7.68 3	7.87 1.14 3	8.68 1.59 2	6.53 2.52 3	7.21 2.21 3	11.84 11.09 3	5.03 1.26 3

a) Meses

Octubre de 1990 fué el único mes de diferencias significativas para esta variable entre las profundidades (ANDEVA, P=0.03, Tabla 10). Las medias con sus intervalos de confianza (Fig. 7) mostraron una tendencia a la disminución de la concentración del pigmento por célula algal al aumentar la profundidad. Esta tendencia no fué tan clara según el Análisis de Rango Múltiple (Tabla 11), que mostró dos grupos de profundidad interconectados en los 9 m, el primero y de mayores concentraciones, formado por los 6 m y el segundo por los 15, 18 y 12 m. La tendencia no fué clara ya que a los 15 m la concentración fué menor que a los 18 m.

Tabla 10. ANDEVA de la concentración de clorofila-a por zooxantela en función de la profundidad en octubre de 1990.

Fuente de variación	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Entre grupos	1.12×10^{-10}	4	2.79×10^{-11}	4.14	0.03
Dentro grupos	6.74×10^{-11}	10	6.74×10^{-12}		
Total (corregido)	1.79×10^{-10}	14			

Tabla 11. Análisis de Rango Múltiple de la concentración de clorofila-a por zooxantela en función de la profundidad en octubre de 1990.

Prof. (M)	Tamaño de muestra	Promedio $\mu\text{g}/\text{zoox}$	Grupos homogéneos
15	3	4.92×10^{-6}	*
18	3	7.21×10^{-6}	*
12	3	7.53×10^{-6}	*
9	3	8.88×10^{-6}	**
6	3	1.32×10^{-5}	*

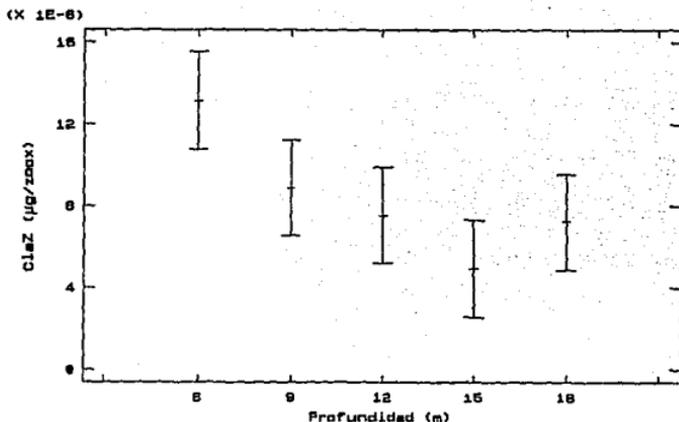


Fig. 7. Medias e intervalos de confianza de la media, al 95% y con el criterio DMSR, de la concentración de clorofila a por soxantela en función de la profundidad de colecta en octubre de 1990.

b) Profundidades

La única profundidad de diferencias significativas entre los meses fué la de seis metros (ANDEVA, $P=0.02$, Tabla 12). Las medias con sus intervalos de confianza (Fig. 8) y el Análisis de Rango Múltiple (Tabla 13), señalaron que estas diferencias no estaban dadas por alguna influencia dirigida por el mes de colecta, ya que los grupos formados no siguieron ningún patrón.

Tabla 12. ANDEVA de la concentración de clorofila-a por zooxantela en función del mes de colecta a la profundidad de seis metros.

Fuente de variación	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Entre grupos	2.23×10^{-10}	8	2.79×10^{-11}	3.19	0.82
Dentro grupos	1.57×10^{-10}	18	8.75×10^{-12}		
Total (corregido)	3.80×10^{-10}	26			

Tabla 13. Análisis de Rango Múltiple de la concentración de clorofila-a por zooxantela en función del mes de colecta a la profundidad de seis metros.

Mes-año	Tamaño de muestra	Promedio $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Grupos homogéneos
ene-91	3	4.52×10^{-6}	*
ago-90	3	5.98×10^{-6}	*
Jun-90	3	5.98×10^{-6}	*
sep-90	3	6.31×10^{-6}	*
Jul-90	3	7.59×10^{-6}	*
mar-90	3	8.32×10^{-6}	**
abr-90	3	9.29×10^{-6}	**
may-90	3	1.28×10^{-5}	*
oct-90	3	1.32×10^{-5}	*

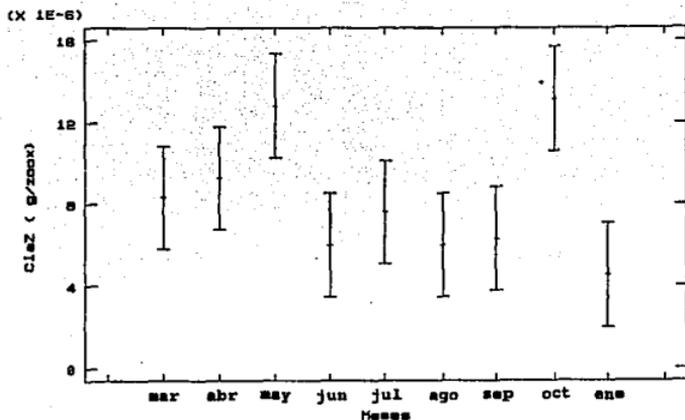


Fig. 8. Medias e intervalos de confianza de la media, al 95% y con el criterio DMSR, de la concentración de clorofila a por zooxantela en función del mes de colecta a la profundidad de seis metros.

RELACION ENTRE LAS VARIABLES.

La concentración de clorofila a por centímetro cuadrado incrementó con el aumento en la densidad de zooxantelas y la cantidad de este pigmento por célula disminuyó al aumentar el número de simbioses. El Análisis de Regresión de la concentración del pigmento en función de la densidad y el de la cantidad del mismo por célula, también en función del número de zooxantelas, se resumen en las figuras 9 y 10, respectivamente.

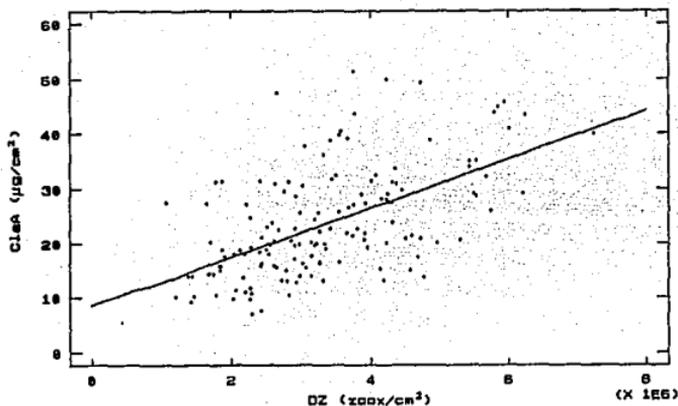


Fig. 9. Línea de regresión de la concentración de clorofila a por unidad de área en función de la densidad de zoocantelas; ($C1aA = 8.6 + (4.46 \times 10^{-4} * DZ)$, $r = 0.56$, $P = 0$)

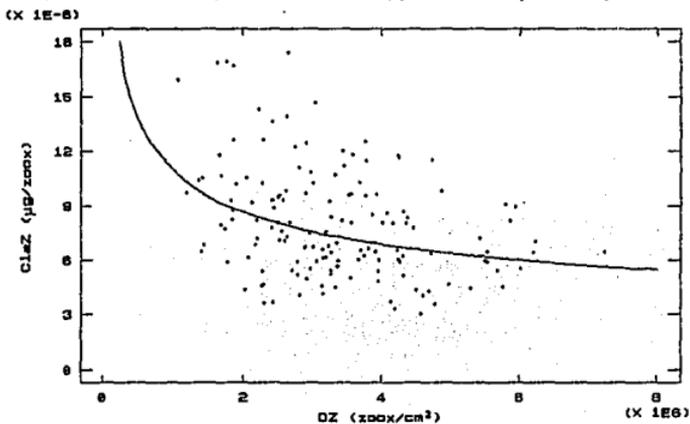


Fig. 10. Línea de regresión de la concentración de clorofila a por zoocantela en función de la densidad de zoocantelas; ($C1aZ = 1.34 \times 10^7 * DZ^{-2.33}$, $r = -0.34$, $P = 0$).

DISCUSION

DENSIDAD DE ZOOXANTELAS POR CM².

Los cambios en la densidad poblacional de zooxantelas en los tejidos de varias especies de escleractinios en relación con la profundidad se han discutido en la literatura por varios autores, sin discernir, en la mayoría de los casos, entre la influencia de las variaciones en la intensidad luminosa y otros factores relacionados con la profundidad (Drew, 1972; Dustan, 1979; Titlyanov et al., 1980; Zvalinskii et al., 1980; Falkowski y Dubinsky, 1981; McCloskey y Muscatine, 1984; Kinsie et al., 1984; Vareschi y Fricke, 1986).

Entre los trabajos pioneros a este respecto, se encuentra el de Drew (1972), quien señaló asociación entre el número de células algales con el área del pólipos coralino, sin que la intensidad luminosa y la profundidad mostraran influencia, por lo que sugirió

que la densidad de zooxantelas es regulada por el coral hospedero. Por otro lado, Dustan (1979) observó un decremento en la densidad algal con el aumento de la profundidad en *Montastrea annularis* y describió un arreglo de multicapa en las zooxantelas de los corales de aguas someras y uno de monocapa en los de aguas mas profundas.

En el presente estudio la densidad de zooxantelas en *M. cavernosa*, no varió ni en función de la profundidad/mes, ni del mes/profundidad. Sólo en marzo de 1990 el número de zooxantelas por unidad de área varió directamente influenciado por la profundidad. En enero de 1991, se detectaron diferencias, pero no hubo un patrón claro que respondiera a este factor. La estación de muestreo se localizó en el talud de sotavento, esta zona del arrecife se caracteriza por presentar gran cantidad de sólidos en suspensión, que impiden una buena penetración de la luz, esto podría servir de indicio para explicar, al combinarlo con la misma profundidad, la relativa constancia de la densidad algal durante los 10 meses de colecta y el patrón observado en marzo de 1990.

Durante los siete días antes del muestreo, incluyendo el día de colecta, para marzo de 1990, se registró una temperatura ambiente promedio de 22.7 °C, una insolación promedio de 6 hrs 40 min, con días de hasta 9 y 10 hrs de insolación y vientos frescos a fuertes del Norte de 32.7 a 45 K.P.H., con rachas violentas de hasta 76.7 K.P.H. (los vientos mas fuertes registrados para cada colecta) (Datos proporcionados por el Centro de Previsión del Golfo de

México.- S.A.R.H.- Comisión Nacional del Agua.- Servicio Meteorológico Nacional). Esta combinación de factores meteorológicos no se observó en ninguno de los otros meses de colecta y probablemente, en marzo de 1990, se reflejó en aguas claras, templadas y con buena penetración de luz, lo que permitió que la densidad algal respondiera claramente en función de la profundidad, con un esquema de multicapa (5.84×10^5 células/cm² a los 3 m) para aguas someras y de monocapa (2.04×10^6 células/cm² a los 15 m) para aguas mas profundas (Dustan, 1979).

CONTENIDO INTRACELULAR DE CLOROFILA A.

La concentración de pigmentos clorofílicos en la zooxantelas se incrementa al decrecer la intensidad luminosa (McCloskey y Muscatine, 1984; Berner et al., 1987; Falkowski et al., 1984). Este incremento permite a las colonias más profundas aumentar su capacidad de captación de luz (Gatusso, 1985; Dubinsky et al., 1984) como una analogía a las plantas de luz y sombra en las comunidades vegetales terrestres (Wetthey y Porter, 1976; Falkowski y Dubinsky, 1981; Chang et al., 1983).

Esta tendencia no fué observada en ninguno de los meses de colecta; el pigmento por unidad de área y por zooxantela no varió ni en función de la profundidad/mes ni del mes/profundidad, incluso en aquellos meses o profundidades en donde se señalaron diferencias.

Es posible que existieran otros factores, que no fueron detectados en el presente estudio, que hayan influido sobre la concentración de clorofila a.

RELACION ENTRE LAS VARIABLES.

Existe relación entre la concentración de clorofila a por unidad de área y por célula con la densidad algal (Hoegh-Guldberg y Smith, 1989; Muscatine et al., 1989; Carricart-Ganivet y Beltrán-Torres, 1993). En el presente estudio la concentración del pigmento/cm² aumentó junto con la densidad poblacional de zooxantelas (Fig. 9). En tendencia opuesta, la concentración de la clorofila a por célula simbiote disminuyó con el aumento de la densidad algal (Fig. 10). Estas tendencias han sido referidas anteriormente para zooxantelas de escleractinios en la literatura, en *Seriatopora hystrix* (Hoegh-Guldberg y Smith 1989), en *Stylopora pistillata* (Muscatine et al., 1989) y en *M. cavernosa* (Beltrán-Torres, 1991; Carricart-Ganivet y Beltrán-Torres, 1993).

La cantidad de clorofila a por unidad de área presentó una correlación baja con la densidad algal. Correlaciones bajas entre estas dos variables han sido señaladas como indicativo de la influencia del autosombreo causado por las mismas células simbiotes (Hoegh-Guldberg y Smith, 1989; Muscatine et al., 1989). Por otro lado, la correlación obtenida en el presente estudio entre

la concentración del pigmento por célula algal y la densidad de zooxantelas también fué baja. A este respecto Muscatine et al. (1989) señalan que correlaciones bajas entre estos dos parámetros son indicativas de una disminución en la disponibilidad de nitrógeno inorgánico, causada esta por el aumento en el número de células por centímetro cuadrado; se ha comprobado que este nutriente es limitante del crecimiento poblacional de las zooxantelas y de la producción de pigmentos clorofilicos (Meyer y Schultz 1985a, 1985b; Smith y Muscatine, 1986; Cook y D'Elia, 1987; Cook et al., 1988).

Carricart-Ganivet y Beltrán-Torres (1993) registraron correlaciones alta y baja, respectivamente para la concentración de clorofila a/cm^2 y para la concentración del pigmento/zooxantela en función de la densidad algal en *M. cavernosa* en el arrecife de Triángulos-W, Banco de Campeche. Estos autores señalaron que es probable que la disponibilidad de nitrógeno controle estos parámetros en la especie en dicho arrecife. En el arrecife de Isla Verde, además de la disponibilidad de nitrógeno, el autosombreo juega también un papel importante en la dinámica poblacional de las zooxantelas de *M. cavernosa*; esto puede deberse a que las densidades algales obtenidas en el presente estudio, son mas altas que las registradas por Carricart-Ganivet y Beltrán-Torres (1993); a este respecto Dubinsky et al. (1990) señalaron que el aumento en la densidad de zooxantelas trae como consecuencia un incremento en el sombreado entre las células simbiotes.

Según Dubinsky et al. (1990), una de las razones que puede causar el aumento en la densidad algal es el enriquecimiento de nutrientes en el medio. Esta situación puede estar ocurriendo en los arrecifes situados frente al Puerto de Veracruz, ya que existen gran cantidad de descargas de aguas negras hacia el mar circundante a estos ecosistemas. Esto se refleja en que los corales de los arrecifes frente al Puerto de Veracruz, están perdiendo en la competencia por espacio contra otros organismos bentónicos, principalmente macroalgas, las cuales crecen mas rápido en ambientes ricos en nutrientes. Se necesitan realizar estudios encaminados a la comprensión de este problema en los ecosistemas arrecifales de Veracruz.

CONCLUSIONES

- La densidad de zooxantelas por unidad de área presentó alta variabilidad, tanto por mes como por profundidad de colecta. Sólo en marzo de 1990 la densidad de células simbiotes se vió afectada por influencia de la profundidad, disminuyendo al aumentar ésta, con un arreglo en multicapa a los 3 m de profundidad (5.84×10^6 células/cm²) y en monocapa a los 15 m (2.04×10^6 células/cm²). Esto se debió probablemente a que las condiciones meteorológicas, que se dieron durante los siete días anteriores a esa colecta, se reflejaron en aguas claras, templadas y con buena penetración de luz.
- Las concentraciones de clorofila a por unidad de área y por zooxantela presentaron alta variabilidad, tanto por mes como por profundidad de colecta. En los casos en los que se observaron diferencias, éstas no siguieron ningún patrón que marcara influencia alguna de la profundidad o del mes.

- La alta variabilidad observada en el presente estudio, en la densidad poblacional algal y las concentraciones de clorofila a por unidad de área y por zooxantela (sin que se observaran tendencias dirigidas por la profundidad o el mes), hace pensar que estas variables respondieron a factores ambientales no detectados en el presente estudio.

- Los cambios en las poblaciones de zooxantelas obedecieron a factores tales como el autosombreo y la disponibilidad de nitrógeno, ya que la concentración de clorofila a por centímetro cuadrado y por célula algal en función del número de simbioses, presentó las mismas tendencias señaladas por otros autores, con correlaciones bajas positiva y negativa, respectivamente.

- Se necesitan realizar estudios encaminados a la comprensión del problema causado por el enriquecimiento de nutrientes en los arrecifes pertenecientes al Sistema Arrecifal Veracruzano, el cual se vió reflejado en el comportamiento de las poblaciones de zooxantelas en *M. cavernosa*.

LITERATURA CITADA

- Beltrán-Torres, A.U. 1991. Distribución de zooxantelas y pigmentos fotosintéticos en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767) en función de la profundidad y zona de colecta en el Arrecife La Blanquilla, Ver. Tesis Profesional. ENEP Iztacala UNAM.
- Berner, T., Y. Achituv, Z. Dubinsky y Y. Benahayu. 1987. Pattern of distribution and adaptation to different irradiance levels of zooxanthellae in the soft coral *Litophiton arboreum* (Octocorallia, Alcyonacea). *Symbiosis*, 3: 23-40.
- Blank, J.R. y R.K. Trench. 1985. *Symbiodinium microadriaticum*, A single species?. *Biol. Sci. and Mar. Sci. Inst.*, 6: 113-117.
- Bravo-Ruiz, J., J. Camacho-Ruiz y J.P. Carricart-Ganivet. 1989. Composición de especies y zonación de corales escleractinios en el Arrecife La Blanquilla, Veracruz. X Congreso Nacional de Zoología. Programa y resúmenes: 24. México, D.F.
- Carricart-Ganivet, J.P. y A.U. Beltrán-Torres. 1990. Variación morfológica en el esqueleto del coral hermatípico *Montastrea*

cavernosa (Linneo, 1767) en un arrecife veracruzano. VIII Congreso Nacional de Oceanografía, Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sin. Resúmenes.

Carricart-Ganivet, J.P. y A.U. Beltrán-Torres. 1993. Zooxanthellae and Chlorophyll a responses in the scleractinian coral *Montastrea cavernosa* at Triangulos-W Reef, Campeche Bank, Mexico. Rev. Biol. Tropical (en prensa).

Carricart-Ganivet, J.P., A.U. Beltrán-Torres, A.M. Cadena-Vidal, M.A. Román-Vives y E. Partida-Montalvo. 1991. Distribución de zooxantelas y clorofila a en el coral *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767) en función de la profundidad y concentraciones de amonio en el Arrecife de Triángulos-W, Banco Campeche, Méx. XI Congreso Nacional de Zoología. Mérida Yuc. Programa y Resúmenes.

Chalker, B.E. 1981. Simulating light saturation curves for photosynthesis and calcification by reef-building corals. Mar. Biol., 63: 135-141.

Chang, S.S., B.B. Prezelin y R.K. Trench. 1983. Mechanisms of photoadaptation in three strains of the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum*. Mar. Biol., 76: 219-229.

Cook, C.B. y C.F. D'Elia. 1987. Are natural populations of zooxanthellae ever nutrient limited?. Symbiosis, 4: 199-212.

Cook, C.B., C.F. D'Elia y G. Muller-Parker. 1988. Host feeding and nutrient sufficiency for zooxanthellae in the sea anemone

Aiptasia pallida. Mar. Biol., 98: 253-262.

Curts, J.B., L.L. Alcantar y C.X. Chiappa, 1987. Introducción al análisis exploratorio de datos multidimensionales. Ciencias, 11: 30-35.

De la Lanza, E.G. 1965a. Estudio preliminar de algunos factores físicos y químicos de las aguas costeras de Veracruz, Ver. Tesis Profesional. Facultad de Química, UNAM México.

De la Lanza, E.G. 1965b. Algunas características hidrográficas del sistema litoral de Veracruz, Ver. Anales del Instituto de Biología, UNAM., 36(1-2): 47-52.

Drew, E.A. 1972. The biology and physiology of alga-invertebrate symbiosis: II. The density of symbiotic algal cell in a number of hermatypic hard coral and alcyonaceans from various depths. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 8: 71-75.

Dubinsky, Z., N. Stambler, M. Ben-Zion, L.R. McCloskey, L. Muscatine y P.G. Falkowski. 1990. The effect of external nutrient resources on the optical properties and photosynthetic efficiency of *Stylophora pistillata*. Proc. R. Soc. Lond. B239: 231-246.

Dubinsky, Z., P.G. Falkowski, J.W. Porter y L. Muscatine. 1984. Absorption and utilization of radiant energy by light and shade adapted colonies of the hermatypic coral *Stylophora pistillata*. Proc. R. Soc. Lond., 222: 203-214.

Dustan, P. 1979. Distribution of zooxanthellae and photosynthetic chloroplast pigments of the reef-building coral *Montastrea annularis* Ellis and Solander, in relation to Depth on a West

- Indian Coral Reef. Bull. of Mar. Sci., 29(1):79-95.
- Dustan, P. 1982. Depth dependent photoadaptation by zooxanthellae of the reef coral *Montastrea annularis*. Mar. Biol., 68: 253-264.
- Emery, K.O. 1963. Estudios regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, Mex. Geofísica Internacional, 3(1): 11-17.
- Falkowski, P.G. y Z. Dubinsky. 1981. Light-shade adaptation of *Stylophora pistillata*, a hermatypic coral from the Gulf of Eilat. Nature, 289: 172-174.
- Falkowski, P.G., Z. Dubinsky, L. Muscatine y J.W. Porter. 1984. Light and the bioenergetics of a symbiotic coral. Bioscience, 34: 705-709.
- Fitt, K.W. 1984. The role of chemosensory behavior of *Symbiodinium microadriaticum*, intermediate hosts, and host behavior in the infection of coelenterates and molluscs with zooxanthellae. Mar.Biol., 81: 9-17.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM.
- Gattuso, J.P. 1985. Features of depth effects of *Stylophora pistillata*, an hermatypic coral in the Gulf of Aqaba (Jordan, Red Sea). Proc. Fifth Intnal. Coral Reef Congr., 6: 95-100.
- Gil-Turnes, S. y J. Corredor. 1981. Studies of photosynthetic pigments of zooxanthellae in caribbean hermatypic corals. Proc. Fourth Intnal. Coral Reef Symp., Manila, 2:51-54.
- Golterman, L.H. 1978. Chlorophyll and phaeophytin, a method for physical and chemical analysis of fresh water. Blackwell

- Oxford Sci. Publ., 162-167.
- Goreau, T.F. 1959. The physiology of skeleton formation in corals:
I. A method for measuring the rate of calcium deposition by
corals under different conditions. Biol. Bull., 116: 59-75.
- Goreau, T.F. 1961. Problems of growth and calcium deposition in
reef corals. Endeavour, 20: 32-39.
- Goreau, T.F. 1963. Calcium carbonate deposition by coralline algae
and corals in relation to their roles as reef builders. Ann.
New York Acad. Sci., 109: 127-167.
- Goreau, T.F. y N.I. Goreau. 1959. The physiology of skeleton
formation in corals: II. Calcium deposition by hermatypic
corals under various conditions on the reef. Biol. Bull. Mar.
Biol. Lab., Woods Hole, 117: 239-250.
- Goreau, T.F. y N.I. Goreau. 1960a. The physiology of skeleton
formation in corals: III. Calcification rate as a function of
colony weight and total nitrogen content in the reef coral
Manicina areolata. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole,
118: 419-429.
- Goreau, T.F. y N.I. Goreau. 1960b. The physiology of skeleton
formation in corals: IV. On isotopic exchange of calcium
between corallum and environment in living and dead
reef-building corals. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole,
119: 416-427.
- Goreau, T.F. y N.I. Goreau. 1960c. Distribution of labeled carbon
in reef-building corals with and without zooxanthellae.
Science, 131: 668-669.

- Goreau, T.F., N.I. Goreau y T.J. Goreau. 1979. Corales y arrecifes coralinos. *Investigacion y Ciencia*, (37): 48-60.
- Green, H.G. 1968. Contribución al conocimiento de la sistemática y ecología de las esponjas del arrecife La Blanquilla, Veracruz. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM-México.
- Green, H.G. 1977. Sinopsis taxonómica de 13 especies de esponjas del arrecife La Blanquilla, Veracruz, Méx. *An. Inst. Cien. Mar y Limnol.*, UNAM, 4(1): 78-98.
- Grivel-Piña, F. 1979. Variaciones del nivel medio del mar. Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Datos geofísicos Serie A. *Oceanografía* 5. UNAM.
- Heilprin, A. 1890. The corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of Mexico. *Proc. Acad. Nat. Sci., Phil.*, 42: 303-316.
- Hernández-Rosario, C. y D. Tinoco-Blanco. 1988. Sedimentos del Sistema Arrecifal Veracruzano (Primera parte: Caracterización). Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, Estación de Investigación Oceanográfica en Veracruz.
- Hoegh-Guldberg, O. y G.J. Smith. 1989. Influence of the population density of zooxanthellae and supply of ammonium on the biomass and metabolic characteristics of the reef corals *Seriatopora hystrix* and *Stylophora pistillata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 57: 173-186.
- Horta-Puga, G. 1982. Descripción de algunas especies de poliquetos

- bentónicos de Isla Verde, Ver. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM.
- Horta-Puga, G. 1993. Tasas de crecimiento en el coral *Montastrea annularis*, en el Sistema Arrecifal Veracruzano. 1a. Reunión de Investigadores sobre Fauna Veracruzana. Soc. Ver. Zool. Xalapa, Ver. Resúmenes: 44-45.
- Horta-Puga, G. y J.P. Carricart-Ganivet. 1990. *Stylaster roseus* (Pallas, 1766): First record of a Stylasterid (Cnidaria: Hydrozoa) in the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., 47(2): 575-576.
- Jacques, T.G., N. Marshall, y M.E.Q. Pilson. 1983. Experimental Ecology of temperate scleractinian coral *Astrangia danae*: II. Effect of temperature, light intensity and symbiosis with zooxanthellae on metabolic rate and calcification. Mar. Biol., 76: 135-148.
- Jeffrey, S.W. y G.F. Humphrey 1975. New spectrophotometric equations for determining Chlorophyll a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen, 167: 191-194.
- Johannes, R.E. y W.J. Wiebe. 1970. Method for determination of coral tissue biomass and composition. Limnol Oceanogr., 15: 822-824.
- Kinsie, R.A., P.L. Jokiel y R. York. 1984. Effects of light on altered spectral composition on coral zooxanthellae associations and on zooxanthellae in vitro. Mar. Biol., 78:239-248.

- Kühlman, D.H. 1975. Charakterisierung der Korallenriffe vor Veracruz/Mexiko. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie, 60(4):495-521.
- Leletkin, V.A. y V.I. Zvalinsky. 1981. Photosynthesis of coral zooxanthellae from different depths. Proc. of the fourth International Coral Reef Symposium, Manila, 2: 33-37.
- Lewis, D.H. y D.C. Smith. 1971. The autotrophic nutrition of symbiotic marine coelenterates, with special reference to hermatypic corals: I. Movement of photosynthetic products between the symbionts. Proc. Roy. Soc. Lond., 178: 111-129.
- Lipstein-Dawson, A. 1989. Análisis retrospectivo del crecimiento de *Montastrea annularis* (Ellis y Solander, 1786) del Arrecife de Enmedio, Veracruz. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM México.
- Lorenzen, C.J. y S.W. Jeffrey. 1978. Determination of chlorophyll in seawater. UNESCO Technical papers in marine Sciences, 35: 1-20.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. In: Stoddart, D.R. y R.E. Johannes (Eds.) Coral reefs: research methods. UNESCO, United Kingdom. 197-217 pp.
- Marsh, J.A. 1970. Primary productivity of reef building calcareous red algae. Ecology, 51: 255-263.
- McCloskey, A.R. y L. Muscatine. 1984. Production and respiration in the Red Sea coral *Stylophora pistillata* as a function of depth. Proc. R. Soc. Lond., 222: 215-230.
- Meyer, J.L. y E.T. Schultz. 1985a. Migrating haemulid fishes as a

- source of nutrients and organic matter on coral reefs. *Limnol. Oceanogr.*, 30: 146-156.
- Meyer, J.L. y E.T. Schultz. 1985b. Tissue condition and growth rate of corals associated with schooling fish. *Limnol. Oceanogr.* 30: 157-166.
- Morelock, J. y K.J. Koenig. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment. *J. Sed. Petrol.* 37(4): 1001-1005.
- Muscatine, L. 1973. Nutrition of corals. In: Jones, O.A. y R. Edean (Eds.). *Biology and Geology of Coral Reefs*. Academic Press. Inc. New York. Vol. 2, Biol. I.
- Muscatine, L., P.G. Falkowski, P.A Cook y L.R. McCloskey. 1989. The effect of external nutrient resources on the population dynamics of zooxanthellae in a reef coral. *Proc. R. Soc. Lond.*, 236: 311-324.
- Pearse, V.B. y Muscatine, L. 1971. Role of symbiotic algae zooxanthellae in coral calcification. *Biol. Bull. (Woods Hole)*, 141: 350-363.
- Porter, J.W. 1986. Photoadaptation to reduced light intensity due to shade versus depth: A comparison in scleractinian corals. 50th Ann. Meet. Amer. Soc. Limn. Ocean. University of Rhode Island.
- Rannefeld, J.W. 1972. The stony corals of Enmedio Reef of Veracruz Mexico. Master's Thesis. Texas A & M Univ. 104 pp.
- Rinkevich, B. y Y. Loya. 1984. Does light enhance coral calcification in hermatypic corals?. *Mar. Biol.*, 80: 1-6.

- Schuhmacher, H. 1978. Arrecifes coralinos. Su extensión, mundo animal y ecología. Ed. Omega. Barcelona, España. 288 pp.
- Smith, G.J. y L. Muscatine. 1986. Regulation of zooxanthellae cell division in the sea anemone *Aiptasia pulchella*: the influence of ammonium, phosphate, and host feeding. (Abstract, Meeting of the American Society of Limnology and Oceanography, University of Rhode Island).
- Smith, W.F. 1954. Gulf of Mexico Madreporaria. In: Galtsoff, D.S. (Ed.). Gulf of Mexico it's origin, waters and marine life. Fish. Bull. 291-295.
- Strömbergren, T. 1976. Skeleton growth of the Hydrocoral *Millepora complanata* Lamarck, in relation to light. Limnol. Oceanogr., 21(1): 156-160.
- Suárez-Caabro, J.A. 1965. Datos meteorológicos, hidrográficos y planctónicos del litoral de Veracruz, Ver. An. Inst. Biol. UNAM. Méx., 36: 25-46.
- Titlyanov, E.A., M.G. Shaposankova y V.I. Zvalinski. 1980. Photosynthesis and adaptation of corals to irradiance. I. Contents and native state of photosynthetic pigments in symbiotic microalgae. Photosynthetica, 14: 413-421.
- Trench, R.K. 1971a. The physiology and biochemistry of zooxanthellae symbiotic with marine colenterates I. The assimilation of photosynthetic products of zooxanthellae by two marine coelenterates. Proc. R. Soc. London, 177: 225-235.
- Trench, R.K. 1971b. The physiology and biochemistry of zooxanthellae symbiotic with marine colenterates II.

- Liberation of fixed ^{14}C by zooxanthellae in vitro. Proc. R. Soc. London, 177: 237-250.
- Trench, R.K. y R.J. Blank. 1987. *Symbiodinium microadriaticum* Freudenthal, *S. goreauii* sp. nov., *S. kawagutii* sp. nov. and *S. pilosum* sp. nov.: Gymnodinoid dinoflagellate symbionts of marine invertebrates. J. Physiol., 23: 469-481.
- Tunnell, J.W. Jr. 1974. Ecological and geographical distribution of Mollusca of Lobos and Enmedio Coral Reefs, Southwestern Gulf of Mexico. Texas A & M Univ. 170 pp.
- Tukey, J.W. 1977. Exploratory data analysis. Princeton University, USA: Addison-Wesley. 448 pp.
- Tytler, E.M., y P.S. Davies. 1980. The budget of photosynthetically derived in the *Anemonia sulcata* (Pennant) symbiosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 99: 257-269.
- Vareschi, E. y H. Fricke. 1986. Light response of a scleractinian coral (*Plerogyra sinuosa*). Mar. Biol., 90: 395-402.
- Villalobos, A.F. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. En: Coloquio sobre investigaciones y recursos del Mar Caribe y regiones adyacentes. UNESCO. 531-545.
- Wells, J.W. 1957. Coral reefs. In: J.W. Hedgpeth (Ed.), Treatise on marine ecology and paleoecology. Geol. Soc. Amer. Mem. 67, 1: 609-631.
- Whethey, D.S. y J.W. Porter. 1976. Sun and shade differences in productivity of reef corals. Nature, 262:281-282.
- Yonge, C.M. 1973. The nature of reef-building (Hermatypic) corals.

Bull. Mar. Sci. 23: 1-16.

Zvalinskii, V.I., V.A. Leletkin, E.A. Titlyanov y M.G. Shaposankova. 1980. Photosynthesis and adaptation of corals to irradiance. 2. Oxygen exchange. *Photosynthetica*, 14: 422-430.